**Να αναπτύξετε εν συντομία το φαινόμενο Ηall, τον τρόπο προσδιορισμού της πολικότητας του φορτίου, του τύπου του ημιαγωγού, της συγκέντρωσης των φορέων και της ευκινησίας τους.**

Το φαινόμενο Hall είναι η εμφάνιση διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού (τάση Hall) στις αντιδιαμετρικές πλευρές ενός αγώγιμου ή ημιαγώγιμου υλικού, όταν διαμέσου του υλικού διέρχεται συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα, και το υλικό βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

Το φαινόμενο Hall βασίζεται στην επίδραση της δύναμης Lorentz σε κινούμενους φορείς (ηλεκτρόνια ή οπές) φορτίου q εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου B. Η διεύθυνση της δύναμης Lorentz καθορίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού από τη θέση του μέσου δακτύλου αν παραλληλίσουμε τον αντίχειρα με το μαγνητικό πεδίο και τον δείκτη με τη φορά κίνησης των φορέων (υπενθυμίζεται ότι η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων είναι αντίθετη από τη συμβατική φορά του ρεύματος). Συνεπώς, όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο κινείται κάθετα σε ένα μαγνητικό πεδίο, θα υποστεί μια δύναμη κάθετα και προς τη διεύθυνση κίνησης και προς το μαγνητικό πεδίο. Για ένα πλακίδιο πάχους d ενός ημιαγωγού n-τύπου οι φορείς είναι ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται προς τη μια πλευρά του πλακιδίου με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται θετικό φορτίο στο άλλο άκρο του πλακιδίου. Αντίστοιχα, αν ο ημιαγωγός είναι p-τύπου οι φορείς είναι οπές οι οποίες κινούνται κατά την ίδια φορά με τη συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι θετικά φορτισμένες οπές κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση με τα ηλεκτρόνια. Αυτό οφείλεται στην αντίθετη φορά κίνησης των οπών και στο αντίθετο φορτίο που αναστρέφει τη φορά της δύναμης Lorentz. Με δεδομένη την κίνηση των οπών προς το αριστερό άκρο του πλακιδίου αρνητικό φορτίο αναπτύσσεται στο δεξί άκρο του πλακιδίου.

Τελικά, με δεδομένη την κίνηση των φορέων προς την ίδια κατεύθυνση, αν μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ του δεξιού και του αριστερού άκρου του πλακιδίου, μπορούμε να προσδιορίσουμε το είδος των φορέων από το πρόσημό της. Αυτή η διαφορά δυναμικού ονομάζεται τάση Hall VH. Η τάση Hall VH υπολογίζεται συναρτήσει του μαγνητικού πεδίου Β, του ρεύματος Ι, της πυκνότητας φορέων Ν, του φορτίου των φορέων q και του πάχους του πλακιδίου d: VH = (I/qNd)\*B .

Η πυκνότητα των φορέων Ν μπορεί να προσδιοριστεί γραφικά από την κλίση της ευθείας VH-B. Ο συντελεστής Hall RH ορίζεται ως: RH = Ey/(Jx \*Bz) = (VH\*d)/(I\*B)

H **συγκέντρωση** ηλεκτρονίων σε ημιαγωγό τύπου n είναι :

 ,

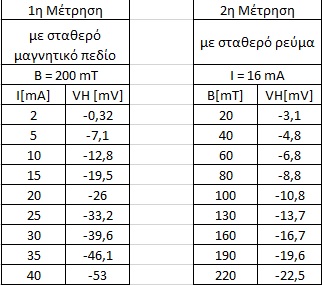
ενώ η **συγκέντρωση** οπών σε ημιαγωγό τύπου p είναι :

 ,

καθώς και η **ευκινησία** τους (οπών ή ηλεκτρονίων) δίνεται από τη σχέση :



**Να δώσετε τους πίνακες με τις μετρήσεις σας και να παρουσιάσετε αναλυτικά τον τρόπο υπολογισμού των ζητούμενων μεγεθών.**



Ο τρόπος υπολογισμού των ζητούμενων μεγεθών είναι:

1η μέτρηση με μαγνητικό πεδίο (Πίνακας 2) :

Για μία σταθερή τιμή του μαγνητικού πεδίου Β,

αυξάνουμε το ρεύμα *Ι,* που διαρρέει το πλακίδιο ενώ παράλληλα μετράμε την τάση Hall *VΗ* , κατά πλάτος του πλακιδίου.

2η μέτρηση με μαγνητικό πεδίο (Πίνακας 3) **:**

Μεταφέρουμε το καλώδιο από τη θέση Β στη θέση C. Για μία σταθερή τιμή του ρεύματος *Ι* μεταβάλλουμε το μαγνητικό πεδίο και μετράμε πάλι την τάση Hall,  *VΗ* .

**Να δώσετε τα διαγράμματα και να υπολογίσετε τα ζητούμενα μεγέθη (χρήση Εxcel ή Matlab)**

Τα διαγράμματα βρίσκονται στο αντίστοιχο αρχείο Excel.

**Να γίνει σύγκριση των πειραματικών σας τιμών της συγκέντρωσης των φορέων και της ευκινησίας που θα προκύψουν από τις μετρήσεις σας από τους πίνακες ΙΙ, ΙΙΙ και να αναφέρετε σε ποιά πειραματικά σφάλματα στις μετρήσεις σας οφείλονται οι τυχόν αποκλίσεις που θα βρείτε.**

**1η μέτρηση**



Παίρνουμε 2 διαδοχικές τιμές της τάσης Hall και της έντασης από της μετρήσεις και λύνουμε το σύστημα:



Όπου προκύπτει ότι:  και 

Άρα 

Η κλίση της ευθείας είναι 

Η σταθερά αναλογίας είναι: 

Από τη σχέση  υπολογίζουμε το φορτίο q:  

Η συγκέντρωση n των ηλεκτρονίων είναι : 

Η συγκέντρωση p των οπών είναι : 

Η ευκινησία των ηλεκτρονίων και των οπών είναι: 

Όπου 

**2η μέτρηση**



Παίρνουμε 2 διαδοχικές τιμές της τάσης Hall και του μαγνητικού πεδίου από της μετρήσεις και λύνουμε το σύστημα:



Όπου προκύπτει ότι:  και 

Άρα 

Η κλίση της ευθείας είναι 

Η σταθερά αναλογίας είναι: 

Από τη σχέση υπολογίζουμε το φορτίο q: 

Η συγκέντρωση n των ηλεκτρονίων είναι : 

Η συγκέντρωση p των οπών είναι : 

Η ευκινησία των ηλεκτρονίων και των οπών είναι: 

Όπου 

Κάποια πειραματικά ***σφάλματα*** στις μετρήσεις μας :

* Τα καλώδια στη πραγματικότητα έχουν αντίσταση ενώ εμείς θεωρήσαμε ότι η αντίσταση τους είναι μηδενική.
* Υπήρξε σφάλμα κατά την παρατήρηση την ένδειξης του οργάνου καθώς οι μεταβολές των τιμών ήταν ακαριαίες.
* Το όργανο παρουσίαζε αποκλίσεις λόγω κατασκευής του.

**Γιατί προτιμήσαμε μετρήσεις του φαινόμενου  Hall σε ημιαγωγούς αντί σε μέταλλα;**

Προτιμάμε μετρήσεις του φαινομένου Hall σε ημιαγωγούς αντί των μέταλλών , διότι η τιμή του συντελεστή Hall ,RH, είναι αντιστρόφως ανάλογη των ελεύθερων ηλεκτρονίων και άρα μεγαλύτερη στα ημιαγώγιμα υλικά .

**Να περιγράψετε τους εμπορικούς αισθητήρες μέτρησης της τιμής του μαγνητικού πεδίου με probe Hall.**

Ένας χαρακτηριστικός αισθητήρας Hall έχει τρία καλώδια ή τερματικά: ένα για τη γείωση, ένα για την τάση μπαταρίας ή αναφοράς και ένα για το σήμα εξόδου. Για να παραγάγει ένα σήμα εξόδου, ένας αισθητήρας Hall πρέπει να τροφοδοτηθεί με μια τάση αναφοράς από τον υπολογιστή του οχήματος (που μπορεί να είναι 5 έως 12 βολτ ανάλογα με την εφαρμογή). Η τάση τροφοδότησης είναι απαραίτητη για να δημιουργήσει το φαινόμενο που πραγματοποιείται μέσα στον αισθητήρα. Η αρχή λειτουργίας στην οποία είναι βασισμένοι οι αισθητήρες Hall (και έχει το ίδιο όνομα) χρονολογείται από 1879 όταν ανακάλυψε ο *Edwin H. Hall*, ένας Αμερικανός επιστήμονας, ένα νέο ηλεκτρικό φαινόμενο. Όταν εφάρμοσε ένα ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κομμάτι του μετάλλου που παρεμβλήθηκε μεταξύ δύο μαγνητών, δημιούργησε μια δευτερεύουσα τάση μέσα στο μέταλλο όταν τοποθετήθηκε υπό σωστή γωνία στην εφαρμοσμένη τάση. Η ανακάλυψη δεν είχε ευρεία πρακτική χρήση τότε, αλλά αποδείχθηκε ότι αυτή ήταν ακριβώς ό,τι οι μελλοντικοί μηχανικοί θα χρειάζονταν για να δημιουργήσουν μια συσκευή μετατροπής ικανή για ένα αποδοτικό on-off σήμα τάσης τετραγωνικής κυματομορφής. Το φαινόμενο Hall προσαρμόστηκε έτσι ώστε η αλλαγή τάσης να εμφανίζεται σε ένα τσιπ πυριτίου που τοποθετείται στη σωστή γωνία του μαγνητικού πεδίου.

Όταν ένα μεταλλικό έλασμα περνά μέσω του κενού αέρα μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και του τσιπ πυριτίου, διακόπτει το μαγνητικό πεδίο και αναγκάζει την τάση παραγωγής του τσιπ για να μειωθεί ξαφνικά στο μηδέν. Με τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος, ο αισθητήρας μπορεί να κάνει ακριβώς το αντίθετο: να παραγάγει ένα σήμα τάσης όταν περνάει το έλασμα από το μαγνητικό πεδίο. Τα πρόσθετα στοιχεία κυκλώματος ρυθμίζουν την τάση τροφοδότησης στο τσιπ και ενισχύουν την τάση εξόδου του. Σε ένα σύστημα ανάφλεξης αυτοκινήτου, τα ελάσματα τοποθετούνται στον άξονα του διανομέα, στο ρότορα, στην τροχαλία του στροφαλοφόρου άξονα ή στον εκκεντροφόρο έτσι ο αισθητήρας μπορεί να παραγάγει ένα σήμα σπινθηροδότησης ή θέσης, ή και τα δύο μαζί, καθώς ο στροφαλοφόρος άξονας περιστρέφεται. Σε μερικές εφαρμογές, μια εγκοπή σε μια τροχαλία, ένα δόντι γραναζιού ή ακόμα και ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό κουμπί εξυπηρετεί τον ίδιο σκοπό με το μεταλλικό έλασμα για να διακόψει το ”μαγνητικό παράθυρο” του αισθητήρα και να κλείσει το διακόπτη.

**Να αναφέρετε μερικές εφαρμογές του φαινομένου Ηall στην καθημερινή ζωή μας.**

H εφαρμογή του φαινόμενου Hall στην καθημερινότητα είναι ευρύτατη. Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι ένα σύγχρονο αυτοκίνητο χρησιμοποιεί 20 τουλάχιστον αισθητήρες Hall, για να ανιχνεύσει λειτουργίες που αφορούν στο δέσιμο της ζώνης ασφάλειας ή στην ταχύτητα περιστροφής του τροχού, για την απεμπλοκή του συστήματος πέδησης, όταν οι τροχοί έχουν σταματήσει να κινούνται. Οι αισθητήρες Hall μπορεί να μετρήσουν ρεύμα, μαγνητικό πεδίο, θέση, κίνηση. Όταν, για παράδειγμα, ένας αισθητήρας Hall βρίσκεται μέσα σε ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο, αν κάποιος παράγοντας επηρεάσει το μαγνητικό πεδίο του, ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει αυτή την αλλαγή, επειδή αλλάζει με ανάλογο τρόπο η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Αν ένα μεταλλικό αντικείμενο περνά με περιοδικό τρόπο δίπλα από ένα αισθητήρα Hall, τότε ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει την περιοδικότητα αυτή, π.χ. μέτρηση στροφών άξονα (εφαρμογή στα ταχόμετρα)