

**13. ročník, úloha I. S ... pásová teorie (3 body; průměr ?; řešilo 63 studentů)**

Určete, kolikrát méně elektronů je ve vodivostním pásu typického izolantu (šířka zakázaného pásu je 10 eV), než v případě polovodiče (šířka zakázaného pásu křemíku je 1,12 eV) při pokojové teplotě. Předpokládejte, že v limitě vysokých teplot se koncentrace vyrovnají. Jak se tento poměr změní při zahřátí izolantu i polovodiče na teplotu 500 K?

V minulém dílu seriálu jsme uvedli přibližný vztah pro počet elektronů ve vodivostním pásu

$$n = C e^{E_g/kT},$$

kde  $k$  je Boltzmannova konstanta ( $k = 8,3 \cdot 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $T$  je termodynamická teplota a  $E_g$  je šířka zakázaného pásu (v seriálu značená  $\Delta E$ ). V tomto vztahu předpokládáme obecnou konstantu úměrnosti  $C$  charakteristickou pro každý materiál. Dle zadání víme, že v limitě vysokých teplot  $T \rightarrow \infty$  se koncentrace elektronů ve vodivostním pásu izolantu a polovodiče vyrovnají. Ze vztahu vidíme, že exponenciála jde k jedné, takže pro oba materiály předpokládáme stejnou konstantu  $C$ . Zajímáme-li se pouze o poměr koncentrací, vyšetřujeme

$$\frac{\exp\left[\frac{E_{g1}}{kT}\right]}{\exp\left[\frac{E_{g2}}{kT}\right]} = \exp\left[\frac{E_{g1} - E_{g2}}{kT}\right].$$

Dosadíme číselně a máme pro  $T = 300 \text{ K}$  výsledek  $e^{343} \approx 10^{149}$ . Triviálně můžeme dále dosadit teplotu 500 K a dostaneme poměr  $e^{206} \approx 10^{89}$ . Na závěr malou připomínku: při pohledu na výsledek zapsaný pomocí exponenciály si nikdo nedokáže hned představit, kolik to přesně je. Naši mateřskou číselnou soustavou je desítková. Proto je na místě napsat řešení tak, jak je výše naznačeno, spočítat, kolik je exponent pro základ  $e$  a poté ho vydělit přirozeným logaritmem deseti — dostaneme exponent pro základ 10. A dostaneme přímo počet řádů, o kolik se koncentrace liší.

*Tomáš Ostatnický*