

PHYSICS SOLVER

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΛΥΚΕΙΟΥ

- ✓ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ
- ✓ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ
- ✓ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

ΘΕΩΡΙΑ

&

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ιδιαιτεροαθηματα.gr

ΘΕΩΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Νόμος Coulomb

Η ελκτική ή απωστική δύναμη ανάμεσα σε δύο σημειακά φορτία είναι ανάλογη προς το γινόμενο των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης.

$$F = k \frac{|q_1 \cdot |q_2|}{r^2}$$

όπου $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ (για το κενό ή τον αέρα) ή $k = \frac{9 \cdot 10^9}{\epsilon} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ (για μονωτικό υλικό διάφορο του κενού ή του αέρα) με ϵ τη διηλεκτρική σταθερά του υλικού.

Ασκήσεις:

1. Στις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου ΑΒΓ, πλευράς $a=3 \text{ m}$, υπάρχουν αντίστοιχα τα σημειακά φορτία $q_A = -2 \mu\text{C}$, $q_B = +1 \mu\text{C}$ και $q_G = -3 \mu\text{C}$. Να υπολογίσετε την ολική δύναμη που δέχεται το φορτίο q_G από τα άλλα δύο.

Δίνεται $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.

(Απ. $\Sigma F = 3\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ N}$ και διεύθυνση κάθετη στη ΒΓ)

2. Δύο μικρές σφαίρες, φορτίου q και μάζας m η καθεμία, κρέμονται από το ίδιο σημείο με λεπτά μονωτικά νήματα μήκους d . Οι σφαίρες ισορροπούν όταν τα νήματα σχηματίζουν γωνία ϕ . Να βρείτε το φορτίο q συναρτήσει των m , d , ϕ και k .

(Απ. $q = 2d\eta\mu \frac{\phi}{2} \sqrt{\frac{mg}{k}} \varepsilon\phi \frac{\phi}{2} \rightarrow$ υπόδειξη: σε κάθε σφαίρα ασκούνται το βάρος, η τάση του νήματος, η δύναμη Coulomb)

3. Δύο σημειακά ηλεκτρικά φορτία Q_1 και Q_2 βρίσκονται ακλόνητα στα σημεία A και B αντίστοιχα μιας ευθείας και απέχουν μεταξύ τους απόσταση d . Σε ποιο σημείο της ευθείας πρέπει να τοποθετήσουμε ένα φορτίο $+q$, ώστε αυτό να ισορροπεί, όταν:

1) $Q_1 = + Q_0$ και $Q_2 = + 4Q_0$

2) $Q_1 = + Q_0$ και $Q_2 = - 4Q_0$

(Απ. 1) $x = \frac{d}{3}$, 2) $x = d$)

4. Στο άτομο του υδρογόνου το ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από τον πυρήνα σε κυκλική τροχιά ακτίνας $r = 4 \cdot 10^{-10}$ m. Να υπολογίσετε:

1) Τη δύναμη Coulomb μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονίου

2) την ταχύτητα περιφοράς του ηλεκτρονίου

3) τη συχνότητα περιφοράς του ηλεκτρονίου

(Απ. 1) $F_c = 14,4 \cdot 10^{-10}$ N, 2) $v = 8 \cdot 10^5$ m/s, 3) $\nu = \frac{1}{\pi} \cdot 10^{15}$ Hz)

Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου

Το σταθερό πηλίκο $\frac{\vec{F}}{q}$ ορίζεται ως ένταση \vec{E} του ηλεκτρικού πεδίου στο σημείο έστω A, δηλαδή:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Προσοχή: Η ένταση \vec{E} είναι διάνυσμα που έχει διεύθυνση και φορά τη διεύθυνση και τη φορά της δύναμης που δέχεται ένα θετικό δοκιμαστικό φορτίο +q όταν βρεθεί στο θεωρούμενο σημείο.

Γενικά το μέτρο της έντασης σε ένα σημείο του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργεί ένα ακίνητο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο Q είναι:

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}$$

Ασκήσεις:

5. Στα σημεία A και B μιας ευθείας υπάρχουν αντίστοιχα τα φορτία $q_A = -10 \mu\text{C}$ και $q_B = +40 \mu\text{C}$. Αν $(AB) = d = 12 \text{ m}$, να βρείτε σε ποιο σημείο η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργούν τα q_A και q_B είναι μηδέν.

(Απ. $x = d = 12 \text{ m}$ αριστερά του A)

6. Δίνεται τετράγωνο ΑΒΓΔ με πλευρά $a=3\text{ m}$. Στις κορυφές του Α, Β, Γ και Δ υπάρχουν αντίστοιχα τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία με τιμές $q_A=+q$, $q_B=+q$, $q_\Gamma=-q$ και $q_\Delta=-q$, όπου $q=1\text{ }\mu\text{C}$. Να βρεθεί η ένταση \vec{E} του δημιουργούμενου ηλεκτρικού πεδίου στο κέντρο του τετραγώνου.

Δίνεται $k=9\cdot 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$.

(Απ. $E=4\sqrt{2}\cdot 10^3\text{ N/C}$ παράλληλη στη ΒΓ)

7. Στα σημεία Α και Β της ευθείας (ε) είναι τοποθετημένα δύο σημειακά φορτία Q_A και Q_B αντίστοιχα. Η ελκτική δύναμη Coulomb μεταξύ των δύο φορτίων έχει μέτρο $F=18\cdot 10^{-4}\text{ N}$. Αν η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου των δύο φορτίων στο μέσο Μ του τμήματος ΑΒ έχει μέτρο $E=8\cdot 10^4\text{ N/C}$ και ο λόγος των απόλυτων τιμών των φορτίων είναι $\frac{|Q_A|}{|Q_B|}=3$, τότε να βρείτε τα φορτία Q_A και Q_B .



(Απ. $|Q_A|=36\cdot 10^{-8}\text{ C}$, $|Q_B|=12\cdot 10^{-8}\text{ C}$)

8. Στις κορυφές Α, Γ και Δ ενός τετραγώνου ΑΒΓΔ πλευράς a τοποθετούμε αντίστοιχα τα σημειακά φορτία q_A , q_Γ και q_Δ με $q_A=q_\Gamma=+\sqrt{2}\text{ }\mu\text{C}$ και $q_\Delta=-4\text{ }\mu\text{C}$.

Να υπολογίσετε την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην κορυφή Β.

(Απ. $E=0$)

ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

ΘΕΩΡΙΑ

Εάν πάρουμε δυο όμοιες μεταλλικές πλάκες, οι οποίες έχουν φορτιστεί με ίσα κατά απόλυτη τιμή και ετερόσημα φορτία και τις τοποθετήσουμε τη μία παράλληλα στην άλλη, τότε ο χώρος μεταξύ των πλακών είναι ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο.

Στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο ισχύουν τα παρακάτω:

- 1) η τιμή της έντασης είναι ίδια σε όλα τα σημεία του επιπέδου
- 2) η διεύθυνση της έντασης είναι κάθετη στα επίπεδα των δύο πλακών
- 3) η φορά της έντασης είναι πάντα από τη θετική πλάκα προς την αρνητική

Ασκήσεις:

9. Μια σταγόνα λαδιού, μάζας $m=2 \text{ mg}$, είναι φορτισμένη και ισορροπεί σε κατακόρυφο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με ένταση $E=4 \cdot 10^{-3} \text{ N/C}$. Να υπολογίσετε το φορτίο της σταγόνας και τη φορά της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε σχέση με το πρόσημο του φορτίου της σταγόνας.

Δίνεται $g=10 \text{ m/s}^2$.

(Απ. $|q|=5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$)

10. Μεταξύ δύο κατακόρυφων επίπεδων μεταλλικών πλακών κρέμεται με νήμα θετικά φορτισμένο σφαιρίδιο μάζας $m=1$ g. Το ομογενές ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των πλακών έχει ένταση μέτρου $E=5000$ N/C και το σφαιρίδιο ισορροπεί με το νήμα να σχηματίζει με την κατακόρυφο γωνία $\varphi=45^\circ$. Να βρείτε το φορτίο q του σφαιριδίου. Δίνεται $g=10$ m/s².

(Απ. $q=2$ μC)

11. Ένα φορτισμένο σωματίδιο μάζας $m=10^{-3}$ kg και φορτίου $q=+2$ μC ρίχνεται με ταχύτητα που έχει μέτρο $v_0=200$ m/s παράλληλα στην ένταση \vec{E} ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου, μεγάλης έκτασης. Αν το μέτρο της έντασης του πεδίου είναι $E=50$ N/C και η ταχύτητα v_0 έχει ίδια φορά με την ένταση E , να βρείτε:

1) την επιτάχυνση a του σωματιδίου

2) την ταχύτητα του σωματιδίου και τη θέση του μετά από χρόνο $t=10$ s από τη στιγμή εισόδου του στο πεδίο.

Το πεδίο βαρύτητας παραλείπεται.

(Απ. 1) $a=0.1$ m/s², 2) $v=201$ m/s, $x=2005$ m)

12. Ένα φορτισμένο σωματίδιο που έχει μάζα $m=1$ g και φορτίο $q=+4$ μC ρίχνεται με ταχύτητα μέτρου $v_0=100$ m/s παράλληλα στην ένταση ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου μεγάλης έκτασης. Αν η ένταση του πεδίου έχει μέτρο $E=100$ N/C, να βρείτε τη θέση και την ταχύτητα του σωματιδίου μετά από χρόνο $t=400$ s όταν:

I. η ταχύτητα v_0 έχει τη φορά της έντασης E ,

II. η ταχύτητα v_0 έχει φορά αντίθετη από εκείνη της έντασης E .

(Απ. I. $x=72$ km, $v=260$ m/s, II. $x=8$ km, $v=60$ m/s)

Διαφορά Δυναμικού

Θεωρία

Διαφορά δυναμικού $V_{AB} = V_A - V_B$ μεταξύ δύο σημείων A και B ενός ηλεκτρικού πεδίου λέγεται ένα μονόμετρο μέγεθος που είναι ίσο προς το σταθερό πηλίκο του έργου της δύναμης του πεδίου κατά τη μεταφορά ενός φορτίου q από το A στο B διά του φορτίου q .

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{F_{\eta\lambda}}^{(A \rightarrow B)}}{q}$$

Μονάδα μέτρησης στο S.I. είναι το 1 Volt.

Μια άλλη έκφραση του παραπάνω τύπου έχει ως εξής:

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{(A \rightarrow B)} = qV_{AB} = q(V_A - V_B)$$

(προσοχή το q με το πρόσημό του)

Διαφορά δυναμικού και ένταση στο ομογενές ηλεκτρικό πεδίο:

Η δύναμη του πεδίου είναι σταθερή $\vec{F}_{\eta\lambda} = \vec{E}q$

και άρα για το έργο της ισχύει:

$$W_{F_{\eta\lambda}}^{(A \rightarrow B)} = F_{\eta\lambda} d = Eqd$$

Από τον ορισμό όμως της διαφοράς δυναμικού θα έχουμε:

$$qV_{AB} = Eqd \quad \text{ή} \quad E = \frac{V_{AB}}{d}$$

Ασκήσεις:

13. Σ' ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο για δύο σημεία Α και Γ που βρίσκονται πάνω στην ίδια δυναμική γραμμή δίνονται $V_A = +100 \text{ V}$ και $V_\Gamma = -20 \text{ V}$. Να βρείτε το δυναμικό στο μέσο του ευθύγραμμου τμήματος ΑΓ.

(Απ. $V_M = +40 \text{ V}$)

14. Δύο παράλληλες και οριζόντιες μεταλλικές πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 2 \text{ cm}$ και βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού $V = 3000 \text{ V}$.

1) Πόσο είναι το μέτρο της έντασης του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου που δημιουργείται ανάμεσα στις πλάκες;

2) Μεταξύ των πλακών αιωρείται μια θετικά φορτισμένη σταγόνα λαδιού με μάζα $m = 12 \cdot 10^{-12} \text{ kg}$. Να βρείτε το φορτίο της σταγόνας.

Δίνεται $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Άνωση, τριβή και αντίσταση του αέρα δεν λαμβάνονται υπόψη.

(Απ. 1) $E = 15 \cdot 10^4 \text{ V/m}$, 2) $q = 8 \cdot 10^{-16} \text{ C}$)

15. Δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες απέχουν μεταξύ τους απόσταση $d = 2 \text{ m}$ και συνδέονται με τους πόλους μιας μπαταρίας διαφοράς δυναμικού $V = 100 \text{ V}$. Αν η αρνητική πλάκα είναι γειωμένη (δυναμικό της πλάκας μηδέν), να βρείτε πώς μεταβάλλεται το δυναμικό των σημείων του ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου κατά μήκος μιας δυναμικής γραμμής.

(Απ. υπόδειξη: θεωρείστε ένα σημείο Γ που απέχει απόσταση x από την πλάκα θετικού φορτίου και βρείτε το δυναμικό σε αυτό $\rightarrow V_\Gamma = 100 - 50x$ (x σε m και V_Γ σε V))

Πυκνωτής

Ο πυκνωτής είναι μια δεξαμενή ηλεκτρικών φορτίων όπου μπορούμε να αποθηκεύσουμε ηλεκτρική ενέργεια.

Χωρητικότητα πυκνωτή: $C = \frac{q}{V}$

Χωρητικότητα επίπεδου πυκνωτή όταν μεταξύ των οπλισμών του υπάρχει κενό ή αέρας:

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{l}$$

όπου S το εμβαδόν των οπλισμών του, l η απόσταση μεταξύ των οπλισμών και ϵ_0 η διηλεκτρική σταθερά του κενού:

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

Ενέργεια ενός φορτισμένου πυκνωτή:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} qV$$

Ασκήσεις:

16. Ο κάθε οπλισμός ενός επίπεδου πυκνωτή έχει εμβαδόν $S= 5 \text{ cm}^2$ και απέχει από τον άλλο απόσταση $l= 8.85 \text{ mm}$. Ανάμεσα στους οπλισμούς υπάρχει αέρας.

Αν ο πυκνωτής φορτιστεί από μπαταρία με τάση $V= 885 \text{ V}$, να βρείτε

- 1) τη χωρητικότητα και το φορτίο του,
- 2) την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των οπλισμών του.

Δίνεται ότι: $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$

(Απ. 1) $C= 0.5 \text{ pF}$, $q = 442.5 \cdot 10^{-12} \text{ C}$, 2) $E= 10^5 \text{ V/m}$)

17. Να υπολογίσετε τη χωρητικότητα C ενός πυκνωτή ο οποίος αποτελείται από δύο παράλληλες κυκλικές πλάκες ακτίνας $r= 3 \text{ cm}$ που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $l= 0.1 \text{ cm}$ και βρίσκονται στον αέρα.

Αν ο πυκνωτής συνδεθεί με μπαταρία τάσης $V = 1000 \text{ V}$, να βρείτε το φορτίο που θα αποκτήσει και την ενέργειά του.

(Απ. $C= 25 \text{ pF}$, $U= 12.5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$)

18. Κατά πόσο πρέπει να αυξηθεί το φορτίο ενός πυκνωτή χωρητικότητας $C=1 \text{ }\mu\text{F}$, για να αυξηθεί η τάση του κατά $\Delta V=100 \text{ V}$;

(Απ. $\Delta Q=100 \text{ }\mu\text{C}$)

Αντίσταση αγωγού-Νόμος Ohm

Ως ηλεκτρική αντίσταση R ενός αγωγού ορίζουμε το πηλίκο της τάσης (V) που εφαρμόζεται στα άκρα του προς την ένταση (I) του ηλεκτρικού ρεύματος που τον διαρρέει, δηλαδή

$$R = \frac{V}{I}$$

Αντίσταση μεταλλικού αγωγού: $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$

όπου ρ η ειδική αντίσταση του υλικού, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία και μετριέται σε $\Omega \cdot m$

$$\rho_{\theta} = \rho_0 (1 + \alpha \theta)$$

ρ_0 : η ειδική αντίσταση στους $0^{\circ} C$

θ : η θερμοκρασία σε $^{\circ}C$

α : ο θερμικός συντελεστής αντίστασης

Ασκήσεις:

19. Να βρείτε την αντίσταση R ενός κυλινδρικού σύρματος από χαλκό μήκους 10 km και ακτίνας διατομής $r = 2\text{mm}$.

Δίνεται ότι η ειδική αντίσταση του χαλκού $\rho_{Cu} = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$.

$$(Απ. R = \frac{43}{\pi} \Omega)$$

20. Ένα χάλκινο κυλινδρικό σύρμα έχει μήκος 2 km και εμβαδόν διατομής $S = 2 \text{ mm}^2$. Τα άκρα του σύρματος συνδέονται με πηγή τάσης $V = 34 \text{ V}$. Να βρείτε τον αριθμό των ελεύθερων ηλεκτρονίων τα οποία περνούν από μια διατομή του σύρματος σε χρόνο $\Delta t = 1 \text{ min}$.

Δίνονται η ειδική αντίσταση του χαλκού $\rho_{\text{Cu}} = 1.7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

(Απ. $N = 75 \cdot 10^{19}$)

Σύνδεση αντιστάσεων

Σύνδεση σε σειρά

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$V_1 = IR_1 \quad V_2 = IR_2 \quad \dots \quad V_n = IR_n$$

$$V = IR_{\text{ολ}}$$

Παράλληλη σύνδεση

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

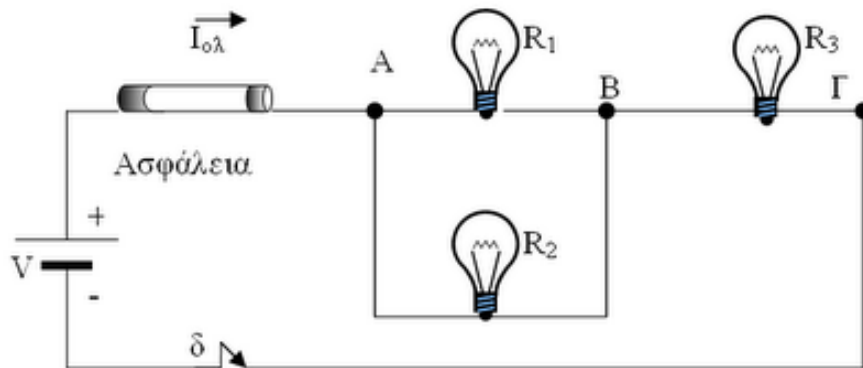
$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \quad \dots \quad I_n = \frac{V}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$I = \frac{V}{R_{\text{ολ}}}$$

Ασκήσεις:

21. Στο κύκλωμα του σχήματος οι λαμπτήρες έχουν αντιστάσεις $R_1=6\Omega$, $R_2=3\Omega$ και $R_3=6\Omega$. και τροφοδοτούνται από πηγή τάσης $V=32V$.

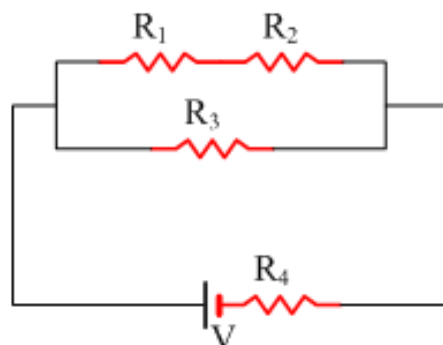


Να βρείτε τα παρακάτω:

- 1) Ποια είναι η ολική αντίσταση του κυκλώματος;
- 2) Πόσα ampere το λιγότερο, πρέπει να είναι η ασφάλεια, ώστε το κύκλωμα να λειτουργεί κανονικά;
- 3) Οι λαμπτήρες 1 και 2 διαρρέονται από τα ρεύματα I_1 και I_2 αντίστοιχα. Ποιος από τους δύο λαμπτήρες διαρρέεται από περισσότερο ρεύμα και πόσο είναι αυτό;

(Απ. 1) $R_{ολ}=8\Omega$, 2) 4 A , 3) $I_1 = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}\text{ A}$, $I_2 = \frac{8}{3}\text{ A}$

22. Για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος δίνονται $R_1=6\Omega$, $R_2=4\Omega$, $R_3=10\Omega$ και $R_4=2\Omega$.



1) Να βρείτε την ολική αντίσταση του κυκλώματος.

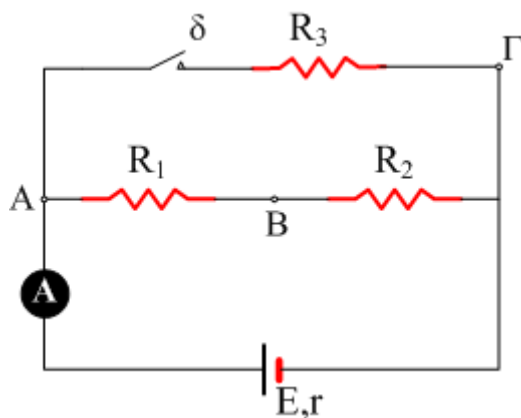
2) Αν η τάση στα άκρα της R_2 είναι $V_2=20V$:

I. Ποια η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R_3 .

II. Να βρεθεί η τάση V της ηλεκτρικής πηγής.

(Απ. 1) $R_{ολ}=7\Omega$, 2) I. $I_3=5$ A, II. $V=70$ V)

23. Για το παρακάτω κύκλωμα δίνονται: $E=40\text{V}$, $r=2\Omega$, $R_1=3\Omega$, $R_2=5\Omega$, το αμπερόμετρο είναι ιδανικό και ο διακόπτης δ ανοικτός.



1) Να υπολογίσετε την τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

2) Να βρείτε την διαφορά δυναμικού $V_B - V_\Gamma$.

3) Αν κλείσουμε το διακόπτη δ τότε:

I. Η ένδειξη του αμπερομέτρου θα:

α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) παραμείνει σταθερή,

II. Η ΗΕΔ της πηγής θα :

α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) παραμείνει σταθερή.

III. Η πολική τάση της πηγής θα:

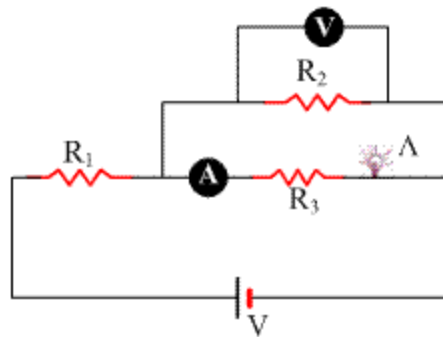
α) θα αυξηθεί, β) θα μειωθεί, γ) παραμείνει σταθερή.

4) Αν χωρίς να κλείσουμε το διακόπτη συνδέαμε με σύρμα χωρίς αντίσταση τα σημεία B και Γ, ποια θα ήταν η ισχύς της γεννήτριας.

(Απ. 1) $I=4\text{ A}$, 2) $V_B - V_\Gamma = 20\text{ V}$, 3) I. α), II. γ), III. β), 4) $P=320\text{ W}$)

24. Για το κύκλωμα του σχήματος δίνονται $R_1=8\Omega$, $R_2=15\Omega$, $R_3=4\Omega$, ενώ το αμπερόμετρο δείχνει ένδειξη 3 A και το βολτόμετρο 30V.

Να θεωρήσετε ότι τα όργανα είναι ιδανικά.



1) Να βρεθεί η αντίσταση του λαμπτήρα και η τάση της πηγής.

2) Ποια η ολική αντίσταση στο κύκλωμα;

(Απ. 1) $R_{\Lambda}=6\Omega$, $V=70\text{ V}$, 2) $R_{ολ}=14\Omega$)

25. Τρεις αντιστάτες με αντιστάσεις $R_1=10\Omega$, $R_2=20\Omega$ και $R_3=30\Omega$ συνδέονται παράλληλα και στα άκρα του συστήματος εφαρμόζεται τάση $V=120\text{ V}$. Να βρείτε:

1) Την ολική αντίσταση του κυκλώματος.

2) Την ένταση του ρεύματος που διαρρέει κάθε αντιστάτη.

(Απ. 1) $R_{ολ}=\frac{60}{11}\Omega$, 2) $I_1=12\text{ A}$, $I_2=6\text{ A}$, $I_3=4\text{ A}$)

Διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων κυκλώματος:

Στο νόμο του Ohm $I=V/R$, V είναι η τάση στα άκρα της αντίστασης. Η τάση αυτή είναι πάντα θετική. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο άκρων μπορεί να είναι θετική ή αρνητική ανάλογα για ποια σημεία μιλάμε.

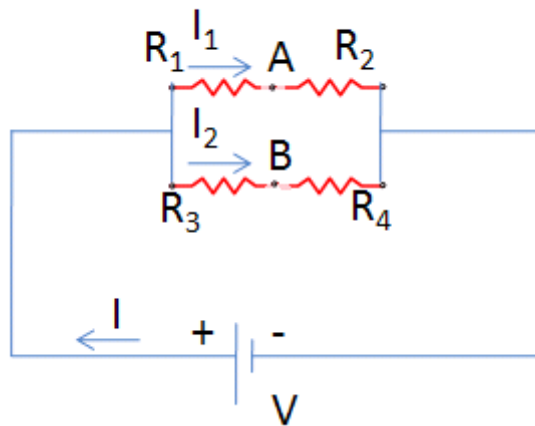


$$V_A - V_B = IR$$

ενώ

$$V_B - V_A = -IR$$

26. Για το παρακάτω κύκλωμα δίνονται: $V=30\text{ V}$, $R_1=2\ \Omega$, $R_2=1\ \Omega$, $R_3=5\ \Omega$ και $R_4=10\ \Omega$.



Να βρείτε τη διαφορά δυναμικού $V_A - V_B$.

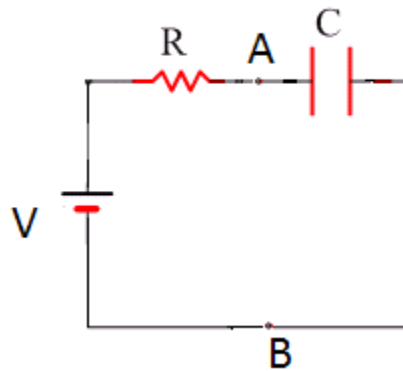
(Απ. $V_A - V_B = -10\text{ V}$)

Πυκνωτής σε κλάδο κυκλώματος:

Όταν σε κλάδο κυκλώματος που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα παρεμβάλλεται σε σειρά πυκνωτής, τότε ο πυκνωτής συμπεριφέρεται σαν ανοικτός διακόπτης, δηλαδή ο κλάδος αυτός δεν διαρρέεται από ρεύμα.

27. Για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος δίνονται:

$$V=100 \text{ V}, R=8 \text{ } \Omega \text{ και } C=3 \text{ } \mu\text{F}.$$



1) Να βρείτε το φορτίο q_1 του πυκνωτή

2) Αν μεταξύ των σημείων A και B συνδεθεί αντιστάτης με αντίσταση $R'=12 \text{ } \Omega$, να βρείτε το νέο φορτίο q_2 του πυκνωτή.

(Απ. 1) $q_1 = 3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$, 2) $q_2 = 180 \text{ } \mu\text{C}$)

Ενέργεια & Ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος

Η ηλεκτρική ενέργεια που απορροφά το τμήμα ενός κυκλώματος δίνεται από τον τύπο:

$$W_{\eta\lambda} = VI\Delta t$$

Ηλεκτρική ισχύς είναι ο ρυθμός μεταβολής της ενέργειας:

$$P = \frac{W_{\eta\lambda}}{\Delta t} = \frac{VI\Delta t}{\Delta t} = VI$$

Η ηλεκτρική ισχύς μετριέται σε Watt (1W=1J/s)

Προσοχή: Αν την ισχύ την μετράμε σε kW και τον χρόνο σε h (ώρες) τότε η ενέργεια θα μετριέται σε κιλοβατώρες (kWh).

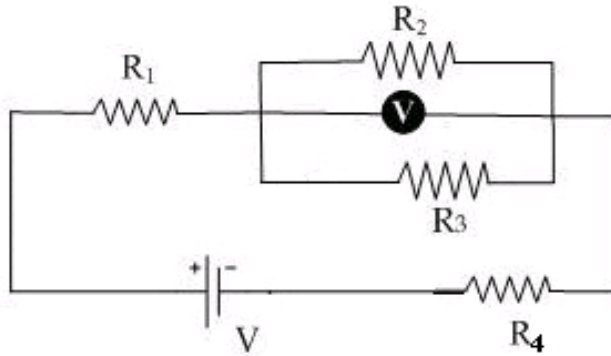
$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 1 \text{ h} = 10^3 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 36 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Ασκήσεις:

28. Να βρείτε σε πόσο χρόνο t μια λάμπα που έχει αντίσταση $R=484 \Omega$ και τάση λειτουργίας $V=220 \text{ V}$, όταν λειτουργεί κανονικά, απορροφά ενέργεια ίση με μία κιλοβατώρα (1 kWh).

(Απ. $t=10 \text{ h}$)

29. Για το κύκλωμα του παρακάτω σχήματος δίνονται: $R_1=7 \Omega$, $R_2=10 \Omega$, $R_3=5 \Omega$, $R_4=6 \Omega$ και το ρεύμα που διαρρέει τον αντιστάτη R_2 έχει ένταση $I_2=1 \text{ A}$.



Να βρείτε την ολική ισχύ που απορροφά το κύκλωμα.

(Απ. $P_{ολ}=147 \text{ W}$)

30. Δύο αντιστάτες με αντιστάσεις R_1 και R_2 συνδέονται σε σειρά. Τροφοδοτούμε το σύστημα από τάση V . Η ισχύς που απορροφά κάθε αντιστάτης είναι $P_1=60 \text{ W}$ και $P_2=40 \text{ W}$ αντίστοιχα.

Στη συνέχεια οι δύο αντιστάτες συνδέονται παράλληλα και τροφοδοτούνται από την ίδια τάση V . Να βρείτε την ισχύ που απορροφά τότε κάθε αντιστάτης.

(Απ. $P_1' = \frac{500}{3} \text{ W}$, $P_2' = 250 \text{ W}$)

Κανόνες Kirchhoff

ΘΕΩΡΙΑ

1^{ος} Κανόνας Kirchhoff

Σε κάθε κόμβο κυκλώματος, το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που εισέρχονται στον κόμβο ισούται με το άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων που εξέρχονται από αυτόν.

2^{ος} Κανόνας Kirchhoff

Κατά μήκος μιας κλειστής διαδρομής ενός κυκλώματος το αλγεβρικό άθροισμα των διαφορών δυναμικού είναι μηδέν.

ΘΕΩΡΙΑ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος μέσα στον οποίο, αν βρεθεί κάποιος μαγνήτης, θα ασκηθεί πάνω του μαγνητική δύναμη.

Δυναμική γραμμή ενός μαγνητικού πεδίου ονομάζεται εκάστη η νοητή γραμμή στην οποία η ένταση του πεδίου εφάπτεται σε κάθε σημείο της.

Ομογενές μαγνητικό πεδίο λέμε το μαγνητικό πεδίο όπου η ένταση \vec{B} είναι σε όλα του τα σημεία η ίδια, οπότε οι μαγνητικές δυναμικές γραμμές θα είναι παράλληλες και ισαπέχουσες.

Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού:

$$B = k_{\mu} \frac{2I}{r} \text{ όπου } k_{\mu} = 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

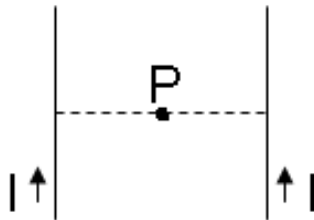
Οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου γύρω από ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό μεγάλου μήκους είναι αμόκεντροι κύκλοι κάθετοι στον αγωγό.

Η παραπάνω σχέση γράφεται και ως εξής:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \text{ όπου } \mu_0 = 4\pi \cdot k_{\mu}$$

Λυμένες Ασκήσεις:

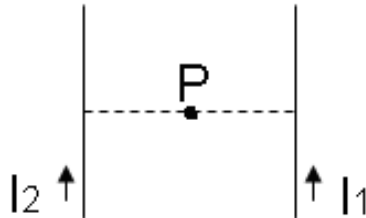
1. Δύο παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους απέχουν μεταξύ τους απόσταση 10 cm και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα ίσης έντασης $I = 3 \text{ A}$. Να βρείτε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο P του σχήματος, το οποίο απέχει ίσες αποστάσεις $d = 5 \text{ cm}$, από τους δύο αγωγούς.



Απάντηση:

Στο σημείο P του σχήματος οι εντάσεις των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι δύο αγωγοί έχουν ίσα μέτρα $B = k_p \frac{2I}{d}$ και αντίθετες κατευθύνσεις, συνεπώς η συνολική ένταση στο P θα είναι μηδέν.

2. Δύο παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους απέχουν μεταξύ τους απόσταση 20 cm και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα έντασης $I_1 = 3 \text{ A}$ και $I_2 = 4 \text{ A}$. Να βρείτε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο P, το οποίο απέχει από τους δύο αγωγούς ίσες αποστάσεις $d = 10 \text{ cm}$.



Απάντηση:

Στο σημείο P του σχήματος οι εντάσεις των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι δύο αγωγοί έχουν μέτρα:

$$B_1 = k_\mu \frac{2I_1}{d} \text{ και } B_2 = k_\mu \frac{2I_2}{d} \text{ και αντίθετες κατευθύνσεις.}$$

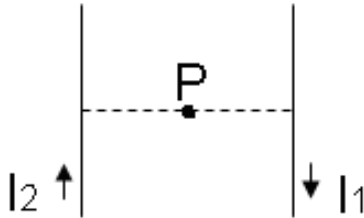
Υπολογίζουμε

$$B_1 = k_\mu \frac{2I_1}{d} = 10^{-7} \cdot (2 \cdot 3 / 0.1) = 6 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

$$B_2 = k_\mu \frac{2I_2}{d} = 10^{-7} \cdot (2 \cdot 4 / 0.1) = 8 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

$$\text{Άρα } B = B_2 - B_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

3. Δύο παράλληλοι αγωγοί μεγάλου μήκους απέχουν μεταξύ τους απόσταση 20 cm και διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα έντασης $I_1 = 5 \text{ A}$ και $I_2 = 4 \text{ A}$, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Να βρείτε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο σημείο P, το οποίο απέχει από τους δύο αγωγούς ίσες αποστάσεις $d = 10 \text{ cm}$.



Απάντηση:

Στο σημείο P του σχήματος οι εντάσεις των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι δύο αγωγοί έχουν μέτρα:

$$B_1 = k_\mu \frac{2I_1}{d} \text{ και } B_2 = k_\mu \frac{2I_2}{d} \text{ και ίδιες κατευθύνσεις.}$$

Υπολογίζουμε

$$B_1 = k_\mu \frac{2I_1}{d} = 10^{-7} \cdot (2 \cdot 5 / 0.1) = 10^{-5} \text{ T}$$

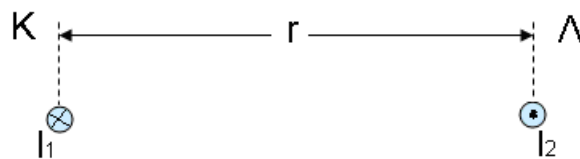
$$B_2 = k_\mu \frac{2I_2}{d} = 10^{-7} \cdot (2 \cdot 4 / 0.1) = 8 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

$$\text{Άρα } B = B_2 + B_1 = 18 \cdot 10^{-6} \text{ T}$$

4. Δύο ευθύγραμμα σύρματα Κ και Λ μεγάλου μήκους είναι κάθετα στο επίπεδο της σελίδας. Τα σύρματα απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r = 5 \text{ m}$ και διαρρέονται από αντίρροπα ρεύματα έντασης $I_1 = 80 \text{ A}$ και $I_2 = 100 \text{ A}$ αντίστοιχα. Να βρείτε:

- 1) την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο μέσο της απόστασης των συρμάτων Κ και Λ.
- 2) σε ποιο σημείο η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι μηδέν.

Απάντηση:



1) Στο μέσο της απόστασης των Κ και Λ οι εντάσεις των πεδίων που δημιουργούν οι αγωγοί Κ και Λ έχουν αντίστοιχα μέτρο

$$B_1 = k_\mu \frac{2I_1}{d}$$

$$B_2 = k_\mu \frac{2I_2}{d}$$

όπου $d = r/2 = 2.5 \text{ m}$

Επειδή τα διανύσματα είναι ομόρροπα η συνισταμένη θα έχει μέτρο

$$B = B_1 + B_2 = 144 \cdot 10^{-7} \text{ T} \text{ διεύθυνση στο επίπεδο της σελίδας και φορά προς τα κάτω.}$$

2) Τα διανύσματα \vec{B}_1 και \vec{B}_2 είναι αντίρροπα μόνο στα σημεία της ευθείας ΚΛ που είναι εκτός του τμήματος ΚΛ. Αν υποθέσουμε ότι η ένταση μηδενίζεται σε ένα σημείο που βρίσκεται σε απόσταση x αριστερά του Κ, τότε στο σημείο αυτό θα έχουμε: $B_1 = B_2$

$$\rightarrow k_\mu \frac{2I_1}{x} = k_\mu \frac{2I_2}{r+x} \dots \text{ και τελικά βρίσκουμε } x = 20 \text{ m.}$$

Μαγνητικό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού:

Λόγω του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό δημιουργείται στο χώρο γύρω από αυτόν μαγνητικό πεδίο, του οποίου η ένταση \vec{B} στο κέντρο του κύκλου αποδεικνύεται ότι έχει τιμή που δίνεται από τη σχέση:

$$B = k_{\mu} \frac{2\pi I}{r} \quad \text{ή} \quad B = \frac{\mu_0 I}{2r} \quad \text{όπου } k_{\mu} = 10^{-7} \text{ N/A}^2 \text{ και } \mu_0 = 4\pi k_{\mu}$$

Αν αντί για ένα αγωγό έχουμε πηνίο ή κυκλικό πλαίσιο με N αγωγούς ίδιας ακτίνας r , τότε η ένταση \vec{B} στο κέντρο K θα έχει μέτρο που δίνεται από τη σχέση:

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2r}$$

Λυμένες Ασκήσεις:

5. Κυκλικό πλαίσιο αποτελείται από $N=100$ σπείρες, που η καθεμία έχει ακτίνα $r=10$ cm και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=10$ A. Να βρεθεί η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του πλαισίου.

Απάντηση:

Η ένταση έχει μέτρο που δίνεται από τη σχέση:

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2r}$$

Από τις πράξεις προκύπτει ότι είναι $B=2\pi \cdot 10^{-3}$ T

6. Ηλεκτρικό φορτίο $q=10^{-10}$ C εκτελεί ομαλή κυκλική κίνηση σε τροχιά ακτίνας $R=10$ cm και με συχνότητα $f=2000$ Hz. Να βρεθεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο της κυκλικής τροχιάς.

Απάντηση:

Ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο μπορεί να θεωρηθεί ως ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I . Έτσι στην περίπτωση αυτή μπορούμε να υποθέσουμε ότι το ηλεκτρικό φορτίο που εκτελεί κυκλική κίνηση ισοδυναμεί με κυκλικό αγωγό ακτίνας R που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = \frac{Q}{t}$, όπου Q το φορτίο που περνά από μία διατομή του κυκλικού αγωγού σε χρόνο t .

Αν σε χρόνο t το φορτίο q κάνει n περιστροφές, τότε $Q=nq$, οπότε η ένταση I του ρεύματος θα είναι

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{nq}{t}, \text{ όπου } \frac{n}{t} = f$$

Άρα $I=qf$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{\mu_0 qf}{2R} \text{ και από τις πράξεις προκύπτει ότι είναι } B = 4\pi \cdot 10^{-13} \text{ T}$$

7. Δύο παράλληλοι κατακόρυφοι αγωγοί μεγάλου μήκους διαρρέονται από ρεύματα έντασης $I_1=I_2=15\text{ A}$ και βρίσκονται σε απόσταση $r=30\text{ cm}$ μεταξύ τους. Ένας κυκλικός αγωγός που είναι οριζόντιος, εφάπτεται στους δύο ευθύγραμμους αγωγούς και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_3=30/\pi\text{ A}$.

Να υπολογιστεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται στο κέντρο του κυκλικού αγωγού, αν τα ρεύματα στους δύο κατακόρυφους αγωγούς είναι:

- 1) ομόρροπα,
- 2) αντίρροπα.

Απάντηση:

1) Οι εντάσεις των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι ευθύγραμμοι αγωγοί στο κέντρο του κυκλικού αγωγού έχουν ίσα μέτρα

$B_1=B_2=k_\mu \frac{2I_1}{r/2}$ και αντίθετες κατευθύνσεις συνεπώς δίνουν συνισταμένη μηδέν.

Άρα η ένταση στο κέντρο του κυκλικού αγωγού θα είναι:

$$B=\frac{\mu_0 I_3}{2(r/2)}=4 \cdot 10^{-5}\text{ T}$$

2) Σε αυτήν την περίπτωση οι εντάσεις B_1 και B_2 έχουν ίδια κατεύθυνση, οπότε δίνουν συνισταμένη με μέτρο $B'=B_1+B_2=4 \cdot 10^{-5}\text{ T}$ η οποία είναι κάθετη στη B_3 που οφείλεται στον κυκλικό αγωγό.

Άρα η συνολική ένταση θα έχει μέτρο: $B=\sqrt{B'^2+B_3^2}=4\sqrt{2} \cdot 10^{-5}\text{ T}$.

Μαγνητικό πεδίο ρευματοφόρου σωληνοειδούς:

Το μέτρο της έντασης \vec{B} του ομογενούς μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς δίνεται από τη σχέση:

$$B = 4\pi k_{\mu} I \frac{N}{l} \quad \text{ή} \quad B = \mu_0 I \frac{N}{l} \quad \text{όπου} \quad k_{\mu} = 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

I η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές

N ο αριθμός των σπειρών του σωληνοειδούς

l το μήκος του σωληνοειδούς και $\mu_0 = 4\pi \cdot k_{\mu}$

Αν στο εσωτερικό του σωληνοειδούς τοποθετηθεί ράβδος σιδήρου, η ένταση του μαγνητικού πεδίου γίνεται πολύ μεγαλύτερη.

Ο παράγοντας κατά τον οποίο αυξάνει η ένταση του μαγνητικού πεδίου λέγεται μαγνητική διαπερατότητα μ του υλικού.

$$\mu = \frac{B}{B_0} \quad \text{όπου} \quad B_0 \quad \text{η ένταση του μαγνητικού πεδίου όταν στο εσωτερικό του}$$

σωληνοειδούς υπάρχει αέρας και B η ένταση του μαγνητικού πεδίου όταν στο εσωτερικό του σωληνοειδούς υπάρχει πυρήνας.

Λυμένες Ασκήσεις:

8. Με σύρμα συνολικής αντίστασης $R=3 \Omega$ δημιουργούμε σωληνοειδές που έχει μήκος $l=40\text{cm}$ και $N=500$ σπείρες. Τα άκρα του σύρματος συνδέονται με ηλεκτρική πηγή ΗΕΔ $E=24 \text{ V}$ και ασήμαντης εσωτερικής αντίστασης. Να βρείτε την ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς.

Απάντηση:

Το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του σωληνοειδούς δίνεται από τον τύπο:

$$B = 4\pi k_{\mu} I \frac{N}{l}$$

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές βρίσκεται από τον νόμο του Ohm για το κλειστό κύκλωμα.

$$I = \frac{E}{R} = \frac{24}{3} = 8 \text{ A}$$

Άρα μετά από πράξεις $B=4\pi \cdot 10^{-3} \text{ T}$

9. Ένα μακρύ ρευματοφόρο σωληνοειδές αποτελείται από $n=100$ σπείρες/cm και η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του έχει μέτρο $B_0=125.6 \cdot 10^{-3}$ T.

1) Να βρεθεί η ένταση I του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές.

2) Πόσο γίνεται το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς, αν μέσα σε αυτό τοποθετηθεί ράβδος από μαλακό σίδηρο. Δίνεται η μαγνητική διαπερατότητα του σιδήρου: $\mu=1000$.

Απάντηση:

$$1) \text{ Έχουμε ότι } B_0 = 4\pi k_\mu I \frac{N}{l} \text{ και } \frac{N}{l} = n = 100 \frac{\text{σπείρες}}{\text{cm}} = 10^4 \frac{\text{σπείρες}}{\text{m}}$$

Άρα

$$I = \frac{B_0}{4\pi k_\mu n} = 10 \text{ A}$$

2) Αν στο εσωτερικό τοποθετηθεί πυρήνας από υλικό με μαγνητική διαπερατότητα μ , το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου βρίσκεται από τον ορισμό της μαγνητικής διαπερατότητας.

$$\mu = \frac{B}{B_0} \text{ ή } B = \mu B_0 = 125.6 \text{ T}$$

Άλυτες Ασκήσεις:

10. Ένας ευθύγραμμος αγωγός πολύ μεγάλου μήκους διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης I και σε χρόνο $t=0.2$ s από μια διατομή του διέρχεται φορτίο $q=0.4$ C . Αν σε ένα σημείο A που απέχει από τον αγωγό απόσταση r (το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι $B=10^{-5}$ T, τότε να βρείτε την απόσταση r .

Δίνεται ότι: $k_{\mu}=10^{-7}$ N/A²

(Απ. $r=0.04$ m)

11. Δύο ευθύγραμμοι παράλληλοι αγωγοί A και Γ απείρου μήκους, απέχουν μεταξύ τους απόσταση $r=4$ cm και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύματα ίδιας έντασης $I_A=I_B=I$. Βρείτε σε ποιο σημείο η ένταση του μαγνητικού πεδίου των δύο αγωγών θα είναι ίση με μηδέν.

(Απ. Η ένταση μηδενίζεται στο μέσο Σ της απόστασης των δύο αγωγών)

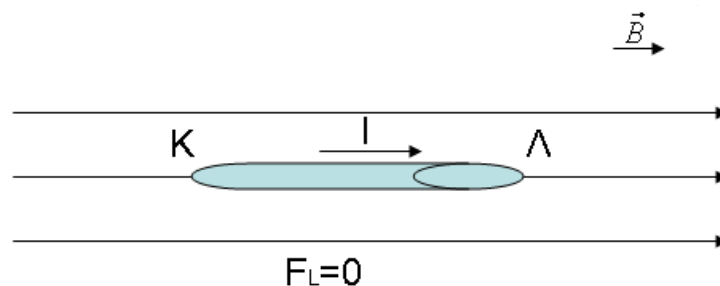
12. Ένα κυκλικό πλαίσιο ακτίνας 10 cm αποτελείται από $N=4$ σπείρες και παρουσιάζει ωμική αντίσταση $R=9$ Ω. Τα άκρα του πλαισίου συνδέονται στους πόλους πηγής με ΗΕΔ $E=12$ V και εσωτερική αντίσταση r , με αποτέλεσμα στο κέντρο του κυκλικού πλαισίου, η ένταση του μαγνητικού πεδίου να είναι $B=96\pi \cdot 10^{-7}$ T. Να βρείτε την εσωτερική αντίσταση r της πηγής.

Δίνεται ότι: $k_{\mu}=10^{-7}$ N/A²

(Απ. $r=1$ Ω)

Δύναμη Laplace

1) όταν ένα ευθύγραμμο τμήμα ενός ρευματοφόρου αγωγού βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με διεύθυνση παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, τότε ο αγωγός δεν δέχεται καμία δύναμη από το μαγνητικό πεδίο.

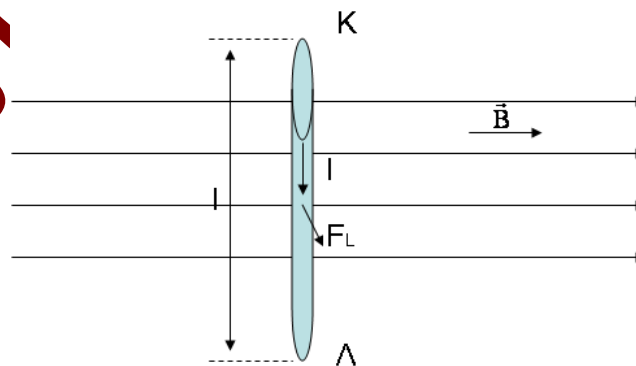


2) όταν ένα ευθύγραμμο τμήμα ΚΛ ενός αγωγού που διαρρέεται από ρεύμα έντασης I βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης \vec{B} με διεύθυνση κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου τότε ο αγωγός δέχεται από το πεδίο δύναμη Laplace η οποία έχει:

-μέτρο $F_L = B \cdot I \cdot l$

-διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο που ορίζουν ο αγωγός και η ένταση του μαγνητικού πεδίου

-φορά που βρίσκεται με τον κανόνα των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού.



Κανόνας των τριών δακτύλων του δεξιού χεριού

Τεντώνουμε τον αντίχειρα, τον δείκτη και τον μέσο του δεξιού μας χεριού με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιστοιχούν σε τρισορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων.

Αν ο αντίχειρας αντιστοιχεί στη φορά του ρεύματος και ο δείκτης στη φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου τότε ο μέσος θα μας δείχνει τη φορά της δύναμης Laplace.

3) όταν ο αγωγός σχηματίζει γωνία φ με την ένταση \vec{B} του μαγνητικού πεδίου, τότε η δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός είναι:

$$F_L = BIl \sin \varphi$$

Λυμένες Ασκήσεις:

13. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους $l=20$ cm, ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=10$ A, τοποθετείται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο το οποίο έχει ένταση μέτρου $B=2 \cdot 10^{-3}$ T. Να βρεθεί η δύναμη που ασκείται στον αγωγό από το μαγνητικό πεδίο όταν:

- 1) ο αγωγός είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου ($\varphi_1=90^\circ$)
- 2) ο αγωγός σχηματίζει με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου γωνία $\varphi_2=60^\circ$.

Απάντηση:

$$1) F_L = BIl \sin \varphi_1 = BIl \sin 90^\circ = BI l = 4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$2) F_L = BIl \sin \varphi_2 = BIl \sin 60^\circ = 2\sqrt{3} \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

14. Ευθύγραμμος αγωγός έχει μήκος $l=0.5$ m, διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=10$ A και βρίσκεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο. Διαπιστώνεται ότι αν βρεθεί σε ορισμένη θέση, δεν ασκείται σε αυτόν δύναμη, ενώ αν στραφεί κατά 90° η ασκούμενη δύναμη έχει μέτρο $F=1$ N. Να βρείτε την ένταση \vec{B} του μαγνητικού πεδίου.

Απάντηση:

Ένας ρευματοφόρος αγωγός ο οποίος βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, δεν δέχεται δύναμη Laplace μόνο στην περίπτωση όπου η διεύθυνσή του είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου.

Όταν ο αγωγός στραφεί κατά 90° τότε η διεύθυνσή του γίνεται κάθετη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, οπότε θα είναι:

$$F_L = B \cdot I \cdot l$$

$$\text{Άρα έχουμε } B = \frac{F_L}{Il} = \frac{1}{10 \cdot 0.5} = 0.2 \text{ T}$$

15. Φανταστείτε ότι βρίσκεστε στο εργαστήριο, όπου η ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι οριζόντια, σε διεύθυνση βορρά-νότου και έχει μέτρο $B = 3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$. Στα χέρια σας κρατάτε έναν οριζόντιο ευθύγραμμο αγωγό, τον οποίο και προσανατολίζετε κατά τη διεύθυνση ανατολής δύσης. Αν ο αγωγός έχει μάζα $m = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg}$ ανά μέτρο μήκους, να βρείτε την ένταση του ρεύματος που πρέπει να τον διαρρέει ώστε αν τον αφήσετε, να αιωρείται.

Δίνεται ότι $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Απάντηση:

Ο αγωγός δέχεται το βάρος του mg που είναι δύναμη κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω και τη δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο. Για να ισορροπεί πρέπει η δύναμη F_L να είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω.

Έχουμε ότι:

$$F_L = B \cdot I \cdot l$$

Από την ισορροπία του αγωγού παίρνουμε:

$$\Sigma F = 0 \text{ ή } mg = F_L$$

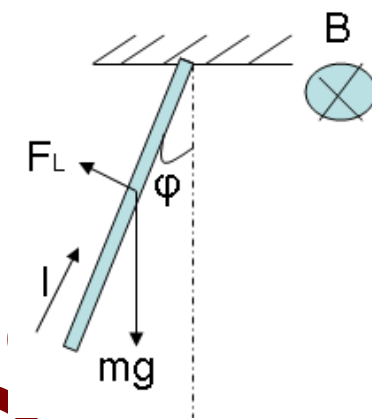
$$\text{Άρα } I = \frac{mg}{Bl} = I = \frac{\mu g}{B} = \frac{5}{3} \cdot 10^3 \text{ A}$$

16. Ένας ευθύγραμμος αγωγός μήκους $l=40$ cm κρέμεται από το ένα του άκρα κατακόρυφα μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο. Όταν στον αγωγό διαβιβάσουμε ρεύμα έντασης $I=5$ A ο αγωγός εκτρέπεται και ισορροπεί έτσι ώστε να σχηματίζει με την κατακόρυφο γωνία $\varphi=30^\circ$. Αν η μάζα του αγωγού είναι $m=1$ Kg, να υπολογιστεί το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο οποίο βρίσκεται.

Δίνεται ότι $g=10$ m/s².

Απάντηση:

Στον αγωγό ασκούνται το βάρος του και η δύναμη Laplace και στη θέση που αυτός ισορροπεί οι δυνάμεις έχουν την κατεύθυνση που δείχνει το παρακάτω σχήμα.

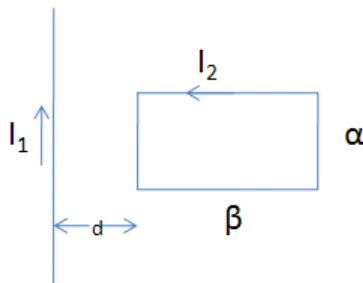


Εφόσον ο αγωγός ισορροπεί θα ισχύει $F_L = mg \eta \mu \varphi$ ή $B \cdot I \cdot l = mg \eta \mu \varphi$

$$\text{Άρα } B = \frac{mg \eta \mu \varphi}{Il} = 0.25 \text{ T}$$

Άλυτες Ασκήσεις:

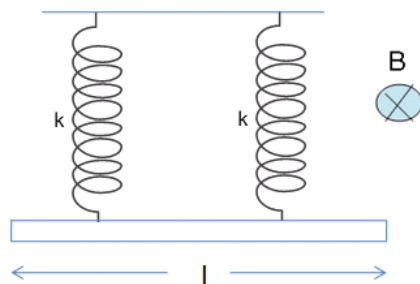
17. Συρμάτινο πλαίσιο σχήματος παραλληλογράμμου βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο και σε απόσταση $d=10\text{ cm}$ από ένα ευθύγραμμο αγωγό μεγάλου μήκους που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I_1=10\text{ A}$. Το πλαίσιο έχει πλευρές $a=10\text{ cm}$, $\beta=40\text{ cm}$ και διαρρέεται από ρεύμα $I_2=5\text{ A}$.



Να υπολογιστεί η δύναμη που δέχεται το πλαίσιο από τον ευθύγραμμο αγωγό.

($F_{\text{ολ}}=8 \cdot 10^{-6}\text{ N}$)

18. Οριζόντια μεταλλική ράβδος που έχει μήκος $l=40\text{ cm}$ κρέμεται από δύο κατακόρυφα μονωμένα ελατήρια σταθεράς $k=100\text{ N/m}$. Το σύστημα βρίσκεται μέσα σε οριζόντιο μαγνητικό πεδίο έντασης $B=1.5\text{ T}$. Όταν η ένταση του ρεύματος είναι $I=5\text{ A}$, τα ελατήρια έχουν το φυσικό τους μήκος.



Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος όταν τα ελατήρια έχουν επιμηκυνθεί κατά $x=4.5\text{ cm}$.

(Απ. $I=10\text{ A}$)

Μαγνητική Ροή

ΘΕΩΡΙΑ

Η μαγνητική ροή είναι ένα μονόμετρο μέγεθος, συμβολίζεται με το γράμμα Φ , αναφέρεται σε μια επιφάνεια η οποία βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο και εκφράζει τον αριθμό των δυναμικών γραμμών του πεδίου που περνούν από την επιφάνεια.

Ας υποθέσουμε ότι το μαγνητικό πεδίο είναι ομογενές και ότι η επιφάνεια εμβαδού S είναι επίπεδη. Έστω ένα διάνυσμα \vec{S} κάθετο στην επιφάνεια S .

1) Αν η κατεύθυνση του \vec{S} συμπίπτει με την κατεύθυνση της έντασης \vec{B} του μαγνητικού πεδίου, η μαγνητική ροή θα είναι:

$$\Phi = BS$$

2) Όταν η επιφάνεια είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές του πεδίου τότε η μαγνητική ροή είναι μηδέν.

3) Όταν τα διανύσματα \vec{S} και \vec{B} σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία α , η μαγνητική ροή που περνά από την επιφάνεια εμβαδού S δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Μονάδα μέτρησης της ροής είναι το 1 Weber = 1 Wb = 1 T·m²

Λυμένες Ασκήσεις:

19. Να υπολογιστεί η μαγνητική ροή που περνά από πλαίσιο εμβαδού $S= 100 \text{ cm}^2$ το οποίο βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με ένταση μέτρου $B=0.2 \text{ T}$, όταν το πλαίσιο σχηματίζει με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου γωνία:

- 1) $\varphi = 0^\circ$
- 2) $\varphi = 30^\circ$
- 3) $\varphi = 90^\circ$

Απάντηση:

Προσοχή

Ισχύει ότι $\Phi=BS\sigma\alpha$ όπου α η γωνία που σχηματίζει το διάνυσμα \vec{S} το κάθετο στη επιφάνεια με την ένταση \vec{B} . Επομένως ισχύει ότι $\alpha= 90^\circ - \varphi$ όπου φ είναι η γωνία που σχηματίζει η επιφάνεια με το διάνυσμα \vec{B} .

Άρα έχουμε:

$$\Phi=BS\sigma\alpha= BS\sigma\sin(90^\circ - \varphi)= B\sigma\eta\mu\varphi$$

- 1) $\Phi=0$,
- 2) $\Phi=10^{-3} \text{ Wb}$,
- 3) $\Phi=2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$

20. Τετράγωνο πλαίσιο πλευράς $l=10\text{ cm}$ τοποθετείται κάθετα στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου μέτρου έντασης $B=0.5\text{ T}$. Να βρείτε τη μεταβολή της μαγνητικής ροής από το πλαίσιο, όταν αυτό στρέφεται γύρω από άξονα που συμπίπτει με μια πλευρά του κατά γωνία:

- 1) $\varphi = 60^\circ$
- 2) $\varphi = 90^\circ$
- 3) $\varphi = 180^\circ$

Απάντηση:

Η ζητούμενη μεταβολή $\Delta\Phi$ της μαγνητικής ροής μέσα από το πλαίσιο βρίσκεται από τη σχέση

$$\Delta\Phi = \Phi_{\text{τελ}} - \Phi_{\text{αρχ}}$$

όπου $\Phi_{\text{αρχ}}$ η μαγνητική ροή που περνά από το πλαίσιο όταν αυτό βρίσκεται στην αρχική θέση και $\Phi_{\text{τελ}}$ η μαγνητική ροή που περνά από το πλαίσιο μετά τη στροφή του κατά γωνία φ .

Ισχύει ότι: $\Phi_{\text{αρχ}} = BS\cos\alpha = BS\cos 0^\circ = BS$

Όταν το πλαίσιο στρέφεται κατά γωνία φ κατά την ίδια γωνία στρέφεται και το διάνυσμα \vec{S} το κάθετο σε αυτό δηλαδή ισχύει $\alpha = \varphi$.

$$\Phi_{\text{τελ}} = BS\cos\alpha = BS\cos\varphi$$

$$\Delta\Phi = BS\cos\varphi - BS = -BS(1 - \cos\varphi)$$

- 1) $\Delta\Phi = -2.5 \cdot 10^{-3}\text{ Wb}$,
- 2) $\Delta\Phi = -5 \cdot 10^{-3}\text{ Wb}$,
- 3) $\Delta\Phi = -10 \cdot 10^{-3}\text{ Wb}$.

Επαγωγή

Εάν σε ένα αγωγίμο πλαίσιο (ή σωληνοειδές) με N σπείρες μεταβληθεί με οποιονδήποτε τρόπο η μαγνητική ροή που περνά από αυτό, τότε στο πλαίσιο εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή, η τιμή της οποίας δίνεται από τη σχέση:

$$E_{επ.} = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Λυμένες Ασκήσεις:

21. Σε ένα κύκλωμα μίας σπείρας η μαγνητική ροή σε χρονικό διάστημα $\Delta t = 0.1$ s μεταβάλλεται κατά $\Delta\Phi = 4 \cdot 10^{-2}$ Wb. Να υπολογίσετε το μέτρο της μέσης ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στο κύκλωμα.

Απάντηση:

Σε ένα κύκλωμα είτε ανοικτό είτε κλειστό όταν έχουμε μεταβολή της μαγνητικής ροής εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή της οποίας το μέτρο δίνεται από τη σχέση

$$E_{επ.} = N \cdot \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

Άρα έχουμε: $E_{επ.} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-2}}{0.1} = 0.4$ V.

22. Με τη βοήθεια ενός σύρματος δημιουργούμε ένα ορθογώνιο πλαίσιο εμβαδού $S = 80 \text{ cm}^2$ που έχει $N = 50$ σπείρες και το επίπεδό του είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές ομογενούς μαγνητικού πεδίου. Αν η ολική αντίσταση του πλαισίου είναι $R_{ολ} = 12 \Omega$ και το επαγωγικό ρεύμα έχει ένταση $I_{επ} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$, να βρείτε τον ρυθμό μεταβολής $\frac{\Delta B}{\Delta t}$ του μέτρου της έντασης του μαγνητικού πεδίου.

Απάντηση:

Στο ορθογώνιο πλαίσιο έχουμε ΗΕΔ από επαγωγή που δίνεται από τον τύπο:

$$E_{επ.} = N \cdot \frac{|\Delta \Phi|}{\Delta t}$$

Αλλά είναι $\Phi = BS$ και επειδή το εμβαδόν είναι κάθετο θα έχουμε

$$\Delta \Phi = \Delta B \cdot S$$

και επομένως θα είναι: $E_{επ.} = N \cdot \frac{|\Delta B|}{\Delta t} \cdot S$

Η ένταση του επαγωγικού ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο σύμφωνα με τον νόμο του Ohm θα είναι:

$$I_{επ} = \frac{E_{επ.}}{R_{ολ}} = \frac{N \cdot \frac{|\Delta B|}{\Delta t} \cdot S}{R_{ολ}}$$

Άρα έχουμε: $\frac{|\Delta B|}{\Delta t} = 0.15 \text{ T}$.

23. Ένας κυκλικός αγωγός, ακτίνας $r = 40 \text{ cm}$ βρίσκεται μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές. Το μαγνητικό πεδίο δεν είναι χρονικά σταθερό αλλά το μέτρο της έντασής του αυξάνεται με σταθερό ρυθμό $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.5 \text{ T/s}$. Να υπολογίσετε την επαγωγική τάση που αναπτύσσεται στον αγωγό.

Απάντηση:

Ο αγωγός είναι κάθετος στις δυναμικές γραμμές του πεδίου, οπότε έχουμε $\Phi = BS$ και κατά συνέπεια $\Delta\Phi = \Delta B \cdot S$, όπου $S = \pi r^2$ το εμβαδόν της επιφάνειας του αγωγού.

Στον αγωγό εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή με μέτρο:

$$E_{\text{επ.}} = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = \frac{|\Delta B|}{\Delta t} \cdot S \quad \text{ή} \quad E_{\text{επ.}} = \frac{|\Delta B|}{\Delta t} \cdot \pi r^2$$

Άρα έχουμε $E_{\text{επ.}} = 0.08\pi \text{ V}$.

Άλυτες Ασκήσεις:

24. Μία επιφάνεια έχει εμβαδόν $S=20 \text{ cm}^2$. Να υπολογιστεί η μαγνητική ροή που περνά μέσα από την επιφάνεια όταν βρεθεί σε μαγνητικό πεδίο έντασης $B=2 \text{ T}$ και

- 1) είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές,
- 2) είναι παράλληλη στις δυναμικές γραμμές,
- 3) σχηματίζει γωνία $\theta=30^\circ$ με τις δυναμικές γραμμές.

(Απ. 1) $4 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$, 2) 0, 3) $2 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$)

25. Σε ένα πηνίο που έχει $N=100$ σπείρες ανξάνεται η ροή κατά 10^{-2} Wb σε χρόνο $\Delta t=0.2 \text{ s}$. Να υπολογίσετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται.

(Απ. 5 V)

26. Ένα κυκλικό πλαίσιο ακτίνας $r=20 \text{ cm}$ αποτελείται από $N=20$ σπείρες και είναι κάθετο στις δυναμικές γραμμές μαγνητικού πεδίου έντασης $B=2 \text{ T}$.

Να υπολογίσετε την ΗΕΔ από επαγωγή που θα αναπτυχθεί στο πλαίσιο όταν σε χρόνο $\Delta t=\pi \text{ s}$:

- 1) το μέτρο του μαγνητικού πεδίου τετραπλασιαστεί,
- 2) το μέτρο του μαγνητικού πεδίου υποτετραπλασιαστεί,
- 3) η φορά του μαγνητικού πεδίου αντιστραφεί.

(Απ. 1) 4.8 V, 2) 1.2 V, 3) 3.2 V)

Το επαγωγικό ρεύμα και ο κανόνας του Lenz:

Για όσο χρόνο μεταβάλλεται η μαγνητική ροή και εφόσον το κύκλωμα είναι κλειστό, η επαγόμενη ΗΕΔ δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα που ονομάζεται επαγωγικό ρεύμα.

Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz: το επαγωγικό ρεύμα έχει πάντα φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην αιτία που το δημιούργησε.

Από το νόμο του Ohm ισχύει ότι:

$$I_{\varepsilon\pi} = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R_{ολ}}$$

Κίνηση ευθύγραμμου αγωγού σε μαγνητικό πεδίο:

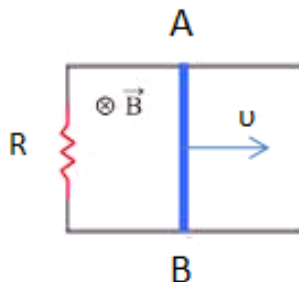
1) Η κίνηση ευθύγραμμου αγωγού μήκους l , σε μαγνητικό πεδίο έντασης B και με σταθερή ταχύτητα v , η οποία είναι κάθετη στον αγωγό και στις δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου, θα έχει ως αποτέλεσμα ο αγωγός να γίνει πηγή ηλεκτρερρεγτικής δύναμης ίσης με $E_{\varepsilon\pi} = Bvl$.

2) Στην περίπτωση που η επιφάνεια που σαρώνει ο αγωγός (επίπεδο κίνησης), είναι κάθετη στις δυναμικές γραμμές και η ταχύτητα σχηματίζει γωνία φ με τον αγωγό τότε η ΗΕΔ από επαγωγή είναι ίση με $E_{\varepsilon\pi} = Bvl\eta\mu\varphi$.

3) Στην περίπτωση που η ταχύτητα είναι κάθετη στον αγωγό και η επιφάνεια που σαρώνει ο αγωγός σχηματίζει με τις δυναμικές γραμμές του B γωνία φ τότε η ΗΕΔ από επαγωγή είναι ίση με $E_{\varepsilon\pi} = Bvl\eta\mu\varphi$.

Λυμένες Ασκήσεις:

27. Στο παρακάτω σχήμα ο αγωγός ΑΓ έχει μάζα $M=20 \text{ kg}$ και μήκος $l=1 \text{ m}$ και εκτοξεύεται για $t=0$ οριζόντια με αρχική ταχύτητα $v_0=10 \text{ m/s}$, κινείται δε χωρίς τριβές. Αν $R=2 \text{ } \Omega$ και $B=2 \text{ T}$ να βρεθούν:



1) Η αρχική ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

2) Πόση είναι η αρχική επιτάχυνση του αγωγού.

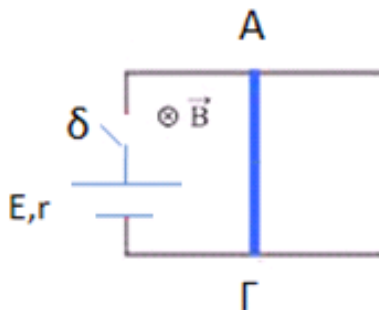
3) Μετά από λίγο τη στιγμή t_1 ο αγωγός έχει ταχύτητα 4 m/s .

I. Να βρείτε την ηλεκτρική ισχύ την στιγμή αυτή.

II. Να βρείτε με ποιο ρυθμό μειώνεται η κινητική ενέργεια του αγωγού τη στιγμή t_1 .

(Απ. 1) 10 A , 2) 1 m/s^2 , 3) I. 32 W , II. -32 J/s)

28. Στο παρακάτω σχήμα η πηγή συνδέεται στα άκρα δύο παράλληλων οριζόντιων σιδηροτροχιών με ασήμαντη αντίσταση. Η ράβδος ΑΓ έχει μήκος d , αντίσταση R και τα άκρα της ακουμπάνε πάνω στις σιδηροτροχιές. Το όλο σύστημα βρίσκεται μέσα σε κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης B .



- 1) Όταν κλείσουμε τον διακόπτη, να βρείτε την δύναμη που δέχεται ο αγωγός.
- 2) Να βρείτε πόση δύναμη δέχεται ο αγωγός όταν αποκτήσει ταχύτητα v .
- 3) Να βρείτε την μέγιστη ταχύτητα που θα αποκτήσει ο αγωγός.

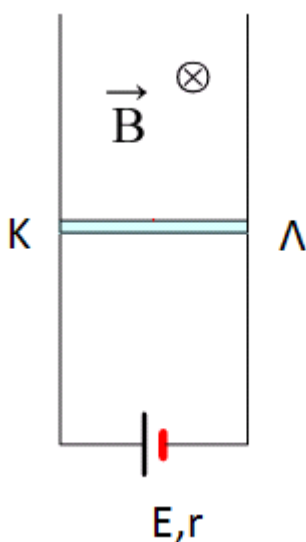
Θεωρείστε ότι δεν υπάρχουν τριβές.

Υπόδειξη: 3) Η ταχύτητα γίνεται μέγιστη όταν $E_{επ} = E$. Τότε το κύκλωμα παύει να διαρρέεται από ρεύμα και η δύναμη Laplace μηδενίζεται.

(Απ. 1) $F_L = \frac{EBd}{R+r}$, 2) $F_L = Bvd \frac{E-Bvd}{R+r}$, 3) $v_{\max} = \frac{E}{Bd}$)

Άλυτες Ασκήσεις:

29. Τα άκρα κατακόρυφων σιδηροτροχιών, αμελητέας αντίστασης, συνδέονται με τους πόλους πηγής $E=60\text{ V}$ και $r=1\ \Omega$. Λεπτή ράβδος μήκους $l=1\text{ m}$, μάζας $m=1\text{ kg}$ και αντίστασης $R=4\ \Omega$ μπορεί να κινείται χωρίς τριβές, με τα άκρα της πάνω στις σιδηροτροχιές μέσα σε οριζόντιο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=1\text{ T}$.



Να βρείτε την αρχική ταχύτητα v_0 που πρέπει να δώσουμε στη ράβδο προς τα πάνω, ώστε να εκτελέσει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Δίνεται ότι $g=10\text{ m/s}^2$.

(Απ. $v_0=10\text{ m/s}$)

30. Ευθύγραμμος αγωγός μήκους 2 m κινείται με ταχύτητα $v=10\text{ m/s}$. Η ταχύτητα με τον αγωγό σχηματίζουν γωνία $\varphi=30^\circ$. Ομογενές μαγνητικό πεδίο, έντασης $B=0.1\text{ T}$ είναι κάθετο στο επίπεδο που διαγράφει ο αγωγός. Να βρείτε την ΗΕΔ από επαγωγή, που αναπτύσσεται στις άκρες του αγωγού.

(Απ. 1 V)