

Először adjuk meg a jelenség kvalitatív leírását, a hengerpalást feltöltődésének magyarázatát!

A fémbe a $q = -e < 0$ töltésű elektronok szabadon el tudnak mozdulni a fém kristályrácsához képest. Az elektronok nagyon hamar a fém pozitív töltésű kristályrácsával együtt fognak mozogni, de a rájuk ható mágneses erő hatására sugárirányban (kifelé vagy befelé) elmozdulhatnak, és ténylegesen el is mozdulnak. Ha a forgás iránya (mondjuk) olyan, hogy a \mathbf{B} vektor a balkéz-szabálynak megfelelő irányba mutat, akkor a mágneses Lorentz-erő sugárirányban *kifelé* húzza az elektronokat. Emiatt a henger felületén negatív töltések halmozódnak fel, miközben a henger belső része pozitív-vá válik. A töltésszétválás miatt kialakul egy olyan $\mathbf{E}(r)$ elektromos tér, amelyik sugárirányban kifelé mutat, tehát a henger tengelye felé húzza az elektronokat.

A sugárirányú töltésvándorlás mindaddig tart, amíg az elektromos erő nagysága el nem éri a mágneses erő nagyságát, sőt, egy kicsit túl is lépi azt, hiszen az eredő elektromágneses erőnek a körmozgást végző elektronok centripetális gyorsulást is biztosítania kell. Célunk a felületi töltéssűrűség (vagyis a hengerpalást egységnyi felületű darabjára „kiülő” töltés) nagyságának meghatározása.

A mágneses erő nagysága a henger palástjának közvetlen közelében (de még a fém belsejében): $F = |e|\omega RB$, az elektromos erő nagysága pedig $|e|E(R)$. Az m tömegű elektronok mozgásegyenlete:

$$|e|E(R) - |e|\omega RB = mR\omega^2,$$

ahonnan az elektromos térerősség a hengerpalást közvetlen közelében:

$$E(R) = \omega RB + \frac{m}{|e|}R\omega^2.$$

(A jobb oldal második tagja minden reális esetben *sok nagyságrenddel* kisebb az első tagnál, emiatt a továbbiakban az m -mel arányos kifejezést elhanyagoljuk.)

A fémhenger egésze elektromosan semleges, tehát a hengerpaláston kívül az elektromos térerősség *nulla*. A henger palástjának egy kicsiny, A felületű darabkájába a henger belsejéből $\Psi = AE(R)$ elektromos fluxus (ilyen számú elektromos erővonal) lép be, a külső oldalon pedig semennyi fluxus nem lép ki. A felület tehát az elektromos tér „nyelője”, vagyis negatív töltéseket tartalmaz. A Gauss-törvény szerint ez a töltés:

$$Q = -\varepsilon_0 \Psi = -\varepsilon_0 AE(R) = -\varepsilon_0 \omega RB A,$$

vagyis a keresett felületi töltéssűrűség:

$$\sigma = \frac{Q}{A} = -\varepsilon_0 \omega RB.$$

Mindez akkor igaz, ha a forgásirány a mágneses indukcióhoz viszonyítva „balmenetes”, vagyis a balkéz-szabálynak tesz eleget. Ellentétes forgásirány esetén a negatív töltések a henger tengelye felé mozdulnak el, és emiatt a felületi töltéssűrűség $+\varepsilon_0 \omega RB$ lesz.

Bokor Endre (Budapesti Fazekas M. Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 11. évf.)
dolgozata felhasználásával