

## Úloha V.1 ... náboj Země

3 body; (chybí statistiky)

*Jaký celkový náboj by musela mít Země, aby elektrony blízko jejího povrchu odlétávaly pryč?  
Jak by se tento náboj lišil pro protony?*

*Karel má rád planetární úlohy.*

Elektron blízko povrchu Země je přitahován gravitační silou

$$F_g = G \frac{m_e M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2},$$

kde  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$  je gravitační konstanta,  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  hmotnost elektronu,  $M_{\oplus} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  hmotnost Země a  $R_{\oplus} = 6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$  poloměr Země. Odstředivou sílu nemusíme uvažovat, i když Země rotuje, protože její vliv je menší než 1 % gravitační síly.

Abyste částice začala stoupat, pak je potřeba, aby elektrická síla (Coulombova) byla vyšší než gravitační, tedy

$$\begin{aligned} F_e &\geq F_g, \\ \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_e Q_{\oplus}}{R_{\oplus}^2} &\geq G \frac{m_e M_{\oplus}}{R_{\oplus}^2}, \\ Q_{\oplus} &\leq 4\pi\epsilon G \frac{m_e M_{\oplus}}{-e} \doteq -2,5 \cdot 10^{-7} \text{ C}, \end{aligned}$$

kde  $\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$  je permitivita prostředí, která je ve vzduchu velice blízká permitivitě vakua,  $q_e = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  náboj elektronu (jeden záporný elementární náboj) a  $Q_{\oplus}$  je hledaný náboj Země. Protože jsme dělili záporným  $q_e$ , znaménko v nerovnici se otočilo. Pro elektron nám vyšlo, že pokud by Země měla náboj  $-2,5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , pak by se na ní elektrony neudržely a „utíkaly“ by nám do vesmíru. Jde o minimální náboj, co se absolutní hodnoty týče. Pokud bude ještě větší (absolutně) záporný náboj, tak budou elektrony ulétávat ještě snadněji (rychleji).

Podívejme se na variantu úlohy pro protony. Ve výsledku stačí nahradit hmotnost elektronu hmotností protonu  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , náboj elektronu za náboj protonu  $q_p = -q_e = +e$  a opět otočit nerovnost. Dostáváme výsledek

$$Q_{\oplus} \geq 4\pi\epsilon G \frac{m_p M_{\oplus}}{e} \doteq 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ C}.$$

Náboj Země by musel být zhruba 1800krát větší a opačného znaménka, aby od ní odlétávaly protony, pokud situaci srovnáme s elektrony. Další zajímavé porovnání by mohlo být s autobaterií. Typická autobaterie má kapacitu řádově 70 Ah, což při plném nabití odpovídá 250 000 C. Nejde sice o dokonalou analogii a není to „odhalený náboj“, jako by to bylo u Země, ale jde spíše o potenciál toho, kolik náboje nám umožní baterie díky chemickým reakcím přenést elektrickým obvodem.

Vidíme, že Země musí být jako celek relativně dobře neutrální. I když k tomu bychom mohli dojít logickou úvahou. Pokud by totiž celkový náboj Země stačil na to, aby nějaký typ částic

odlétával, tak by přicházela o náboj tohoto znaménka odlétáním těchto částí, až by se její celkový náboj opět vrátil přibližně do neutrální stavu.

*Karel Kolář*  
karel@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace 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/>.