

Úloha V.1 . . . už to teče

2 body; průměr 1,89; řešilo 53 studentů

Tenký drát s odporem $R = 100 \text{ m}\Omega$ a délkou $l = 1 \text{ m}$, který je připojen ke zdroji stejnosměrného napětí $U = 3 \text{ V}$, obsahuje ve svém objemu $N = 10^{22}$ volných elektronů, kterými přispívá k toku elektrického proudu. Určete, jak velkou průměrnou (přesněji střední) rychlostí se elektrony v drátu pohybují. *Mírek už zase slyšel, že částice ve vodiči tečou rychlostí světla.*

Prvním krokem je zjistit, jaký protéká drátem elektrický proud. To je z Ohmova zákona $I = U/R = 30 \text{ A}$. Elektrický proud je definován jako náboj, který proteče průřezem vodiče za jednotku času, tedy $I = Q/\Delta t$. Posunou-li se všechny elektrony o (střední) vzdálenost Δl ve směru vodiče, projde průřezem vodiče náboj $Q = \Delta l \cdot Q_{\text{celk}}/l$. Celkový náboj volných elektronů ve vodiči určíme jako počet elektronů krát náboj elektronu (z tabulek elementární náboj $e \doteq 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) a získáme $Q_{\text{celk}} = -1,6 \text{ kC}$. Vyjádříme z výše uvedených rovnic Δl a Δt , podělíme a získáme

$$\frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{Ql}{Q_{\text{celk}} I},$$

což můžeme upravit na

$$\frac{\Delta l}{\Delta t} \equiv v = \frac{lI}{Q_{\text{celk}}} = \frac{lU}{RNe}.$$

Dosazením zjistíme, že střední rychlost elektronů v zadaném vodiči je $v \doteq 2 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Vypustili jsme znaménko mínus, neboť směr pro nás není důležitý (elektrony se zřejmě budou pohybovat ke kladnému pólu zdroje). Vidíme, že i když teče drátem velmi vysoký proud, elektrony se rozhodně nepohybují rychlostí světla, jak by si neznalý člověk mohl naivně myslet. Poznamenejme ještě, že kdyby byl drát například měděný, došlo by téměř okamžitě k jeho přetavení.

Komentáře k došlým řešením

Velmi mě potěšilo, že u naprosté většiny řešení nebylo nic, co by bylo potřeba opravit. Častým nešvarem bylo uvádění zbytečně mnoha desetinných míst (dvě platné číslice jsou v tomto případě víc než dost). Mnoho z vás přidalo nějaký komentář k fyzikální stránce problému, například že vypočítaná rychlost je stále ještě o dva až tři řády vyšší než reálné hodnoty, nebo vypočítali, na jakou rychlost by byly elektrony urychleny daným napětím, pokud by nepůsobil elektrický odpor, případně vysvětlili rozdíl mezi driftovou rychlostí elektronů a rychlostí šíření elektrického pole, což je skutečná „rychlost elektřiny.“ Takové věci ukazují, že se zajímáte o více věcí okolo, než jen o fyzikální vzorce.

Mikuláš Matoušek
mikulas@fykos.cz

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported. Pro zobrazení kopie této licence navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.