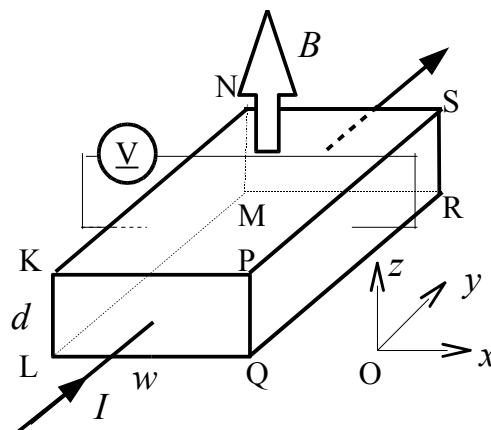


入試問題研究 第59回 2002年 奈良女子大学 ② ホール効果

自由電子が移動することによって導体には電流が流れる。導体中の自由電子の数密度(単位堆積当たりの個数) n は、その導体を特徴づける基本的な量の一つである。 n を求める実験を考えてみよう。

図のように、幅が w 、高さが d の長方形断面を持つ真っすぐな導体中を大きさ I の電流が y 軸の正の向きに流れている。導体の幅と高さの方向にそれぞれ x 軸と z 軸をとる。また、導体の両方の側面 KLMN と PQRS の間の電位差を測定できるように電圧計が接続されている。電子の電荷を $-e$ ($e > 0$) として、次の各問いに答えなさい。



問1 自由電子はすべて速さ v で y 軸に平行に運動しているものとして、電流の大きさ I を w 、 d 、 n 、 e 、 v を用いて表しなさい。

問2 この導体に z 軸正の向きに、磁束密度 B の一様な磁場をかけた。このとき、自由電子1個の受けるローレンツ力の大きさはいくらかになるか。また、力の向きは x 軸正または負のどちらか。

問3 自由電子はローレンツ力により、導体側面の一方に集まり、他方は少なくなる。この結果、両方の側面には互いに反対符号で等しい量の電荷が現れ、導体内部には x 軸方向に電場が発生する。最終的には、この電場からの力と磁場によるローレンツ力が釣りあって自由電子は問1と同じように y 軸に平行に運動する。このときの電場の強さ E を v と B を使って求めなさい。

問4 問い3で自由電子が y 軸に平行に運動するようになったとき、導体の両方の側面の間の電位差 V を測定した。自由電子の数密度 n を、この V と、 I 、 B 、 d 、 e を用いて求めよ。

入試問題研究 第59回 2002年 奈良女子大学 ② ホール効果

自由電子が移動することによって導体には電流が流れる。導体中の自由電子の数密度(単位体積当たりの個数) n は、その導体を特徴づける基本的な量の一つである。 n を求める実験を考えてみよう。

図のように、幅が w 、高さが d の長方形断面を持つ真っすぐな導体中を大きさ I の電流が y 軸の正の向きに流れている。導体の幅と高さの方向にそれぞれ x 軸と z 軸をとる。また、導体の両方の側面 KLMN と PQRS の間の電位差を測定できるように電圧計が接続されている。電子の電荷を $-e$ ($e > 0$) として、次の各問いに答えなさい。

問1 自由電子はすべて速さ v で y 軸に平行に運動しているものとして、電流の大きさ I を w 、 d 、 n 、 e 、 v を用いて表しなさい。

電流は1秒間に流れる電気量である。この定義を使って関係式を作ればよい。

1秒間に電子が動く距離が v だから、断面積 wd 、幅が v (体積 $w dv$) の中に入っている電子が、1秒間に流れる電子である。よって、 $I = w dv \times n \times e = endvw$ である。

問2 この導体に z 軸正の向きに、磁束密度 B の一様な磁場をかけた。このとき、自由電子1個の受けるローレンツ力の大きさはいくらになるか。また、力の向きは x 軸正または負のどちらか。

ローレンツ力の公式 $f = qvB \sin \theta$ より、電子が受ける力は evB (向きはフレミングの左手の法則を遣って求めれば、 x 軸正の向き) である。

問3 自由電子はローレンツ力により、導体側面の一方に集まり、他方は少なくなる。この結果、両方の側面には互いに反対符号で等しい量の電荷が現れ、導体内部には x 軸方向に電場が発生する。最終的には、この電場からの力と磁場によるローレンツ力が釣りあって自由電子は問1と同じように y 軸に平行に運動する。このときの電場の強さ E を v と B を使って表しなさい。

電子はローレンツ力(公式 $f = qvB \sin \theta$) と電場から受ける力(公式 $f = qE$) が釣りあうので $evB = eE$ の関係式が成立する。よって、発生する電場は $E = vB$ である。

問4 問3で自由電子が y 軸に平行に運動するようになったとき、導体の両方の側面の間の電位差 V を測定した。自由電子の数密度 n を、この V と、 I 、 B 、 d 、 e を用いて表しなさい。

電場は $E = \frac{V}{w}$ …① とも書ける。 $E = vB$ …②、 $I = endvw$ …③ の3つの関係が成立する

ので、①、②より、 $v = \frac{V}{wB}$ になるので、③に代入して $I = \frac{endVw}{wB}$ だから $n = \frac{IB}{edV}$ である。