

Übungsblatt 0

Dr. Markus Roth, Max Stadelmaier
Institut für Astroteilchenphysik

03.11.2020
Gesamtpunktzahl: 0

Nützliches

Der Umgang mit Daten und deren Visualisierung ist ein integraler Bestandteil der modernen Physik. Es ist daher empfohlen, sich mit den folgenden Tools und Sprachen vertraut zu machen, da diese in der Teilchen- und Astroteilchenphysik alltäglich in Gebrauch sind. Anleitungen zur Installation, bzw. Hilfestellung für erste Schritte sind jeweils verlinkt.

ROOT

ROOT ist eine frei zugängliche in C++ implementierte CERN-Software zur Datenanalyse und Illustration. Viele Roh- und Enddaten in der Astroteilchenphysik und Hochenergiepartikelphysik werden im gleichnamigen ROOT-Format zur Verfügung gestellt [1].

Bash

Unter Bash versteht man eine Shell, sowie eine Skriptsprache [2]. Mit Bash lassen sich in der Konsole u.a. Dateioperationen durchführen und Programme verwalten.

Python

Python ist eine moderne und weit verbreitete Skriptsprache, welche sich heutzutage Dank einer Vielzahl von installierbaren Paketen hervorragend für Datenanalyse und Illustration eignet. Insbesondere die Nutzung von Python3 wird ausdrücklich empfohlen [3]. Pakete können auf Unixsystemen mittels pip3 [4] installiert werden.

Python-Pakete

Die meisten Python-Pakete können in der Kommandozeile mit folgendem Befehl installiert werden:

```
pip3 install <Paketname>
```

Hilfreiche Pakete sind unter anderen:

- UPROOT [5] (Lesen und Schreiben von ROOT-Dateien)
- PYROOT [6] (Lesen und Schreiben von ROOT-Dateien, ROOT-Installation erforderlich)
- H5PY [7] (Lesen und Schreiben von HDF5-Dateien)
- MATPLOTLIB [8] (sehr umfangreiche Plotbibliothek)
- NUMPY [9] (sehr umfangreiche Algebra- und Numerikbibliothek)
- GLOB [10] (erleichtert das Suchen und Aufrufen von Dateien)
- ITERTOOLS [11] (vereinfacht verschachteltes Iterieren)
- ASTROPY [12] (Toolkit für Astronomie und Astrophysik)

1 Astronomische Koordinaten

Um Ereignisse wie z.B. hochenergetische kosmische Strahlen geometrisch einzuordnen, bedient man sich in der Fachliteratur verschiedener Koordinatensysteme und Konventionen. Alle Koordinatensysteme sind aufgrund der geometrischen Gegenbenheiten durch Polarkoordinaten gegeben. In Anlehnung an geographische Koordinaten wird oft von Länge und Breite geredet, oft aber auch von Rektaszensions- und Deklinationswinkeln [13], wobei verschiedene Konventionen für Einheiten und Koordinatenursprung geläufig sind. Hinweise finden Sie in Tab. 1.

Im Folgenden sollen das Virgo-Cluster [14], der Frühlingspunkt [15], das galaktische Zentrum und die galaktische Ebene in verschiedenen Koordinaten ausgedrückt und visualisiert werden.

- (I) Das Virgo-Cluster befindet sich bei einer Rektaszension von $12^{\text{h}} 27^{\text{m}}$ und Deklination von $12^{\circ} 43'$. Geben Sie Koordinaten in Radiant und Grad im äquatorialen und im galaktischen Koordinatensystem an.
Hinweis: Nutzen Sie ein geeignetes Umrechnungswerkzeug [16].
- (II) Der Frühlingspunkt bestimmt die Koordinatenmitte im ekliptischen und äquatorialen Koordinatensystem. Erklären Sie die Definition des Frühlingspunktes (ggf. mit Skizze) und geben Sie dessen Koordinaten im galaktischen und supergalaktischen Koordinatensystem an.
- (III) Erstellen Sie je ein Schaubild in äquatorialen, galaktischen und supergalaktischen Koordinaten, auf dem der Frühlingspunkt, das Virgo-Cluster, das galaktische Zentrum und die galaktische Ebene erkennbar sind.

2 Das Spektrum kosmischer Strahlen

Analysieren Sie einen Ausschnitt des Spektrums kosmischer Strahlen. Laden Sie sich hierzu einen Teil der von KASCADE [18] gesammelten Daten hier [19] herunter. Extrahieren Sie die Werte der rekonstruierten Energie der kosmischen Strahlen aus der vorliegenden ROOT- oder HDF5-Datei, und stellen Sie die Werte in einem Histogramm dar. Erklären Sie, was Ihnen auffällt, und wie vorliegendes Verhalten zu Stande kommt.

Tabelle 1: Eigenschaften verschiedener astronomischer Koordinatensysteme

System	Long.	Lat.	Horizont	(0° , 0°)
Äquatorial	α (R.A.)	δ (Dekl.)	Äquatorebene	Frühlingspunkt
FK5	α (R.A.)	δ (Dekl.)	Äquatorebene	Äquinoktialpunkt 01.Jan.2000
Ekliptisch	λ	β	Ebene des Sonnensystems	Frühlingspunkt
Galaktisch	l	b	galaktische Ebene	galaktisches Zentrum
Supergalaktisch	SGL	SGB	supergalaktische Ebene	Schnittpunkt gal. u. supergal. Ebene

Hilfestellung

Transformierung

Benutzen Sie zum Transformieren verschiedener Koordinatensysteme das Paket ASTROPY. Versuchen Sie, das folgende Beispiel in der Python3-Konsole nachzurechnen:

```
In [0] >>> import numpy as np
In [1] >>> import astropy.coordinates as apc
In [2] >>> import astropy.units as u
In [3] >>> my_point= apc.SkyCoord(ra=np.deg2rad(30.)*u.rad, dec=np.deg2rad(45.)*u.rad)
In [4] >>> my_point
Out [5] <SkyCoord (ICRS): (ra, dec) in deg
Out [6]      (30., 45.)>
In [7] >>> my_point.transform_to("galactic")
Out [8] <SkyCoord (Galactic): (l, b) in deg
Out [9]      (135.46534339, -16.19672048)>
```

Es gilt also, für die Transformation T , die von äquatorialen nach galaktischen Koordinaten transformiert,

$$T : (\alpha, \delta) \rightarrow (l, b),$$
$$T(30^\circ, 45^\circ) = (135.47^\circ, -16.2^\circ).$$

Polarkoordinaten

Schaubilder in Polarkoordinaten können in Matplotlib durch Auswahl einer Projektion realisiert werden:

```
import matplotlib.pyplot as plt
...
plt.subplot(111, projection="aitoff")
plt.plot(x, y)
...
```

Die Koordinaten x , und y werden zwischen $-\pi$ und π erwartet. Mögliche Projektionsmethoden sind: AITOFF, HAMMER, LAMBERT, MOLLWEIDE [17].

Extrahieren von Daten in Python

Das folgende Miniskript öffnet Die Datei `events.root` und extrahiert eine Liste von Werten, die im enthaltenen Tree array unter E gespeichert sind.

```
import uproot as ur
import numpy as np

with ur.open("events.root") as root_file:

    print(root_file.keys())
    print(root_file["array"].keys())
    print(root_file["array"].array("E"))

    energies_from_root = root_file["array"].array("E")
```

Analog zum ersten Beispiel wird hier die Liste mit den Werten der rekonstruierten Energie aus der Datei `events.h5` ausgelesen. Die Datenstruktur ist leicht abgewandelt, u.a. werden alle Observablen in einer Matrix unter der Kategorie array gespeichert - die Energie ist hierbei an dritter Stelle (Index 2) zu finden (siehe `info.txt`).

```
import h5py
import numpy as np

with h5py.File("events.h5", "r") as hdf5_file:
```

```
print(hdf5_file.keys())
print(hdf5_file["array"])
print(hdf5_file["array"][:])

energies_from_hdf5 = np.array([entry[2] for entry in hdf5_file["array"]])
```

Einzelnachweise

- [1] ROOT, CERN Software. Homepage und Installationsanleitung: <https://root.cern.ch/>
- [2] Bash, Shell / Skriptsprache. Cheatsheet: <https://devhints.io/bash>
- [3] Python, Skriptsprache. Homepage: <https://www.python.org/>
- [4] PIP3, Python Paketverwaltung. Homepage: <https://pip.pypa.io/en/stable/>
Installationsanleitung (Ubuntu): <https://linuxize.com/post/how-to-install-pip-on-ubuntu-18.04/>
- [5] uproot <https://pypi.org/project/uproot/>
- [6] pyroot <https://root.cern.ch/pyroot>
- [7] h5py <https://pypi.org/project/h5py/>
- [8] matplotlib <https://pypi.org/project/matplotlib/> Dokumentation https://matplotlib.org/api/pyplot_api.html
- [9] numpy <https://pypi.org/project/numpy/>
- [10] glob Schema erklärt: [https://en.wikipedia.org/wiki/Glob_\(programming\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Glob_(programming))
- [11] itertools bei python.org: <https://docs.python.org/3/library/itertools.html>
- [12] astropy Webseite: <https://www.astropy.org/>
- [13] astronomische Koordinatensysteme, engl. Wikipedia:
https://en.wikipedia.org/wiki/Celestial_coordinate_system#Coordinate_systems
- [14] Virgo-Cluster, engl. Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Virgo_Cluster
- [15] Frühlingspunkt, Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Fr%C3%BChlingspunkt>
- [16] Astronomische Koordinaten im Tool ASTROPY: <https://docs.astropy.org/en/stable/coordinates/>
- [17] Geographische Projektionen in der Matplotlib-Dokumentation:
https://matplotlib.org/3.1.0/gallery/subplots_axes_and_figures/geo_demo.html
- [18] KASCADE am KIT: <https://www.ikp.kit.edu/kascade/index.php>
- [19] zip-File: <https://web.ikp.kit.edu/stadelmaier/kcdc.zip>