

Description of Cherenkov Light Production in Extensive Air Showers

The subject of this thesis is description of Cherenkov light production in extensive air showers for calculating analytically the Cherenkov light contribution in light profiles measured by air shower experiments using the fluorescence technique, in particular the Pierre Auger Observatory. The ansatz of the developed analytical Cherenkov model is based on parameterisations of the normalised electron energy spectra in shower age and the angular distribution of produced Cherenkov photons with respect to the shower axis. The former is shown to be universal for showers of energies larger than 10^{18} eV, and thus neither depend on primary energy nor on primary particle type, and depends only on the shower age. The latter is motivated by the underlying energy dependent electron angular distribution and takes into account the resultant dependence on shower age, and the height dependence implicated by the energy threshold of the Cherenkov effect depending on the refractive index changing in the atmosphere. Compared to Monte Carlo simulations, this ansatz predicts the Cherenkov light production in extensive air showers of very high energies universally at high accuracy of a few percent within shower-to-shower fluctuations. By this new model, a significant and systematic improvement of prediction is achieved compared to the previous approach. Applying this new analytical description for Auger data analysis results in significant and systematic (depending on viewing angle) differences in reconstructed primary parameters. For this study, the whole available fluorescence data set has been reconstructed and the impact due to the new model is studied on an event-by-event basis. Apart from an improvement of systematic uncertainties in event reconstruction, a larger reconstruction efficiency is expected when using the parameterisation of Cherenkov light production introduced in this work.

Beschreibung von Tscherenkovlicht-Produktion in ausgedehnten Luftschauern

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Beschreibung von Tscherenkovlicht-Produktion mit dem Ziel einer effizienten analytischen Berechnung des Tscherenkovlicht-Beitrags in longitudinalen Schauerprofilen, die mit Luftschauer-Experimenten, wie dem Pierre Auger Observatorium, basierend auf der Fluoreszenztechnik gemessen werden. Der Ansatz dieses neuen analytischen Tscherenkov-Modells basiert auf Parametrisierungen der normierten Elektronenenergiespektren und der Winkelverteilung der produzierten Tscherenkov-Photonen relativ zur Schauerachse. Es wird gezeigt, daß erstere für Energien oberhalb von 10^{18} eV universal ist, d.h. weder von der Primärenergie noch vom Primärteilchentyp, sondern lediglich vom Schaueralter abhängt. Die Parametrisierung der Photonwinkelverteilung ist motiviert durch die energieabhängige Winkelverteilung der zugrunde liegenden Elektronen und berücksichtigt die resultierende Schaueralter- und Höhenabhängigkeit, wobei letztere durch den mit der Höhe variablen Brechungsindex impliziert wird. Die Tscherenkovlicht-Produktion in ausgedehnten Luftschauern sehr hoher Energien wird mit diesem Ansatz universal und innerhalb der Schauer- zu-Schauer-Fluktuationen mit hoher Genauigkeit von wenigen Prozent im Vergleich zu den Monte Carlo-Simulationen vorhergesagt. Das entwickelte Modell stellt eine signifikante sowie systematische Verbesserung bisher existierender Ansätze dar. Die Verwendung dieser neuen analytischen Beschreibung für die Auger-Ereignis-Rekonstruktion resultiert in signifikanten und systematischen (abhängig vom Beobachtungswinkel) Unterschieden in rekonstruierten Primärparametern. Für diese Untersuchung ist der gesamte zur Verfügung stehende Auger-Fluoreszenz-Datensatz rekonstruiert worden und der Einfluß durch das neue Modell wird Ereignis für Ereignis untersucht. Unter Verwendung der in dieser Arbeit eingeführten Parametrisierung der Tscherenkovlicht-Produktion ist neben der Verbesserung der systematischen Unsicherheit in der Ereignis-Rekonstruktion auch eine größere Rekonstruktions-Effizienz zu erwarten.