

## Seminární úlohy 1

1. Neutrina produkovaná urychlovačem SPS v CERNu se registrují podzemním detektorem OPERA v laboratoři Gran Sasso vzdálené přibližně 730 km. Maximální chyba stanovení času vzniku a času detekce neutrina je 10 ns. Jak přesně je nutno znát vzdálenost mezi urychlovačem SPS a detektorem OPERA aby bylo možné spolehlivě detekovat překročení rychlosti světla ve vakuu ( $c = 299\,792\,458$  m/s) o tisícinu procenta.

*Řešení:*

Rychlost neutrin je

$$c = \frac{l}{\Delta t}, \quad (1)$$

kde  $l = 730$  km a  $\Delta t = t_d - t_e$  je rozdíl času emise  $t_e$  a času detekce  $t_d$  neutrina. Maximální relativní chyba určení rychlosti je

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{\varepsilon_{\Delta t}}{\Delta t} + \frac{\varepsilon_l}{l}. \quad (2)$$

Maximální chyba určení času emise a detekce je stejná a označíme jí  $\varepsilon_t$ , tj.  $\varepsilon_t = \varepsilon_{te} = \varepsilon_{td} = 10$  ns.

Potom maximální chyba určení časového intervalu  $\Delta t$  je

$$\varepsilon_{\Delta t} = 2 \varepsilon_t. \quad (3)$$

Dosazením  $\Delta t$  vyjádřeného z rovnice (1) a  $\varepsilon_{\Delta t}$  z rovnice (3) do rovnice (2) dostáváme pro maximální relativní chybu určení rychlosti

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{2\varepsilon_t}{l}c + \frac{\varepsilon_l}{l}. \quad (4)$$

odtud vyjádříme maximální relativní chybu vzdálenosti

$$\varepsilon_l = l \frac{\varepsilon_c}{c} - 2\varepsilon_t c. \quad (5)$$

Po dosazení číselných hodnot  $\varepsilon_t = 10$  ns,  $c = 299\,792\,458$  m/s,  $l = 730$  km,  $\frac{\varepsilon_c}{c} = 10^{-5}$  dostáváme

$$\varepsilon_l = 1.3 \text{ m}.$$

Tedy maximální chyba vzdálenosti musí být menší než 1 m.