|  |
| --- |
| **φυσικη γ΄ λυκειου** |
| **Μαγνητικά πεδία ρευματοφόρων αγωγών.Εικονογραφημένες παρατηρήσεις.** |
| **Εικονογραφημένες Παρατηρήσεις** |
|  |
| **prs** |
| **Φεβρουάριος 2022** |

|  |
| --- |
|  |

**ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΩΝ ΑΓΩΓΩΝ**

**Α.Μαγνητικό πεδίο ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού απείρου μήκους**

**1.**Όταν ο ευθύγραμμος αγωγός **Α** βρί-σκεται **πάνω** στο επίπεδο της σελίδας τότε οι δυναμικές γραμμές του μαγνητι-κού του πεδίου βρίσκονται σε **επίπεδα κάθετα** στο επίπεδο της σελίδας και εί-ναι επίσης **κάθετα** στον αγωγό.

**r**

**I**

**A**

**Σχήμα 1**

Ή διαφορετικά.Όταν **ο αγωγός είναι κατακόρυφος** ,τότε οι δυναμικές γραμ-μές βρίσκονται σε **οριζόντια επίπεδα ,κάθετα** στον αγωγό.

**r**

**I**

**A**

**Σχήμα 2**

Όταν πάλι **ο αγωγός είναι οριζόντιος**  τότε οι δυναμικές γραμμές βρίσκονται σε **κατακόρυφα επίπεδα ,κάθετα** στον αγωγό.

**r**

**I**

**A**

**Σχήμα 2**

**1α.** Αν το **ρεύμα** έχει φορά προς τα **πά-νω** τα διανύσματα των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου στα σημεία του επι-πέδου της σελίδας, είναι **κάθετα** στο ε-πίπεδο της σελίδας ,**καταδύονται** σε αυτήν στο **δεξιό** ημιεπίπεδο με όριο τον αγωγό και **αναδύονται** από την σελίδα στα σημεία του **αριστερού** ημιεπιπέδου με όριο τον αγωγό

**I**

**Βκ**

BΛ

B2

**(ε)**

**A**

**r**

**K**

**r**

**Σχήμα 3**

**Λ**

**ΒΚ**

**BΛ**

B2

**(ε)**

**I**

**A1**

**r**

**K**

**r**

**Σχήμα 4**

**Λ**

**1β.**Αν πάλι το **ρεύμα** έχει φορά προς τα **κάτω** τα διανύσματα των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου στα σημεία του επιπέδου της σελίδας, **καταδύονται** στην σελίδα στο **αριστερό** ημιεπίπεδο και **αναδύονται** από την σελίδα στα σημεία του **δεξιού ημιεπιπέδου** με ό-ριο τον αγωγό.

**1γ.**Αν το **ρεύμα** έχει φορά προς τ΄ **αριστερά** τα διανύσματα των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου στα σημεία του επιπέδου της σελίδας, **καταδύονται** στην σελίδα στο **πάνω** ημιεπίπεδο και **αναδύονται** από την σελίδα στα σημεία του **κάτω ημιεπιπέδου** με όριο τον αγωγό.

**r**

**I**

**A**

**Σχήμα 5**

**r**

**Κ**

**Λ**

**ΒΚ**

**BΛ**

B2

**1δ.**Αν πάλι το **ρεύμα** έχει φορά προς τα **δεξιά,** τα διανύσματα των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου στα σημεία του επιπέδου της σελίδας, **καταδύονται** στην σελίδα στο **κάτω** ημιεπίπεδο και **αναδύονται** από την σελίδα στα σημεία του **πάνω ημιεπιπέδου** με όριο τον αγωγό.

**r**

**I**

**A**

**Σχήμα 6**

**r**

**Κ**

**Λ**

**ΒΚ**

**BΛ**

B2

**2.** Όταν ο ευθύγραμμος αγωγός είναι **κάθετος** στο επίπεδο της σελίδας τότε οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού του πεδίου βρίσκονται **πάνω** στο επίπεδο

**I**

**Βκ**

**BΛ**

B2

**A**

**K**

**Σχήμα 7**

**Λ**

**r**

της σελίδας

**BΛ**

B2

**K**

**Λ**

**I**

**Βκ**

**A**

**Σχήμα 8**

**r**

**3.Ο ευθύγραμμος αγωγός Α συνδέεται σε Ηλεκτρική πηγή**

**3α.Ένας αγωγός Α συνδέεται σε τάση V**

To μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε απόσταση r από τον αγωγό **A, o** οποίος έχει αντίσταση **RA ,**δίνεται από τη σχέση:

**Β=**  **(1)**

I

**V**

**RΑ**

A

r

**Σχήμα 9α**

Ι=

Β=

**Β=** **(2)**

**3β.Ο αγωγός Α συνδέεται με πηγή Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερικής αντίστασης rαντ**

Λ

Κ

A

I

**RΑ**

r

**E,r**

**Σχήμα 9β**

**Β=**  **(1)**

Ι=



**Β=** **(3)**

**3γ.Ο αγωγός Α συνδέεται σε σειρά με αντιστάτη και το σύστημα που προκύ-πτει συνδέεται με πηγή Η.Ε.Δ. Ε και εσω-τερικής αντίστασης rαντ**

**rαντ**

Ρ

Λ

Κ

**R1**

A

I

**RΑ**

r

**E,r**

**Σχήμα 9γ**

**Β=**  **(1)**

Ι=



**Β=** **(4)**

**3δ.Ο αγωγός Α συνδέεται σε σειρά με συνδεσμολογία δύο αντιστατών συν-δεδεμένων παράλληλα και το σύστημα που προκύπτει συνδέεται με πηγή Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερικής αντίστασης rαντ**

**rαντ**

Ρ

Κ

Λ

**R2**

**R1**

A

I

**RΑ**

r

**E,r**

**Σχήμα 9δ**

**Β=**  **(1)**

Ι=

R1,2=

**Β=** **(5)**

**3ε.Ο αγωγός Α συνδέεται παράλληλα με αντιστάτη και το σύστημα που προκύπτει συνδέεται με πηγή Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερικής αντίστασης rαντ**

Ι1

ΙΑ

Κ

Λ

**R1**

A

I

**RΑ**

r

**E,r**

**Σχήμα 9ε**

**rαντ**

**Β=**  **(1)**

ΙA=

VΚΛ=Vπολικη=Ε - Ιrαντ

Ι=

Ι=

VΚΛ= Vπολικη = Ε – Ιr = Ε – rαντ , ΙΑ= 

**Β=** **(6)**

**3στ. Ο αγωγός Α συνδέεται παράλληλα με αντιστάτη και το σύστημα που προκύπτει συνδέεται μέσω αντιστάτη με πηγή** **Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερικής αντίστασης rαντ**

**Β=** **(1)** ΙA=

**Σχήμα 9στ**

**Μ**

**Ν**

Λ

K

**R2**

**R1**

A

I

**RΑ**

r

**E,r**

Vπολικη= VΝΜ+**VΚΛ**,

Ε - Ιrαντ= VΝΜ+**VΚΛ**,

**VΚΛ** = Ε - Ιrαντ - VΝΜ

VΝΜ=ΙR2

**VΚΛ** = Ε - Ιrαντ - I R2 =

=Ε – Ι(rαντ +R2)

Ι=

Ι=

VΚΛ= Ε – Ι(r αντ+R2) = Ε – (r αντ+R2) ,

Προσοχή:Στις περιπτώσεις

(1β -1στ).Εάν αντί της πηγής μέ Η.Ε.Δ. (**Ε** )και εσωτερική αντί-σταση **( r )** υπάρχειτάση **V ,**το-τε η διαδικασία υπολογισμού της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό παραμένει η ίδια ,απλώς στη θέση της (**Ε)** αντικαθιστούμε την ( **V)** και στη θέση της **rαντ** το μηδέν  **(0)**

ΙΑ= 

**Β=** **(7)**

Ενδεικτικά στη περίπτωση **3στ** η αντικατάσταση καταλήγει:

ΙΑ= 

**4.Μαγνητικό πεδίο δύο ευθυγράμμων ρευματοφόρων αγωγών**

**4α.**Όταν έχουμε δύο **παράλληλους ευθύγραμμους** αγωγούς Α1 και Α2 που διαρρέο-νται από **ομόρροπα ρεύματα** εντάσεων Ι1και Ι2 τότε:

****Στα σημεία του **επιπέ-δου** των αγωγών που βρί-σκονται **μεταξύ** των δύο αγωγών, οι εντάσεις  , των δύο μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι αγωγοί είναι **αντίρρο-πες** και κατά συνέπεια η **συνολική ένταση** έχει μέτρο ίσο προς τη **διαφο-ρά** των μέτρων των δύο επιμέρους εντάσεων και φορά την **φορά της** έντασης με το **μεγαλύτερο** μέτρο.Θεωρώντας μία ευθεία **(ε)** **κάθετη** στους δύο αγωγούς υπάρχει **ένα μόνο** σημείο Σ σε αυτή στο οποίο η συνο-λική ένταση είναι **μηδενική** Το σημείο αυτό απέχει από τους δύο αγωγούς αποστά-σεις **r1 , r2**των οποίων ο **λόγος** είναι ίσος με το **αντίστροφο** του **λόγου των εντάσεων** των δύο ρευμάτων που διαρρέουν τους αγωγούς δηλαδή ισχύει:

**Β2**

B1

B2

**d**

**(ε)**

**I2**

**I1**

**A2**

**A1**

Σχήμ 10

**r1**

**K**

**r2**

**Βολ=0**



**Πράγματι:** =**0**,  = **-** , **Β1=Β2** ,

 =  ,  ,  ,  **με r1+r2 = d**

**Όλα τα σημεία**, (γεωμετρικός τόπος) , στα οποία η συνολική ένταση είναι **μη-δενική**, βρίσκονται πάνω σε μια **ευθεία παράλληλη** προς τους δύο αγωγούς μεταξύ μεταξύ αυτών.

****Στα σημεία του επιπέδου των δύο αγωγών που βρίσκονται **εκτός** των δύο αγω-γών οι επιμέρους εντάσεις είναι **ομόρροπες** και η συνολική ένταση έχει μέτρο ίσο με το **άθροισμα** των μέρων των δύο εντάσεων.

**Β0λ**

**Β2**

**B1**

B2

**Β0λ**

**Β2**

**B1**

B2

**d**

**(ε)**

**I2**

**I1**

**A2**

**A1**

Σχήμα 11

**r1**

**K**

**r2**

**4β.**Όταν έχουμε δύο **παράλληλους ευθύγραμμους** αγωγούς Α1 και Α2 που διαρρέο-νται από **αντίρροπα ρεύ-ματα** εντάσεων Ι1και Ι2 τότε:

**Β2**

B1

B2

**d**

**(ε)**

**I2**

**I1**

**A2**

**A1**

Σχήμ 12

**r1**

**K**

**r2**

**Boλ**

****Στα σημεία του **επιπέ-δου** των αγωγών που βρί-σκονται **μεταξύ** των δύο αγωγών, οι εντάσεις  , των δύο μαγνητικών πεδίων που δημιουργούν οι αγωγοί είναι **ομόρρο-πες** και κατά συνέπεια η **συνολική ένταση** έχει μέτρο ίσο προς το **άθροισμα** των μέτρων των δύο επιμέρους εντάσεων

****Στα σημεία του επιπέδου των δύο αγωγών που βρίσκονται **εκτός** των δύο αγω-γών οι επιμέρους εντάσεις είναι **αντίρροπες** , η συνολική ένταση έχει μέτρο ίσο με το **διαφορά**  των μέρων των δύο εντάσεων και **φορά τη φορά της έντασης με το μεγαλύτερο μέτρο.**

****Θεωρώντας μία ευθεία **(ε)** **κάθετη** στους δύο αγωγούς υπάρχει **ένα μόνο** σημείο Σ σε αυτή, στο οποίο η συνολική ένταση είναι **μηδενική.** Το σημείο αυτό βρίσκεται πλησιέστερα προς τον αγωγό που διαρρέεται από το ρεύμα με την **μικρότερη έντα-ση,** απέχει από τους δύο αγωγούς αποστάσεις **r1 , r2**των οποίων ο **λόγος** ίσος με:

**Β0λ=0**

**Σ**

**Β2**

**B1**

B2

**Β0λ**

**Β2**

**B1**

B2

**d**

**(ε)**

**I2**

**I1**

**A2**

**A1**

Σχήμα 13

**r1**

**r2**

Ι1 < Ι2



**Πράγματι:** =**0**,  = **-** , **Β1=Β2** ,

 =  ,  ,  ,

(στην περίπτωση στην οποία **Ι1<Ι2  είναι r2 = r1+d** )

**Όλα τα σημεία**, (γεωμετρικός τόπος) , στα οποία η συνολική ένταση είναι **μηδε-νική**, βρίσκονται πάνω σε μια **ευθεία παράλληλη** προς τους δύο αγωγούς **εκτός** αυτών και **πλησιέστερα στον αγωγό ο οποίος διαρρέεται από το ρεύμα με την μικρότερη ένταση.**

**4γ.**Όταν έχουμε δύο **παράλληλους ευθύγραμμους** αγωγούς **Α1** και **Α2** που διαρρέο-νται από **ομόρροπα** ή **αντίρροπα ρεύματα** εντάσεων **Ι1**και **Ι2 ,** τότε σε κάποιο ση-μείο το χώρου που βρίσκεται **εκτός** του επιπέδου που ορίζουν οι δύο αγωγοί ,οι δύο επιμέρους εντάσεις των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από τους αγωγούς ,έχουν διευθύνσεις που σχηματίζουν κάποια **τυχαία γωνία** ,οπότε ο προσδιορισμός της συνολικής έντασης καθίσταται δύσκολος και ακολουθεί την γνωστή διαδικασία πρόσθεσης δύο διανυσμάτων . **Εξαίρεση** αποτελεί η περίπτωση εκείνη στην οποία οι δύο επιμέρους εντάσεις έχουν **κάθετες** διευθύνσεις (περίπτωση 8 σχολικού βιβλίου τόμος Α΄).Αυτή η περίπτωση προκύπτει όταν οι αποστάσεις **r2 , r1, d** αποτελούν πυθαγόρεια τριάδα (d η απόσταση των δύο αγωγών).Δηλαδή ισχύει:



Η ένταση 

(1)

Ι1

Ι2

Γ

Ρ

5cm

12cm

13cm

Β

(2)

B1

B2

900

Bολ

Σχήμα 15

**I1**

**d=2ocm**

Π

**A1**

**A2**

**I2**

**Β1**

**Βολ**

**Β2**

**900**

**r1 =12cm**

**r2 =16cm**

Σχήμα 14

έχει την διεύθυνση της r2 και αυτό διότι η  είναι κάθετη στην ακτίνα r1 ,στην οποία επίσης κάθετη είναι και η ακτίνα r2.

Η ένταση 

έχει την διεύθυνση της r1 και αυτό διότι η  είναι κάθετη στην ακτίνα r2 ,στην οποία επίσης κάθετη είναι και η ακτίνα r2.

η συνολική ένταση έχει μέτρο: , η σχηματίζει γωνία φ με την

 της οποίας η εφαπτομένη δίνεται από την σχέση εφφ =

**4δ.Αν οι δύο ευθύγραμμοι αγωγοί είναι κάθετοι μεταξύ τους τότε :**

**α.**οι εντάσεις ,είναι **αντίρροπες** στα τεταρτημόρια, στα όρια των οποίων, τα ρεύματα **προσέρχονται**  στο σημείο τομής των αγωγών ή **απομακρύνονται** από το σημείο αυ-τό.Στα τεταρτημόρια αυτά υπάρχουν σημεία στα οποία η συνολική ένταση είναι μη-δενική.Τα σημεία αυτά βρίσκονται πάνω σε μια **ευθεία** η οποία σχηματίζει γωνία **θ** με τον αγωγό Α1 τέτοια ώστε :

**Β1**

**r2**

**Β1**

**Β1**

**Β1**

**Β2**

**Β2**

**Β2**

**θ**

**Α2**

**Βολ=0**

**Σ**

**Ι2**

**Α1**

**r1**

**Ι1**

**Κάτοψη**

**Ι1**

**Ι2**

**Β2**

Σχήμα 16

**εφθ=**

**θ**

**r1**

**Δ**

**Α2**

**Βολ=0**

**Σ**

**Ι2**

**Α1**

**r2**

**r1**

**r2**

**Ι1**

Σχήμα 17

Πράγματι: Στο **Σ** **Βολ =0** άρα **Β1=Β 2 ,**

 

  και τελικά εφθ=

**4ε.**Αν οι αγωγοί είναι **ασύμβατα κάθετοι** ,δηλαδή έχουν κάθετες διευθύνσεις **χωρίς** να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, τότε οι επιμέρους εντά-σεις των δύο μαγ-νητικών πεδίων σε σημείο Σ του πεδί-ου των δύο αγω-γών είναι κάθετες μεταξύ τους και και η ένταση στο ση-μείο Σ που οφείλεται στην παρουσία στο χώρο του ενός αγωγού βρίσκεται στο επίπεδο που ορίζει το σημείο Σ με το δεύτερο αγωγό.

Ι1

Ι2

Γ

Σ

d

(1)

(2)

Ι1

Β1

Β2

Βολ

Σχήμα 18

**B.Μαγνητικό πεδίο κυκλικού ρευματοφόρου αγωγού ακτίνας r**

**5α.**Όταν επίπεδο του κυκλικού αγωγού είναι **οριζόντιο**  , τότε η ένταση του μαγνη-τικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού είναι **κατακόρυφη** και έχει φορά προς τα **πάνω** στην περίπτωση που το ρεύμα το οποίο διαρρέει τον αγωγό ,έχει φορά **αντίθετη** **από την φορά των δεικτών** **του ρολογιού**.Όταν το ρεύμα έχει **την φορά** των δεικτών του ρολογιού, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού, αγωγού έχει φορά προς τα **κάτω.**

**ΒΚ**

**Ι1**

**Ι1**

**Κ**

**Σχήμα 19**

**Ι1**

**Ι1**

**Κ**

**Σχήμα 20**

**ΒΚ**

**5β.**Όταν επίπεδο του κυκλικού αγωγού είναι κατακόρυφο και κάθετο στη σελίδα, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού είναι ορι-ζόντια και έχει φορά προς τ΄αριστερά στην περίπτωση που το ρεύμα το οποίο διαρρέει τον αγωγό ,έχει φορά **αντίθετη** **από την φορά των δεικτών** **του ρολο-γιού**.Όταν το ρεύμα έχει **την φορά** των δεικτών του ρολογιού, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού, αγωγού έχει φορά προς τα **δεξιά.**

**Ι2**

**Ι2**

r

**Κ**

**.**

**BK**

**.**

**Σχήμα 21**

**Σχήμα 14**

**Ι2**

**Ι2**

r

**Κ**

**.**

**BK**

**.**

**5γ.** Όταν επίπεδο του κυκλικού αγωγού είναι κατακόρυφο και πάνω στο επίπεδο της σελίδας, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού αγωγού είναι οριζόντια και έχει φορά **προς τον αναγνώστη** στην περίπτωση που το ρεύμα το οποίο διαρρέει τον αγωγό ,έχει φορά **αντίθετη** **από την φορά των δεικτών** **του ρολογιού**.Όταν το ρεύμα έχει **την φορά** των δεικτών του ρολογιού, τότε η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο του κυκλικού, αγωγού έχει φορά προς το εσωτερικό της σελίδας

**Ι**

**Ι**

**Κ .**

**r**

**ΒΚ**

Σχήμα 23

**Ι**

**Ι**

**Κ .**

**ΒΚ**

**r**

Σχήμα 22

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου στο κέντρο Κ του κυκλικού αγωγού έχει ,όπως σχεδιάστηκε παραπάνω ,**διεύθυνση κάθετη** στο επίπεδο του κυκλικού αγωγού και φορά που καθορίζεται κατά τα γνωστά με τον κανόνα δεξιού χεριού.Το με-τρο της έντασης αυτής δίνεται από την σχέση:

**ΒΚ= ή ΒΚ=Ν**

**όταν έχουμε πλαίσιο Ν όμοιων σπειρών ακτίνας r.**

**6.ΥΠΟΛΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΡΡΕΕΙ**

**ΤΟΝ ΚΥΚΛΙΚΟ ΑΓΩΓΟ**

**Παρατήρηση:**Για τον υπολογι-σμό της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό εργαζόμαστε κατά **τρόπο ανά-λο**γο με αυτόν με τον οποίο εργα-στήκαμε στην περίπτωση του ευθύγραμμου αγωγού .Τα ηλεκ-τρικά κυκλώματα είναι τα ίδια **(σελ 3-6)** και η ένταση υπολογί-ζεται με τον **ίδιο ακριβώς τρό-πο** απλώς αντικαθιστούμε την αντίσταση του ευθύγραμμου α-γωγού RA με την αντίσταση RK του κυκλικού αγωγού.Ενδεικτι-κά σχεδιάζουμε δύο από τις περιπτώσεις αυτές.

R1

Ε

I1

I

R2

RK

Κ

**r**

rαντ

Σχήμα 24

Σχήμα 24 **(Περίπτωση ανάλογη της 3γ).**Αντιγράφουμε την διαδικασία υπολογισμού της έντασης Ι

Ι=  **Β=**

Σχήμα 25

I1

IΚ

Ε

I

R1

RK

Κ

**r**

r

Σχήμα 25

Λ

Κ

**(Περίπτωση ανάλογη της 3ε).**

Αντιγράφουμε την διαδικασία υπολογισμού της έντασης Ι

ΙΚ=

VΚΛ=Vπολικη=Ε - Ιrαντ

Ι=

Ι=

VΚΛ= Vπολικη = Ε – Ιr = Ε – rαντ , ΙΚ= 

**ΒΚ=** **(6)**

**7.Μαγνητικό πεδίο δύο κυκλικών αγωγών**

**7α.**Όταν έχουμε δύο **κυκλικούς**  ομόκεν-τρους αγωγούς Α1 και Α2 που βρίσκο-νται στο ίδιο επίπε-δο και διαρρέονται από ομόρροπα ρεύ-ματα,τότε:

**Β2**

B1

B2

**d**

**I2**

**I1**

**A2**

Σχήμ 26

**r1**

**K**

**r2**

**Βολ**

**A1**

****Στο κοινό τους κέντρο **Κ** των δύο αγωγών οι εντάσεις των επιμέρους μαγνητικών πεδίων είναι **ομόρροπες**

****η συνολική ένταση  στο Κ έχει μέτρο ίσο προς το **άθροισμα** των μέτρων Β1 και Β2  των δύο αυτών εντάσεων

**Β2**

B1

B2

**d**

**I2**

**I1**

**A2**

Σχήμ 27

**r1**

**K**

**r2**

**Βολ**

**A1**

**Βολ =Β1 +Β2**

**7β.**Όταν οι **κυκλικοί**  αγωγοί Α1 και Α2 που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και διαρρέο-νται από **αντίρροπα ρεύματα** εντάσεων Ι1και Ι2 τότε:

**Β2**

B1

B2

**d**

**I2**

**I1**

**A2**

Σχήμ 28

**r1**

**K**

**r2**

**Βολ**

**A1**

**Β1 >Β2**

****Στο κοινό τους κέντρο Κ των δύο αγωγών οι εντάσεις των επιμέρους μαγνη-τικών πεδίων είναι **αντίρροπες**

****η συνολική ένταση στο Κ ,έχει μέτρο ίσο με την **διαφορά** των μέτρων Β1 και Β2 των δύο αυτών εντάσεων

**Βολ =Β1 -Β2** εφόσον **Β1 >Β2** ή **Βολ =Β2 –Β1** εφόσον **Β1 <Β2**

Στην περίπτωση αυτή η **συνολική ένταση** γίνεται **μηδέν** όταν ο λόγος των εντάσεων των ρευμάτων που διαρρέουν τους δύο αγωγούς είναι ίσος με τον λόγο των ακτίνων των δύο αγωγών

**Β2**

B1

B2

**d**

**I2**

**I1**

**A2**

Σχήμ 29

**r1**

**K**

**r2**

**Βολ**

**A1**

**Β1 <Β2**

**Πράγματι:**

Βολ =Β1 -Β2

0= Β1 -Β2

Β1 =Β2

** = **

** = **

Ι2

Ι2

Ι1

Ι1

**Κ**

**.**

Σχήμα 30

**Β1**

**Β2**

**Βολ**

**7γ.** Όταν οι **κυκλικοί** αγωγοί Α1 και Α2 έχουν κάθετα τα επίπεδά τους και διαρρέονται από **ρεύματα** εντάσεων **Ι1**και **Ι2** τότε:

****Στο κοινό τους κέντρο Κ των δύο αγωγών οι εντάσεις των επιμέρους μαγνητικών πεδίων είναι **κάθετες**

η συνολική ένταση έχει μέτρο: , η σχηματίζει γωνία **φ** με την  της οποίας η εφαπτομένη δίνεται από την σχέση **εφφ=** =και εφόσον

**r1=r2  ,** προκύπτει  **εφφ=** 

Αν επιπλέον είναι και **Ι2=Ι1** τότε **εφφ=1 και φ=450**

**7δ.** Όταν οι **κυκλικοί**  αγωγοί Α1 και Α2 έχουν επίπεδά που **δεν** είναι κάθετα και διαρρέονται από **ρεύματα** εντάσεων **Ι1**και **Ι2** τότε:

****Στο κοινό τους κέντρο Κ των δύο αγωγών οι εντάσεις των επιμέρους μαγνητικών πεδίων σχηματίζουνγωνία **ίδια** ή **παραπληρωματική** με αυτή που σχηματίζουν τα δύο επίπεδα.Η συνολική ένταση προκύπτει με νόμο συνημιτό-νων η με ανάλυ-ση των επιμέ-ρους εντάσεων σε δύο συνιστώ-σες ακολουθώ-ντας την διαδι-κασία συνθεσης διανυσματικών μεγεθών

Ι2

Ι2

Ι1

Ι1

**Κ**

**θ**

**.**

**Β1**

**Β2**

**π -θ**

**Βολ**

Σχήμα 31

Μ ε βάση τον νόμο συνημιτόνων προκύπτει το μέτρο της συνολικής έντασης

 ή 

Η σχηματίζει γωνία **φ** με την  η οποία μπο-ρεί να Υπολογι-στεί με νόμο ημι-τόνων

Ι2

Ι2

Ι1

Ι1

**Κ**

**θ**

**.**

**Β1**

**Β2**

**θ**

**Βολ**

Σχήμα 32

**Γ.Μαγνητικό πεδίο σωληνοειδούς μήκους l το οποίο έχει Ν σπείρες**

**8.**H ένταση του μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό του σωληνοειδούς και στο μέσο του άξονα δίνεται από την σχέση :

ΒΚ=

όπου Ν ο αριθμός των σπειρών του σωληνοειδούς ,  το μήκος του σωληνοει-δούς και Ισωλ η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές. Στα άκρα του σωληνοειδούς η ένταση έχει μέτρο ίσο με το μισό του μέτρου της έντασης στο κέντρο του σωληνοειδούς.Δηλαδή **Βακρ=**. Η κατεύθυνση τηςκαθ0ρίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού

**8α.Το σωληνοειδές είναι οριζόντιο και πάνω στη σελίδα**

σχ.33

**I**







…………………………………………………………………………………………………………………….



**I**

σχ.34





………………………………………………………………………………………………………………………

**8β.Το σωληνοειδές είναι κατακόρυφο**



**I**



σχ.35



.....................................................................................................................................................................

**I**



σχ.36





.....................................................................................................................................................................

**8γ.Το σωληνοειδές είναι οριζόντιο και κάθετο στη σελίδα**

H εικόνα που έχουμε παρατηρώντας το σχήμα από αριστερά βλέπουμε την πρώτη σπείρα του σωληνοειδούς και την πρώτη σπείρα του κυκλικού πλαισίου

**Ισωλ**

**Σπείρα σωλη-νοειδούς**

**ΒΚωλ**

σχ.37

**Ισωλ**

**Σπείρα σωλη-νοειδούς**

**ΒΚωλ**

σχ.38

Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το σωληνοειδές υπολογίζεται με τρόπο ανάλογο με αυτό που ακολουθήσαμε στην περίπτωση του ευθύγραμμου ρευ-ματοφόρου αγωγού και την περίπτωση του κυκλικού αγωγού.Πραθέτουμε τις παρακάτω περιπτώσεις.

**Iσωλ**

**Rσωλ**

**V**

**r**

Σχήμα 39

l

**9α.Το σωληνοειδές συνδέε-ται σε τάση V**

**(Δεν διευκρινίζεται πως δημι-ουργείται η τάση αυτή και επί-σης δεν γίνεται αναφορά σε Η.Ε.Δ και εσωτερική αντίσταση)**

**Ισωλ=**

Β=**,** Β=**, Β=**

**9β.Το σωληνοειδές συνδέε-ται με πηγή Η.Ε.Δ. Ε και εσωτερικής αnτίστασης r.**

**Iσωλ**

**Rσωλ**

Ε

**r**

Σχήμα 40

l

**r**

Ι=

Β=**,**

Β=**, Β=****,**

**9γ.Το σωληνοειδές συνδέ-εται, μέσω ωμικής αντίστα-σης R, με πηγή Η.Ε.Δ. Ε Και εσωτερικής αντίστασης r.**

**Iσωλ**

**Rσωλ**

Ε

**r**

Σχήμα 41

l

**R1**

**r**

Ισωλ=

Β=**,** 

Β=

**9δ.Το σωληνοειδές συνδέ-εται παράλληλα με αντιστά-τη αντίστασης R1 και το σύ-στημα σε τάση V**

**Δ**

**Γ**

**R1**

**I1**

**I**

**Iσωλ**

**Rσωλ**

**V**

**r**

Σχήμα 42

l

**(Δεν διευκρινίζεται πως δημι-ουργείται η τάση αυτή και επί-σης δεν γίνεται αναφορά σε Η.Ε.Δ και εσωτερική αντίσταση)**

**Ισωλ=**

**VAΔ = V**

**Ισωλ=**  **Β=**

**9ε.Το σωληνοειδές συνδέ-εται παράλληλα με αντι-στάτη αντίστασης R1 και το σύστημα μέσω αντί-στασης σε σειρά με τάση V**

**Δ**

**Γ**

**R2**

**R1**

**I1**

**I**

**Iσωλ**

**Rσωλ**

**V**

**r**

Σχήμα 42

l

ΙA=

VΓΔ=Vπολικη=V- ΙR2

Ι=

Ι=VΓΔ= V – ΙσωλR2 = V –R2 , Ισωλ= 

**Β=**

**9ε΄.Το σωληνοειδές συνδέ-εται παράλληλα με αντιστα-τη αντίστασης R1 και το σύ-στημα μέσω αντίστασης σε πηγή με Η.Ε.Δ. Ε και εσω-τερική αντίσταση r**

**Δ**

**Γ**

**r**

**R1**

**I1**

**I**

**Iσωλ**

**Rσωλ**

**E**

**r**

Σχήμα 42

l

Ισωλ=

VΓΔ=Vπολικη=Ε - Ιr

Ισωλ=

Ι=

Vσωλ= Vπολικη = Ε – Ιr = Ε – r , Ισωλ= 

**Β=**

**Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ**

Θεωρούμε το σωληνοειδές του σχήματος το οποίο έχει μήκος l, Ν σπείρες

Ο αγωγός ο οποίος τυλίχτηκε , ώστε να σχηματιστεί το σωληνοειδές έχει μήκος **L**

**N**  σπείρες



l

**I**

**α**

σχ.43

**δ**





………………………………………………………………………………………………………………………

Εάν κάθε σπείρα του σωληνοειδούς έχει ακτίνα **α** και διάμετρο **δ,** τότε κάθεσπείρα έχειπερίμετροl**σπείρας =2πα** και ισχύει:

**L=Ν2πα Ν=**

Η ωμική αντίσταση του σωληνοειδούς είναι **Rσωλ=ρ** όπου **ρ** η ειδική αντίστα-ση του αγωγού από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το σωληνοειδές και **S** το

**S**

**β**

**d**

σχ.44

εμβαδό διατομής του αγωγού .Ισχύει **S=πβ2=π()2=π ,** (**β** η ακτίνα τηςδιατομής του σύρματος από το οποίο είναι κατασκευασμένο το σωληνοειδές ,**d** η διάμετρος της ίδιας διατομής)

**1.**To σύρμα από το οποίο είναι κατασκευασμένο το σωληνοειδές **ξετυλίγεται** καικατασκευάζουμε **νέο σωληνοειδές** με ακτίνα **α΄.**

Το νέο σωληνοειδές έχει:

**Ν΄** σπείρες και ισχύει  **Ν΄= **

** ίδια ωμική αντίσταση** με το αρχικό

**** μήκοςl΄που το **επιλέγουμε** εμείς**.**Αυτό μπορεί να είναιίδιο με το αρχικό

l΄= l, μικρότερο l΄< l, ή μεγαλύτερο l΄>l

Εάν στη συνέχεια διοχετεύσουμε **ρεύμα ίδιας έντασης** με το αρχικό για τα μέτρα των εντάσεων του μαγνητικού πεδίου στα κέντρα των δύο σωληνοειδών έχουμε:

αρχικά **ΒΚ=** και τελικά **Β΄Κ=** .

** , B΄K=**

**Παρατήρηση1:**Αν α΄=2α τότε:

**B΄K=** στη περίπτωση που **=****΄**

**Παρατήρηση2.**Εάν οι σπείρες εφάπτεται η μία της άλλης τότε ισχύει:

Αρχικά l=Nd

**d**

**l=Nd**

Τελικά l΄=N΄d, οπότε:

 , B΄K=

**Το συμπέρασμα** είναι ότι στην περίπτωση που οι σπείρες **εφάπτονται** και μετην υπόθεση ότι η **ένταση του ρεύματος** που διαρρέει το σωληνοειδές είναιη **ίδια ,**η **ένταση του μαγνητικού πεδίου** στο κέντρο του σωληνοειδούς παρα-μένει η επίσης **ίδια.**Αυτό ανεξάρτητα από το μήκος της νέας ακτίνας που έχει η σπείρα του σωληνοειδούς.

**Παρατήρηση3:**Αν το νέο σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα διαφορετικής έντασης από το αρχικό, δηλαδή **Ι΄≠Ι εργαζόμαστε αναλόγως**

**2.**To το σωληνοειδές **κόβεται σε δύο ίδια τμήματα**

**l, Ν, R**

**l/2, Ν/2, R/2**

**l/2, Ν/2, R/2**

**Κάθε τμήμα έχει:**

**το μισό του αριθμού των σπειρών:** Ν΄=****

**το μισό μήκος** l΄=****

**τη μισή ωμική αντίσταση** R΄=****

**2α.**Συνδέουμε το **ένα** τμήμα σε κύκλωμακαι φροντίζουμε ναδιαρρέεταιαπό ρεύμα **ίδιας έντασης** **Ι΄=Ι**

**τότε:**

για το αρχικό σωληνοειδές **ΒΚ=** και το τμήμα **Β΄Κ=**

οπότε ,****  **B΄K=**

**2β.**Συνδέουμε το **ένα** τμήμα στην ίδια τάση **V** στην οποία πριν συνδέσαμε το αρ-χικό πηνίο

**τότε:** για το αρχικό σωληνοειδές **ΒΚ=** και το τμήμα **Β΄Κ=**

μεΙσωλ= **,** και Ι΄σωλ=οπότε :



δηλαδή **B΄K=2**

**2γ.**Συνδέουμε το **ένα** τμήμα στην ίδια πηγή με Η.Ε.Δ. E και εσωτερική αντίσταση rστην οποία πριν συνδέσαμε το αρχικό πηνίο

**τότε:** για το αρχικό σωληνοειδές **ΒΚ=** και το τμήμα **Β΄Κ=**

μεΙσωλ= **,** και Ι΄σωλ=οπότε :



**B΄K> **