

高エネルギー実験 演習問題

1 (必答) 真空中で高エネルギーガンマ線は電子陽電子に崩壊しないことを相対論的運動学から導け。

2 (必答) 次のような固定標的実験 $p+p \rightarrow p+p+p+\bar{p}$

が起きる加速器のエネルギーしきい値を計算せよ。ここで p は陽子、 \bar{p} は反陽子である。陽子、反陽子の質量を 1GeV としてよい。

この反応を重心系で見たとき、ターゲット陽子の速さは光速の何倍となるか計算せよ。また終状態の反陽子の実験室系での運動量の大きさを mp と c を用いて表せ。

3 宇宙線 (陽子) のエネルギーの上限値は、約 $3K^{\circ}$ の宇宙背景放射 γ 線が、陽子と相互作用を起こし、中性 π 中間子 π^0 が生成する次のような反応によって決まると考えられている。 $\gamma + p \rightarrow \pi^0 + p$

このような反応が起こるための陽子のしきい値を計算せよ。このしきい値のことを GZK カットオフと呼ぶ。

4 電子陽電子衝突型加速器で、次のような反応が起こるための電子と陽電子のエネルギーのしきい値をヒッグス粒子の質量の関数として表せ。

$e^+ + e^- \rightarrow Z^0 + H$ ここで、 Z^0 は中性ウイークボゾン、 H はヒッグス粒子を表す。

5 LHCは、 7TeV と 7TeV の陽子を衝突させる加速器である。固定標的実験で、この重心系のエネルギーを達成するには、陽子のエネルギーはいくらにしなければならないか。

6 Bファクトリーは、非対称エネルギーの電子陽電子衝突型加速器である。重心系のエネルギーを、 $\Upsilon(4S)$ の質量 (10.56GeV) にするために、衝突させる電子のエネルギーを 8GeV とすると、陽電子のエネルギーは何 GeV にすればよいか。

7 高エネルギー電子が可視光光子と衝突して、光子が後方に散乱されるとき持つ最大のエネルギーを入射電子エネルギーの関数として計算せよ。

8 左手座標系で $+z$ 方向に磁束密度の大きさが $B(\text{Wb}/\text{m}^2)$ の一様磁場を掛けたとすると、運動量の大きさが Pp ($\text{kg m}/\text{s}$) の高エネルギー陽子が x 軸上を $+x$ 軸方向に磁場と垂直に入射したら、陽子は回転運動を始める。その回転軸と回転の方向、磁場の方向、陽子の運動方向を図を描き説明せよ。回転運動の半径 R を Pp, B, e を用いて表せ。

9 高エネルギー宇宙線分布のKneeとAnkleに対応する物理過程をしきい値から計算し決定せよ。