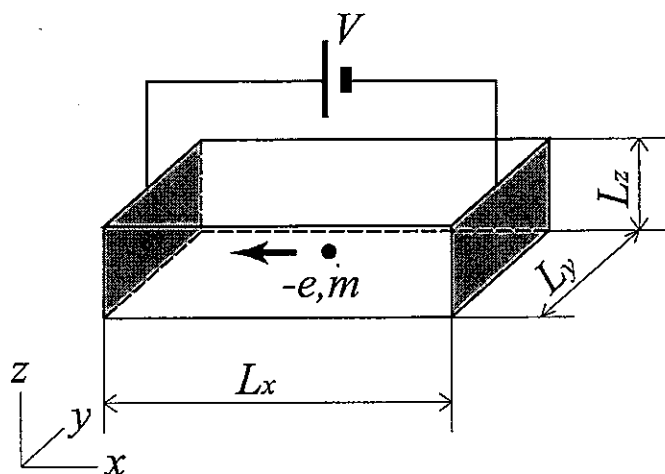


[物理学標準]

下図に示したように、 L_x , L_y , L_z の長さの直方体の x 軸方向の両側面（図で灰色に塗りつぶした部分）に、電圧 V が印加され、一様な電場が生じている。この物体中には、自由電子（電荷 $-e$, 質量 m ）が平均粒子密度 n で一様に分布している。電子間に働くクーロン相互作用を無視し、以下の問いに答えよ。



- (1) 電場による力と共に、電子には x 方向の速度 (v_x) に比例する減衰力 ($-mv_x/\tau$) が働くとする。 τ は緩和時間である。このときの電子の運動方程式を記せ。
- (2) v_x が一定になる定常状態の場合に関して、(1) で求めた運動方程式を解き、 v_x を表す式を求めよ。
- (3) 電極を単位時間に通過する電子数はいくつか。答えを v_x を用いた式であらわせ。
- (4) x 軸方向に流れる電流 I およびそのときの電気抵抗を表す式を求めよ。解答は(2)の結果を用いて、 v_x を含まない形で示せ。
- (5) $L_x=10$ cm, $L_y L_z=0.01$ mm² の銀線の電気抵抗は、 0.16 Ω であった。銀の緩和時間は何秒か。銀線の電気伝導は電子によって担われているとして、上記のモデルに基づき求めよ。解答は有効数字1桁で示せ。計算においては以下の括弧内の値を用いよ。(電子の電荷 $e=-1.6\times 10^{-19}$ C, 電子の質量 $m_e=9.1\times 10^{-31}$ kg, 銀における電子密度 5.9×10^{22} cm⁻³)
- (6) (5) で求めた緩和時間の物理的意味を述べよ。
- (7) x 方向の電場に加えて、 z 方向に磁場（磁束密度 $\vec{B}=(0, 0, B)$ ）を印加した。このとき電子はローレンツ力を受けてわずかに移動し、その結果生じる有効電場による力は、ローレンツ力とつりあいを保つ。この結果、電子の運動は、磁場が印加されていない場合と同じになる。このローレンツ力とつりあう力の源となる有効電場をホール電場と呼ぶ。ホール電場を表す式を求め、ベクトル表示で示せ。
- (8) $L_y=1$ mm, $L_z=0.01$ mm の銀薄膜に対して、 10 T の磁場（磁束密度）を z 方向に印加した状態で、 x 方向に 0.1 A の電流を流した。このとき生じるホール電場の大きさを求めよ。解答は有効数字1桁で、ベクトル表示により示せ。計算においては、(5)の括弧内に示した値を用いよ。