

## 素粒子物理学 宿題 3

61908697 佐々木良輔

(1)

ガスチェレンコフカウンタで 10 GeV の  $\pi^\pm$  と  $K^\pm$  を識別するには図 1 の青線の範囲に  $1/n$  を収めれば  $\pi^\pm$  のみがチェレンコフ放射を起こすため識別できる. ここで 10 GeV における  $\pi^\pm$  と  $K^\pm$  の  $\beta$  はそれぞれ

$$\beta_{\pi^\pm} = \frac{p}{\sqrt{m^2 + p^2}} = \frac{10}{\sqrt{0.14^2 + 10^2}} \frac{\text{GeV}}{\text{GeV}} \simeq 0.99990$$

$$\beta_{K^\pm} = \frac{10}{\sqrt{0.5^2 + 10^2}} \simeq 0.99875$$

なので

$$0.99875 < \frac{1}{n} \leq 0.99990$$

$$\therefore 1.00009 \leq n < 1.00125$$

となる. ここで空気の屈折率は

$$n = 1 + 0.000273 \frac{p}{\text{atm}}$$

で与えられるため

$$0.358957 \leq p / \text{atm} < 4.5787$$

の圧力範囲の空気を充填することで  $\pi^\pm$  と  $K^\pm$  を識別できる.

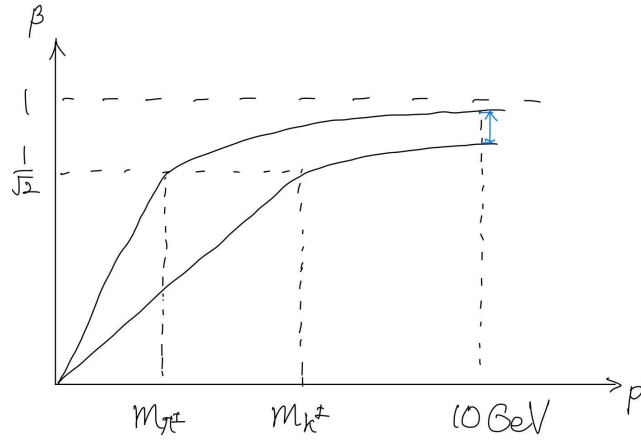


図 1  $1/n$  の範囲

(2)

1 GeV における  $\pi^\pm$  と  $K^\pm$  の  $\beta$  は

$$\beta_{\pi^\pm} = \frac{1}{\sqrt{0.14^2 + 1^2}} \simeq 0.990341$$

$$\beta_{K^\pm} = \frac{1}{\sqrt{0.5^2 + 1^2}} \simeq 0.894427$$

なので Si 単位系での速度は

$$v_{\pi^\pm} = \beta_{\pi^\pm} c \simeq 2.99896 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{K^\pm} \simeq 2.68142 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

したがって 1 m の検出器を通過するのに要する時間  $t_{\pi^\pm}$ ,  $t_{K^\pm}$  はそれぞれ

$$\Delta t_{\pi^\pm} = \frac{1}{v_{\pi^\pm}} \simeq 3.36817 \text{ ns}$$

$$\Delta t_{K^\pm} \simeq 3.72936 \text{ ns}$$

であり

$$|t_{\pi^\pm} - t_{K^\pm}| \simeq 361.188 \text{ ps}$$

となる. 検出器の時間測定精度が  $\sigma_t = 50 \text{ ps}$  であることから, 始点と終点での 2 回の測定で最悪 100 ps の誤差が入ったとしても 1 GeV の  $\pi^\pm$  と  $K^\pm$  を識別できる.

次に 10 GeV の場合, 前問の結果を用いれば

$$v_{\pi^\pm} \simeq 2.99763 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{k^\pm} \simeq 2.99418 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

より

$$\Delta t_{\pi^\pm} \simeq 3.33596 \text{ ns}$$

$$\Delta t_{k^\pm} \simeq 3.33980 \text{ ns}$$

したがって

$$|t_{\pi^\pm} - t_{k^\pm}| \simeq 3.84007 \text{ ps}$$

となる. 検出器の時間測定精度が  $\sigma_t = 50 \text{ ps}$  であることから, この検出器では  $10 \text{ GeV}$  の  $\pi^\pm$  と  $K^\pm$  を識別できない.