



Opus Facere

Laboratorio Territoriale per l'Occupabilità

PROGETTO con INFN

Cosmic Rays Data Analysis: insegnando Python con un Jupyter Notebook

B. Martelli, F. Noferini , C. Pellegrino, E. Ronchieri, C. Vistoli

INFN TTLab

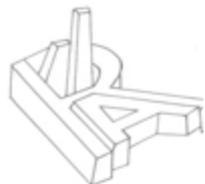
Laboratorio di Trasferimento Tecnologico dell'INFN in Emilia Romagna

Abstract

Nel seminario sarà presentata l'attività svolta nell'ambito del progetto di alternanza scuola-lavoro con una classe del liceo Righi. Si discuterà in primo luogo del caso d'uso dell'analisi dati proposta agli studenti: **raggi cosmici misurati con i rivelatori EEE**. Saranno inoltre forniti i dettagli del setup dello **Jupyter Notebook installato nella cloud del CNAF**: installazione, configurazione e autenticazione degli studenti. E infine saranno riportati alcuni esempi dell'attività di programmazione con **Python** svolta dai ragazzi.

Il programma e gli obiettivi dell'attività

L'attività nell'ambito di ASL



PROGETTO DI ALTERNANZA SCUOLA-LAVORO A.S. 2018/2019

TITOLO DEL PROGETTO: COSMIC RAYS DATA ANALYSIS

EVENTUALI DISCIPLINE COINVOLTE: INFORMATICA, FISICA, MATEMATICA



Opus Facere

Laboratorio Territoriale per l'Occupabilità

PROGETTO con INFN

TUTOR ESTERNI: BARBARA MARTELLI, FRANCESCO NOFERINI, CARMELO PELLEGRINO, ELISABETTA RONCHIERI E CRISTINA VISTOLI

TUTOR INTERNO: PROF.SSA BOSCHETTI AGNESE

L'ATTIVITÀ VIENE SVOLTA DA: CLASSE 4R COMPOSTA DA 28 ALUNNI



L'attività è stata svolta nel 2019 (nel 2018 avevamo già svolto un'attività simile come primo tentativo) con una **quarta del liceo Righi di Bologna a indirizzo informatico**.

L'attività è stata svolta nell'aula informatica del liceo → **ogni studente con un proprio PC**

Totale numero di studenti coinvolti nei due anni → 75

Idea del progetto

- Introdurre studenti liceali alla programmazione python
 - Utilizzo di un jupyter notebook:
 - Accesso al notebook via interfaccia web (nessun requisito per l'utente)
 - Tutte le librerie necessarie pre-installate sul notebook (server al CNAF)
 - Dati direttamente accessibili sul server
- Analisi dati di fisica (raggi cosmici) → utilizzo dati di EEE acquisiti con i telescopi di Bologna a febbraio 2019
 - fisica dei raggi cosmici e tecniche di misura
 - Nozioni su distribuzioni statistiche (Gaussiana, esponenziale, ...)
 - Esperimento EEE

Struttura del corso

Modulo 1:

- Introduzione a Jupyter
- Linguaggio Markdown
- Introduzione a Python
- Compito 1

Modulo 2:

- Soluzione Compito 1
- Lavorare con i dati
- Compito 2

Modulo 3:

- Soluzione Compito 2
- Progetto e svolgimento in aula

I primi 2 giorni il compito era da terminare a casa. Il giorno seguente era prevista una correzione.

Svogilimento del corso

Il corso si è svolto durante tre mattinate piene in orario scolastico condensate in due settimane contigue (**esperienza positiva nel condensare l'attività in un corso intensivo**).

Luogo: aula informatica del liceo Righi (**ottimo supporto perché il referente del liceo era il docente di informatica!**)

Gli studenti avevano accesso al notebook anche da casa (**la gestione di un server al CNAF + autenticazione via github ha risolto numerosi problemi nella gestione del notebook jupyter**)

In **rosso** i miei commenti nel confronto con l'esperienza dell'anno precedente.

1. Nozioni di python fornite

- Introduzione a Python
 - Concetti base (tipi di dati, espressioni, variabili, stringhe)
 - Strutture dati (liste, tuple, dictionary)
 - Fondamenti di programmazione (liste, if, ciclo for, ciclo while, funzioni e moduli)
- Lavorare con i dati
 - Introduzione alle librerie NumPy, matplotlib, pandas

N.B. Gli studenti seguivano già un corso di C nell'ambito del loro curriculum di studi.

2. Nozioni sui raggi cosmici e EEE

- I raggi cosmici e loro scoperta
- L'importanza dei raggi cosmici nella fisica moderna
- Il rivelatore e i dati che misuriamo
- La misura delle distribuzioni angolari dei muoni
- La misura della velocità dei muoni (\sim velocità della luce)
- Il decadimento del muone e sua vita media

Il setup → Cloud@CNAF

Il tenant EEE @ CNAF

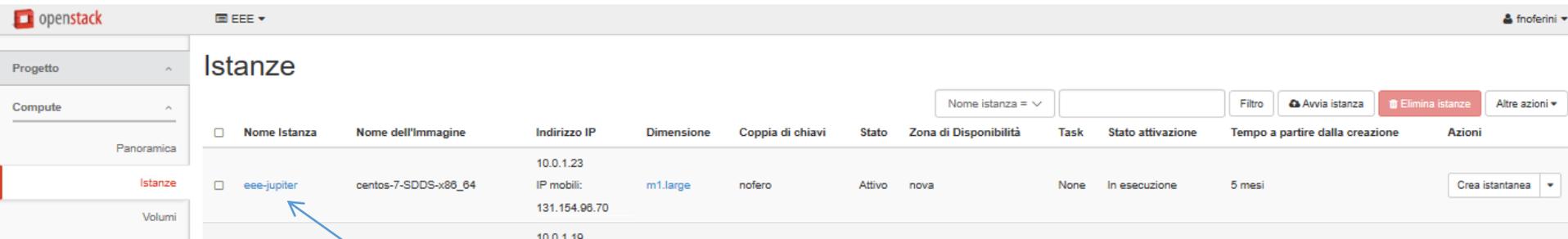
Istanze

Nome istanza =

<input type="checkbox"/>	Nome Istanza	Nome dell'Immagine	Indirizzo IP	Dimensione	Coppia di chiavi	Stato	Zona di Disponibilità	Task	Stato attivazione	Tempo a partire dalla creazione	Azioni
<input type="checkbox"/>	eee-jupiter	centos-7-SDDS-x86_64	10.0.1.23 IP mobili: 131.154.96.70	m1.large	nofero	Attivo	nova	None	In esecuzione	5 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	enrico1	-	10.0.1.19 IP mobili: 131.154.96.116	d1.small	monviso-enrico	Attivo	nova	None	In esecuzione	9 mesi, 2 settimane	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	eee-web	eee-web_23052017	10.0.1.18 IP mobili: 131.154.96.193	m1.medium	nofero	Attivo	nova	None	In esecuzione	1 anno, 6 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	eee-mc2	eee-analisi-user_23052017	10.0.1.17	m1.large	nofero	Attivo	nova	None	In esecuzione	1 anno, 7 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	eee-mc	-	10.0.1.13	m1.xlarge	-	Attivo	nova	None	In esecuzione	3 anni, 2 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	eee-fe	-	10.0.1.8 IP mobili: 131.154.96.155	m1.medium	-	Attivo	nova	None	In esecuzione	3 anni, 8 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	eee-analisi-user	-	10.0.1.6 IP mobili: 131.154.96.182	eee-analysis	-	Attivo	nova	None	In esecuzione	3 anni, 8 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾
<input type="checkbox"/>	eee-analisi	-	10.0.1.2 IP mobili: 131.154.96.185	m1.large	-	Attivo	nova	None	In esecuzione	3 anni, 8 mesi	<input type="button" value="Crea istantanea"/> ▾

Macchina jupiter nel tenant EEE

Grazie al support del servizio CLOUD@CNAF!!!!!!



Nome Istanza	Nome dell'Immagine	Indirizzo IP	Dimensione	Coppia di chiavi	Stato	Zona di Disponibilità	Task	Stato attivazione	Tempo a partire dalla creazione	Azioni
eee-jupiter	centos-7-SDDS-x86_64	10.0.1.23 IP mobili: 131.154.96.70 10.0.1.19	m1.large	nofero	Attivo	nova	None	In esecuzione	5 mesi	Crea istantanea

EEE disk (gpfs) disponibile sulla macchina jupiter
→ Accesso ai dati EEE

Abbiamo creato un'istanza (eee-jupyter) all'interno del tenant EEE per poter accedere direttamente ai dati EEE → in realtà abbiamo fornito le informazioni più interessanti in formato CSV per rendere più efficiente le loro analisi.

eee-jupyter: 4 VCPU, 8GB RAM, ip statico e porta 8000 abilitata dall'esterno
Centos7
servizi installati: jupyter notebook, jupyter hub

Jupyter Hub

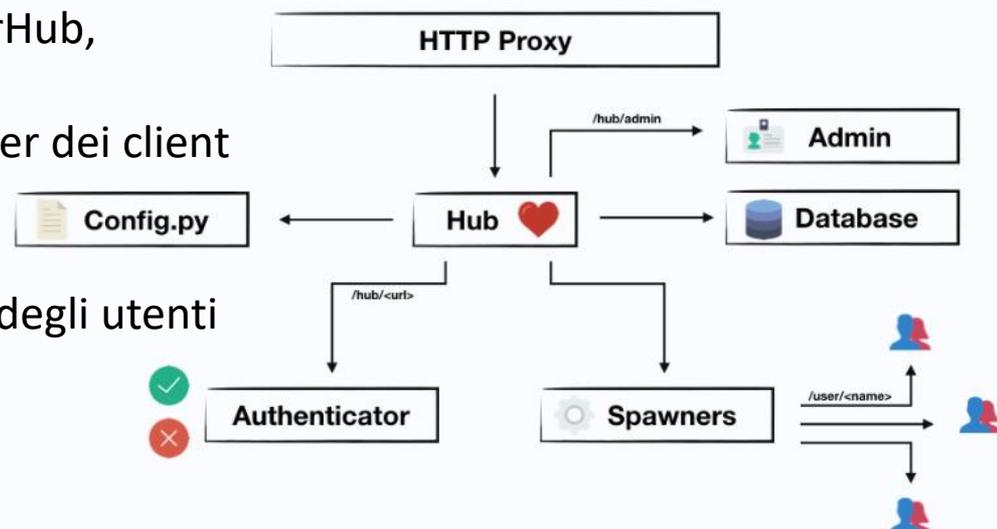


Jupyter Notebook, utilizzato nel 2018, è stato sostituito con Jupyter Hub: progetto open source che fornisce una serie di benefici:

- multiutente: ogni utente ha accesso ad un Jupyter notebook privato che accede a risorse condivise (cpu, storage, dati)
- scalabile: ideato per essere installato su infrastrutture cloud o container based, scala in modo trasparente
- facilmente integrabile con sistemi di autenticazione esterni (per esempio basati su OAuth)

Componenti:

- **Hub** (tornado process) cuore di JupyterHub, coordina le altre componenti
- **http proxy** riceve le richieste dai browser dei client
- vari **single-user Jupyter notebook servers** monitorati dagli Spawners
- **authentication class** gestisce l'accesso degli utenti al sistema



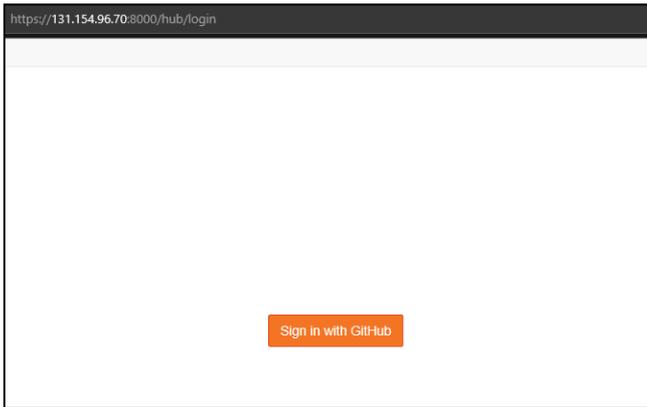
Jupyter Hub autenticato con GitHub

- L'autenticazione degli utenti avviene tramite GitHub OAuth
 - <https://github.com/jupyterhub/oauthenticator>
 - necessario creare applicazione su GitHub
 - «developer settings» → OAuth Application
- Se l'utente non esiste, viene creato nel DB di Jupyter Hub e contemporaneamente viene creato un utente con lo stesso nome sul sistema operativo (comprensivo di home directory, sui cui vengono salvati i notebook).
- <https://jupyterhub.readthedocs.io/en/stable/reference/config-ghoauth.html>
- Lo studente che accede a Jupyter Hub per la prima volta, viene dirottato all'autenticatore Git Hub
 - necessario che crei un account su Git Hub (in questo caso è didattico)
 - ha senso pensare ad un'integrazione con un IdP INFN per corsi futuri?

Sessione utente

Ogni utente aveva una propria sessione autenticandosi con un account github:

- Propria home sul server
 - Area lavoro
 - macro
- Proprie istanze jupyter



File e istanze dell'utente



Area amministratore

User (39) ^	Admin v	Last Seen d	Running (1) d		
<input type="text" value="Add Users"/>			<input type="button" value="Start All"/>	<input type="button" value="Stop All"/>	<input type="button" value="Shutdown Hub"/>
bmartell	admin	3 months ago	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>
carmelopellegrino	admin	4 months ago	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>
centos	admin	Never	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>
joda70	admin	3 months ago	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>
noferini	admin	a few seconds ago	<input type="button" value="stop server"/>	<input type="button" value="edit"/>	
ronchieri	admin	Never	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>
		3 months ago	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>
		4 months ago	<input type="button" value="start server"/>	<input type="button" value="edit"/>	<input type="button" value="delete"/>

Come amministratori potevamo vedere e controllare le istanze di tutti gli utenti.

→ Utile per evitare il proliferare di istanze non utilizzate che sovraccaricavano il carico sul server.

I dati e le analisi di fisica



A. ZICHICHI, Progetto "La Scienza nelle Scuole"

EEE – Extreme Energy Events

Società Italiana di Fisica (SIF), Bologna

1st Ed. 2004; 2nd Ed. 2005

3rd Ed. 2012, 4th Ed. 2014



Collaborazione

Centro Fermi

CERN

INFN

MIUR

SIF



Evento lanciato il 3 maggio 2004

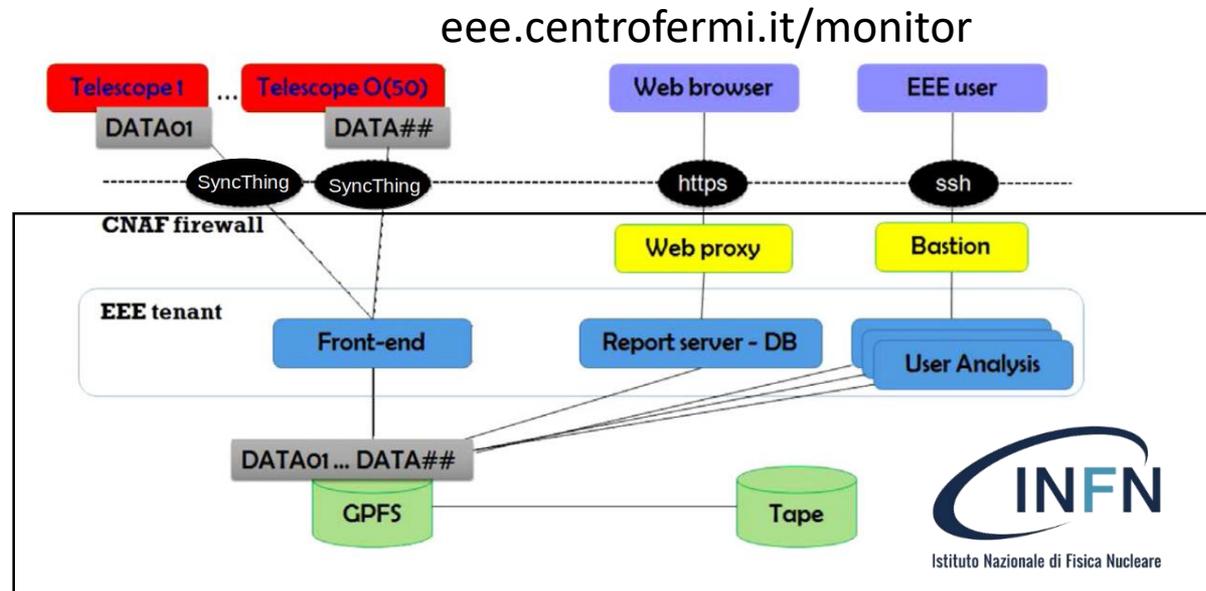
R. Aymar – CERN DG

L. Moratti – Ministro dell'Istruzione

A. Zichichi – Presidente del Centro Fermi



L'infrastruttura di calcolo di EEE → dal 2014

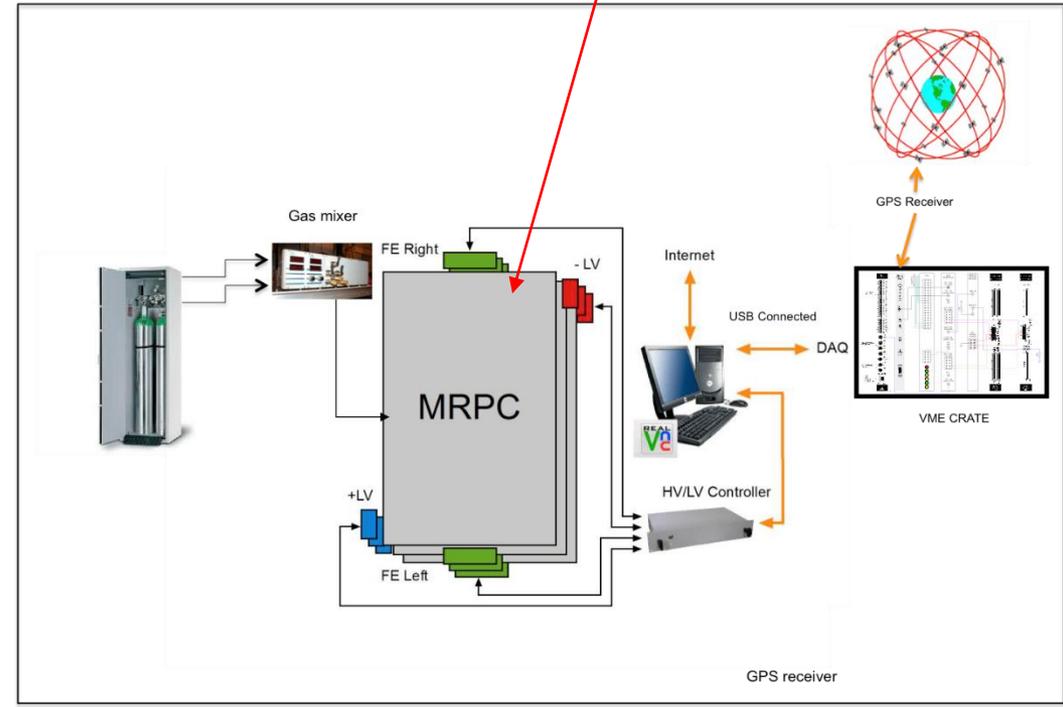
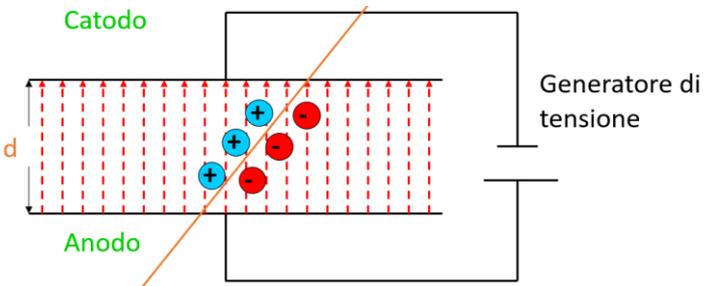
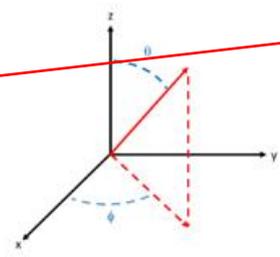
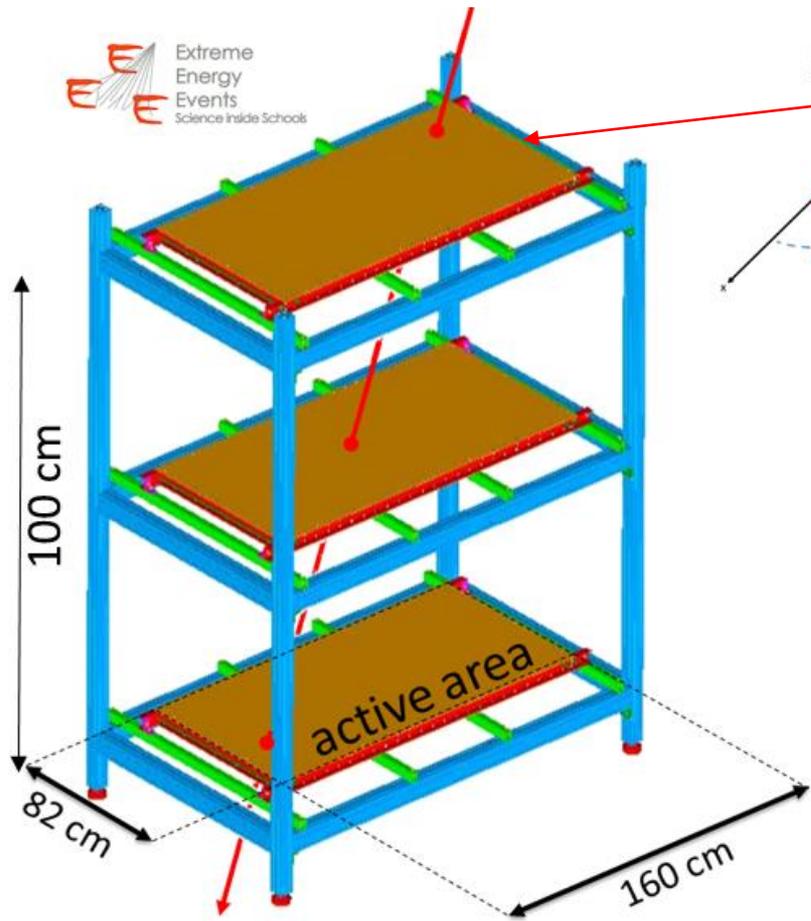


I dati sono raccolti dai telescopi installati nelle scuole e trasferiti in *quasi real time* al centro di calcolo INFN-CNAF (Bologna).

I dati sono processati non appena arrivano al CNAF e alcuni grafici di controllo sono pubblicati sul web per permettere di verificare il corretto funzionamento dei telescopi.

I dati stessi sono poi resi disponibili ai membri della collaborazione per l'analisi.

Un telescopio di EEE



I telescopii di Bologna

In alcune città sono installati diversi telescopii (cluster) che permettono di vedere eventi in coincidenza di muoni appartenenti allo stesso sciame.

A Bologna abbiamo 5 telescopii (3 installati nelle scuole e 2 presso il dipartimento di Fisica e l'INFN)



Le grandezze che misuriamo

Diverse quantità possono essere misurate al passaggio di un muone con un telescopio di EEE.

Quelle messe a disposizione erano:

- **Tempo assoluto in secondi e nanosecondi (GPS)**
- **Direzione del muone**
- **Lunghezza della traccia**
- **Tempo di volo**
- **Tempo trascorso dall'evento precedente**

I dati a disposizione degli studenti: dal 13/2/2019 al 28/2/2019

Caricamento dei dati per l'analisi

```
1 import os
2 import glob
3 import pandas as pd
4
5 indir = r'/data'
6 outdir = r'/home/noferini'
7
8 # per tutti i giorni
9 date = r'*'
10 # per un giorno singolo usare
11 #date = r'2019-02-14'
12
13 # per tutti i run del giorno
14 run = r'*'
15 #per un singolo run
16 #run = r'00001'
17
18 # consiglio: quando sviluppate il codice e lo provate usate: 1 giorni e 1 singolo run
19 # quando volete ottenere i risultati finali usate la statistica più grande (almeno tutti i run del giorno)
20
21 # Concatenare i csv dei singoli telescopi
22 def concatenare_csv(indir = indir,
23                   outdir = outdir,
24                   prefix = "BOLO-01"):
25     pathsearched = indir + "/" + prefix + "-" + date + "-" + run + ".csv"
26     print (pathsearched)
27     fileList = glob.glob(pathsearched)
28
29     df = pd.concat((pd.read_csv(f) for f in fileList), ignore_index=True)
30     # df.to_csv(outdir + "/" + prefix + "_Concatenati.csv", index = None)
31     return df
32
33 data1 = concatenare_csv(prefix="BOLO-03")
```

Directory dati comune

Output dell'analisi salvata nella directory utente

Possibilità di specificare un singolo telescopio (*=tutti)

Formato dati

Attraverso uno script abbiamo esportato **i dati EEE in format CSV** per permettere un facile caricamento dei dati con la libreria PANDA di python.

```
7 data1.head()
```

Out[9]:

	timestamp(s)	nanoseconds(ns)	theta	phi	track_length(cm)	time_of_flight(ns)	time_elapsed_previous_event(s)	date
0	1550099188	96991400	9.09	180.00	101.27	4.20	0.047368	2019-02-13 23:06:28
1	1550099188	105526021	24.92	-92.77	110.26	4.73	0.008535	2019-02-13 23:06:28
2	1550099188	108889924	34.26	105.65	121.00	4.20	0.003364	2019-02-13 23:06:28
3	1550099188	165549562	46.13	12.44	144.29	5.50	0.056660	2019-02-13 23:06:28
4	1550099188	202162111	26.32	57.24	111.57	3.95	0.036613	2019-02-13 23:06:28

Esempio di output di una tabella dati (intestazione) visualizzata dagli studenti.

Le analisi proposte agli studenti

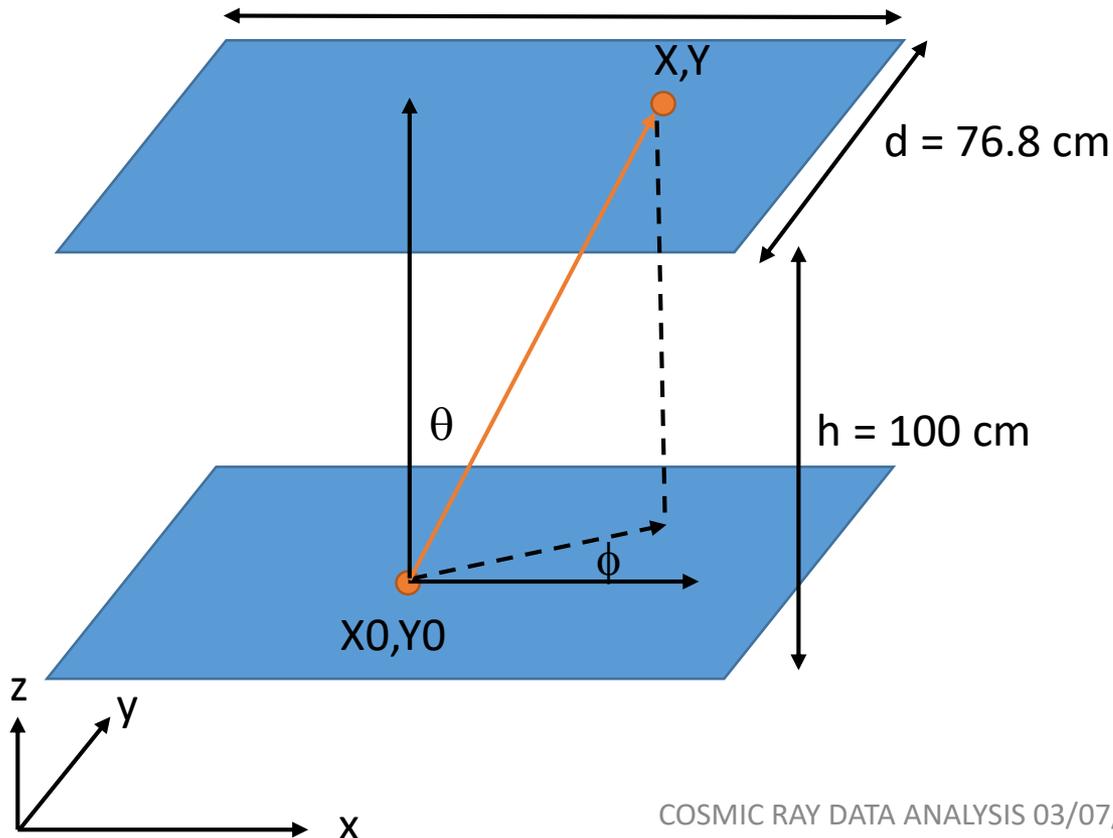
Le analisi che abbiamo proposto agli studenti utilizzando i dati di EEE sono state:

- Simulazione accettazione dei rivelatori di EEE → **programma Monte Carlo con generatore di numeri random** (1° giorno)
- **Misura distribuzione angolare** (angolo zenitale) dei raggi cosmici corretto per accettazione del rivelatore → distribuzione $\cos^2(\theta)$ (2° giorno)
- **Vita media del muone** (3° giorno)

Accettanza del rivelatore

Telescopio di EEE

$L = 158 \text{ cm}$



Per ogni singola particella dobbiamo generare le coordinate (X_0, Y_0) al suolo (camera bassa) e la direzione (ϕ, θ) .

La condizione di rivelazione è che se (X_0, Y_0) è all'interno della camera ($0 < X_0 < 158$ e $0 < Y_0 < 76.8$) lo sia l'estrapolazione sulla camera in alto (X, Y) .

L'accettanza del rivelatore è la frazione di eventi rivelati rispetto a quelli generati.

Nel nostro modello genereremo (ϕ, θ) in modo uniforme (tutti i valori equiprobabili) con $0 < \phi < 360$ e $0 < \theta < 90$.

Legge del decadimento

Consideriamo il caso del lancio di una dado da 50

I risultati possibili (equiprobabili) sono 1, ..., 50.

Supponiamo che la probabilità che il muone decada dopo un tempo Δt corrisponda alla probabilità che esca 1 in un lancio ($P_{\text{decay}} = 1/50 = 0.02$)

La probabilità che non decada dopo N intervalli ($N=t/\Delta t$) corrisponderebbe alla probabilità che su N lanci esca sempre un numero maggiore di 1 $\rightarrow P = (0.98)^N = (1 - 0.02)^N$

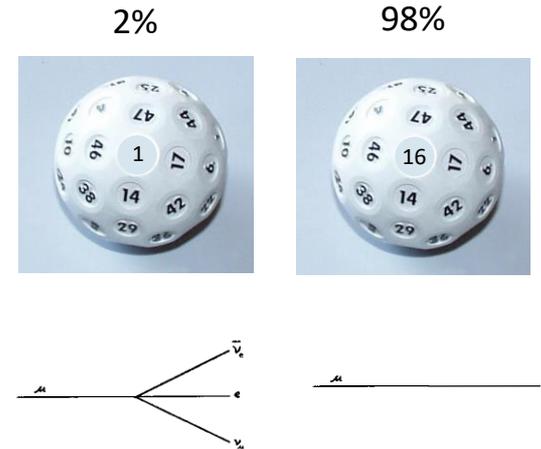
Per le proprietà degli esponenziali la stessa formula può essere riscritta come:

$$(1 - 0.02)^N = e^{N \log(1 - 0.02)}$$

In questo caso $0.02 \ll 1$

Allora possiamo sfruttare una proprietà dei logaritmi: $\log(1 - x) \approx -x$, se $x \ll 1$

$$(1 - 0.02)^N = e^{-0.002N} = e^{-NP_{\text{decay}}} = e^{-(N\Delta t)/(\Delta t/P_{\text{decay}})} = e^{-t/\tau} \leftarrow 2.2 \mu\text{s}$$



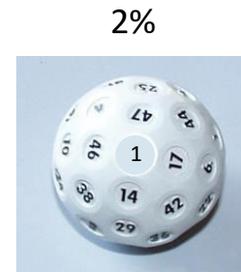
Legge del decadimento

Consideriamo il caso del lancio di una dado da 50

I risultati possibili (equiprobabili) sono 1, ..., 50.

Supponiamo che la probabilità che il muone decada dopo un tempo Δt corrisponda alla probabilità che esca 1 in un lancio

($P_{\text{decay}} = 1/50 = 0.02$)



La probabilità che non decada dopo un tempo Δt corrisponde a un numero...

Per le probabilità essere ris...

In questo caso Allora possiamo

Ovviamente abbiamo dovuto fornire qualche nozione di statistica per potergli fare interpretare i risultati che avrebbero ottenuto:

- Distribuzioni (normale, esponenziale)
- Cenni su errori nei conteggi
- ...

$(1 - 0.02)$

$e^{-t/P_{\text{decay}}} \approx -x, \text{ se } x \ll 1$
 $= e^{-t/\tau}$ ← 2.2 μs

I risultati degli studenti

Compito 1

```
def accettazione_theta(n_eventi=1, n_bin=n_bin_ref):
    # Parametri del telescopio
    l = 158 # l (Larghezza) [cm]
    p = 76.8 # p (profondità) [cm]
    d = 100 # d (distanza tra le due camere) [cm]

    # definizione delle variabili istogrammi
    favorevoli_theta = [0] * n_bin
    totali_theta = [0] * n_bin

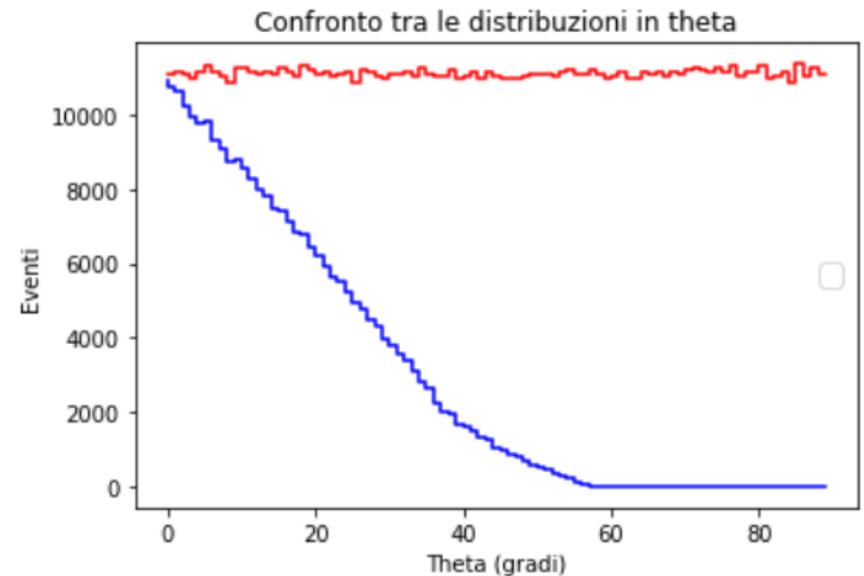
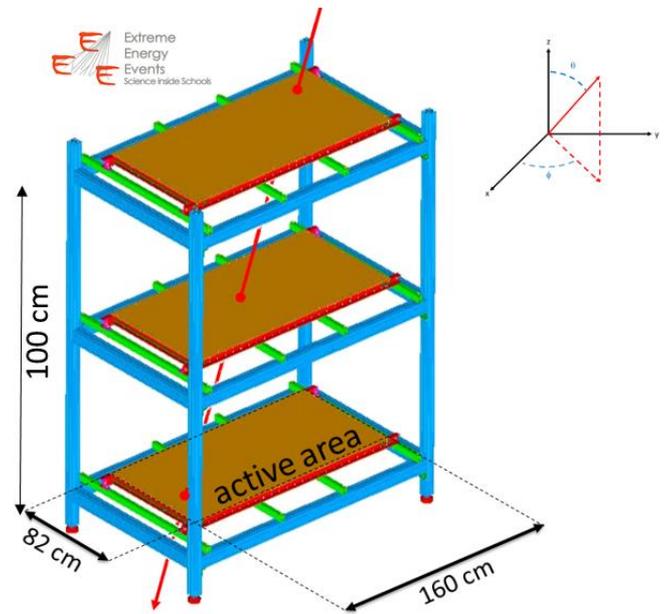
    for evento in range(n_eventi):
        x0 = uniform(0, l)
        y0 = uniform(0, p)
        theta = uniform(0, pi/2)

        phi = uniform(0, 2 * pi)
        xP = x0 + d * tan(theta) * cos(phi)
        yP = y0 + d * tan(theta) * sin(phi)

        # indice dell'istogramma
        bin = int(theta * n_bin / (pi/2))
        if (xP >= 0 and xP <= l) and (yP >= 0 and yP <= p):
            favorevoli_theta[bin] += 1
            totali_theta[bin] += 1

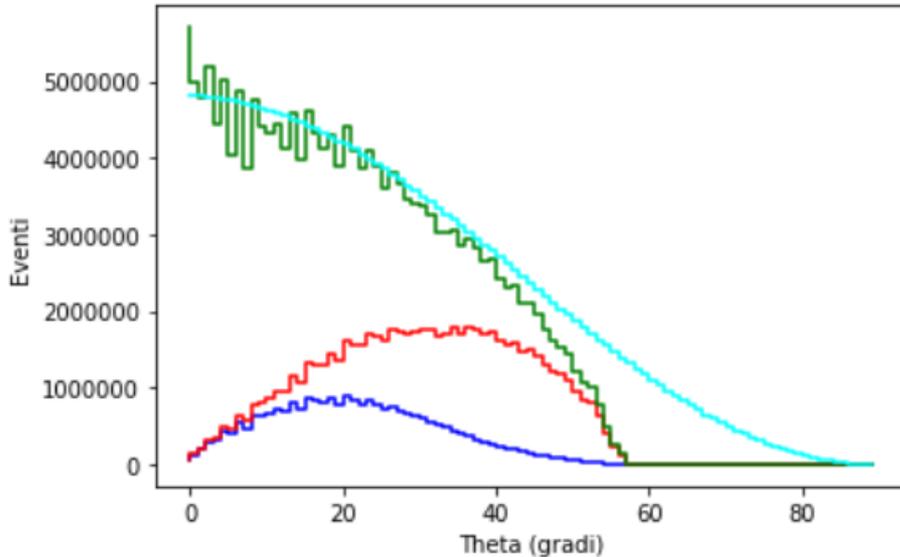
    prob_theta = [x/y for x,y in zip(favorevoli_theta, totali_theta)]

    return favorevoli_theta, totali_theta, prob_theta
```



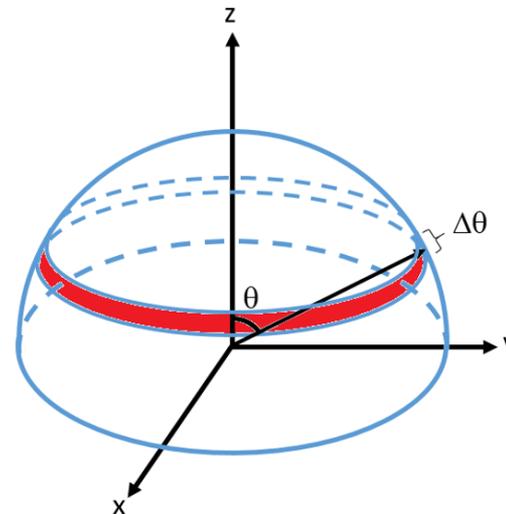
Compito 2

Confronto tra le distribuzioni in theta

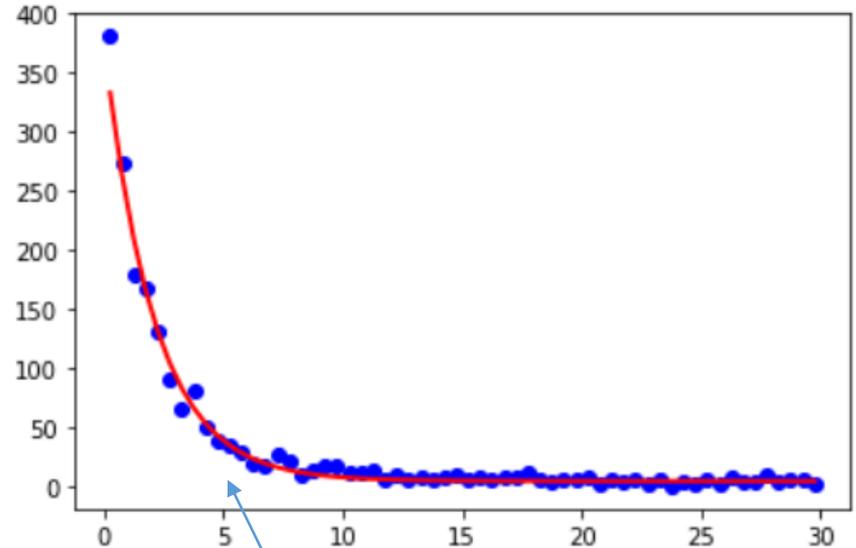
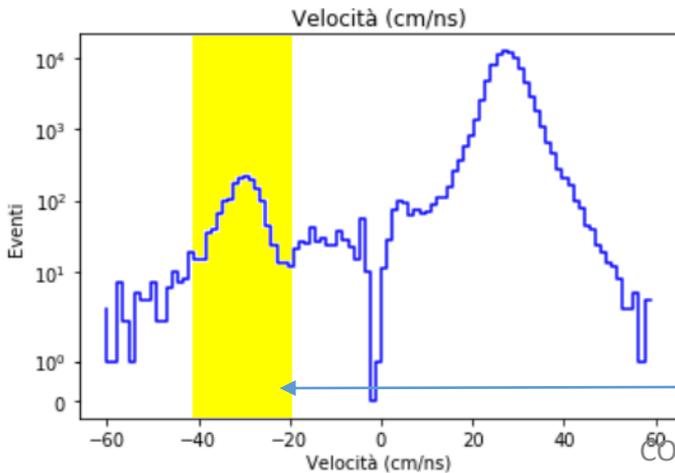
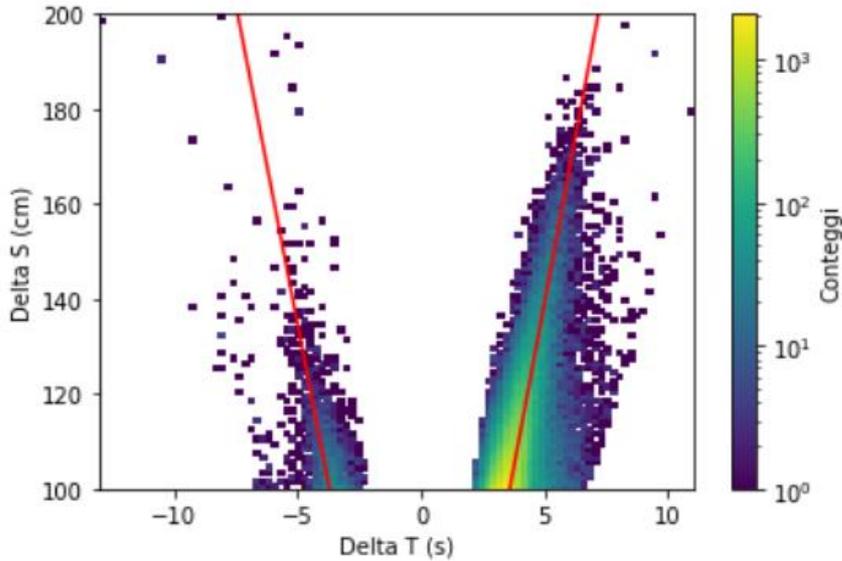


- Distribuzione originale
- Distribuzione corretta per accettazione
- Distribuzione corretta anche per fattore geometrico
- Distribuzione teorica con un rivelatore ideale

$$\Delta\Omega = 2\pi \sin(\theta)\Delta\theta$$



Compito 3



fit parameter 1-sigma error

370.3625298606482	+-	19.376941626357457
2.097285512782397	+-	0.0920986961984642
4.260220367546585	+-	0.4796470275394072

Fit esponenziale del ritardo rispetto all'evento precedente.

Vita media muone in microsecondi.

Selezione eventi dal basso (filtri libreria panda)

Download in vari formati

File Edit View Insert Cell Kernel Wid

New Notebook Open... Make a Copy... Save as... Rename... Save and Checkpoint Revert to Checkpoint Print Preview Download as Trust Notebook Close and Halt

inferic
probabilità, detta accettazione del r
e il flusso dei raggi cosmici original

one - Scrivere un programma Mont
eazione qualsiasi e verificare se la p

- Notebook (.ipynb)
- Python (.py)
- HTML (.html)
- Reveal.js slides (.html)
- Markdown (.md)
- reST (.rst)
- LaTeX (.tex)
- PDF via LaTeX (.pdf)
- asciidoc (.asciidoc)
- custom (.txt)
- custom (.html)
- latex (.tex)
- markdown (.md)
- notebook (.ipynb)
- pdf (.tex)
- python (.py)
- rst (.rst)
- custom (.txt)
- slides (.slides.html)

```
In [7]: import os
import glob
import pandas as pd

indir = r'./data'
outdir = r'./home/roflaris'

# per tutti i giorni
date = r'%'
# per un giorno singolo usare
Adate = r'2019-02-14'

# per tutti i run del giorno
run = r'%'
#per un singolo run
#run = r'00001'

# consiglio: quando si riscrive il codice e lo provate usare: 1 giorno e 1 singolo run
# quando volete ottenere i risultati finali usate la statistica più grande (e
# meno tutti i run del giorno)

# Concatenare i csv dei singoli telescopi
def concatenate_csv(indir = indir,
                   outdir = outdir,
                   prefix = "0001-02"):
    pathsearched = indir + "/" + prefix + "*" + date + "*" + run + ".csv"
    print(pathsearched)
    fileList = glob.glob(pathsearched)
    df = pd.concat(pd.read_csv(f) for f in fileList, ignore_index=True)
    df.to_csv(outdir + "/" + prefix + "_Concatenated.csv", index = None)
    return df

data = concatenate_csv(prefix="0001-02")
```

```
In [9]: # Aggiungere la centralità data di dett
def aggiunger_data(df):
    df['data'] = pd.to_datetime(df['timestamp(s)'], unit='s')
    return df

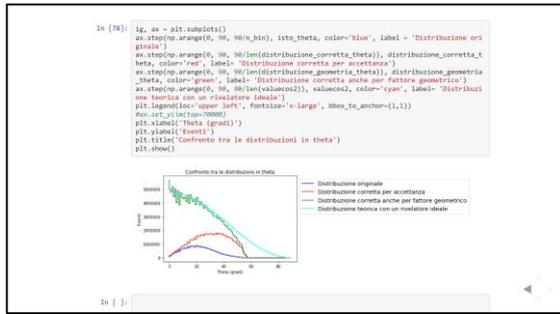
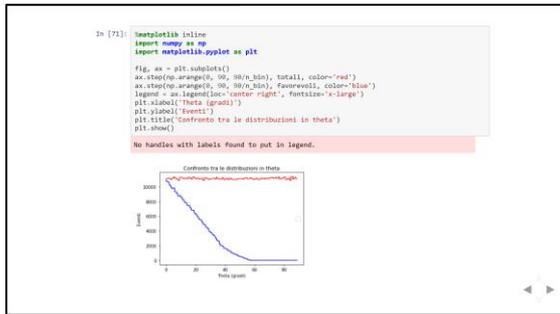
data = aggiunger_data(data)
data.head()
```

timestamp(s)	nanoseconds(ns)	theta	phi	track_length	time_of_flight	time_elapsed_previous_event	date	
0	330009988	98979400	8.09	38000	30127	4.20	004700	2019-02-13
1	330009988	98936001	24.07	18126	4.73	006800	000000	2019-02-13
2	330009988	98889504	26.28	30540	5.20	000300	000000	2019-02-13
3	330009988	98845502	46.13	1244	544.29	6.30	006600	2019-02-13
4	330009988	20201011	26.20	3728	31517	0.95	006600	2019-02-13

```
In [8]: # Estrarre i nomi delle colonne
def read_colonne(df):
    return df.columns.values

colnames = read_colonne(data)
colnames
```

```
Out[8]: array(['timestamp(s)', 'nanoseconds(ns)', 'theta', 'phi',
              'track_length(m)', 'time_of_flight(ns)',
              'time_elapsed_previous_event(s)'], dtype=object)
```



La valutazione del corso

Struttura del corso

Modulo 1:

- Introduzione a Jupyter
- Linguaggio Markdown
- Introduzione a Python
- Compito 1

Modulo 2:

- Soluzione Compito 1
- Lavorare con i dati
- Compito 2

Modulo 3:

- Soluzione Compito 2
- Progetto e svolgimento in aula

Valutazione del corso

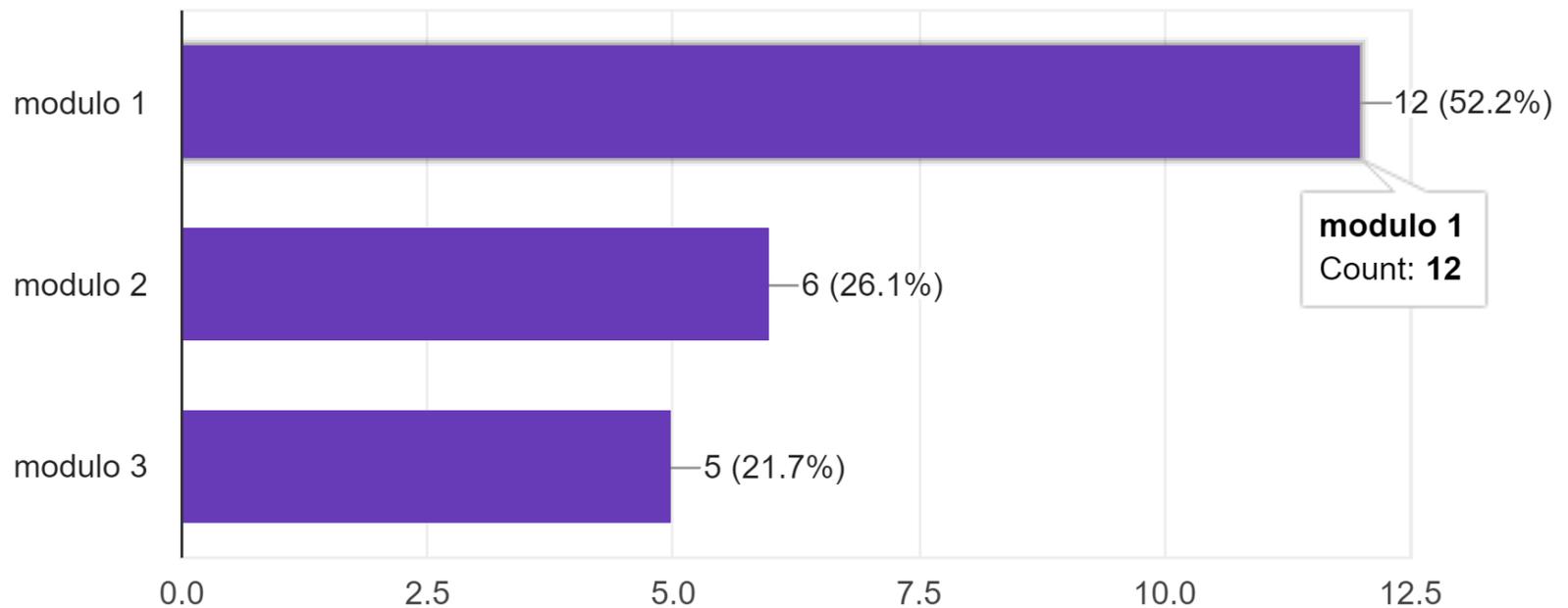
A termine del corso gli studenti hanno compilato un questionario online disponibile su [google form](#)

1. Quale modulo ti ha maggiormente interessato ?
2. Quali parti avresti voluto trattare di più?
3. Indicare il livello di supporto ricevuto per svolgere gli esercizi
4. Indicare il livello di difficoltà del corso in base alle proprie conoscenze di programmazione
5. Quale parte del corso ti è piaciuta maggiormente?

Valutazione del corso

Quale modulo ti ha maggiormente interessato?

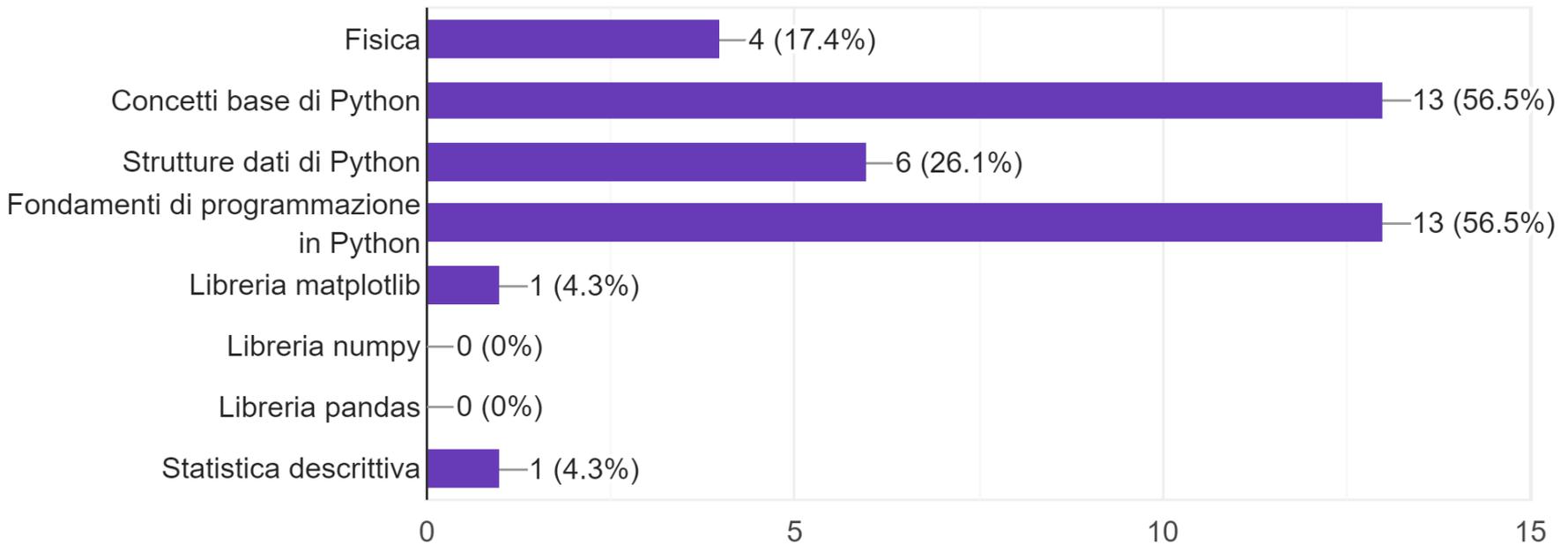
23 responses



Valutazione del corso

Quali parti avresti voluto trattare di più?

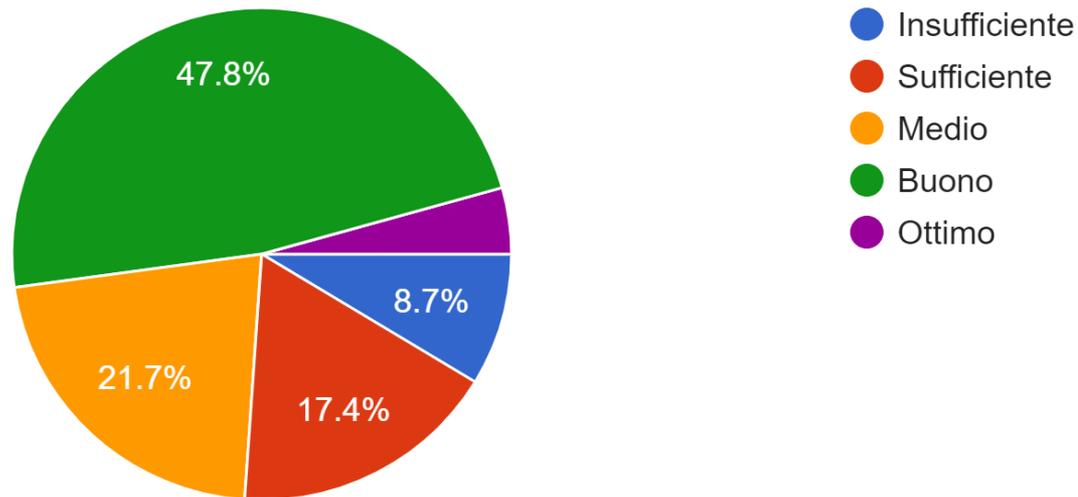
23 responses



Valutazione del corso

Indicare il livello di supporto ricevuto per svolgere gli esercizi?

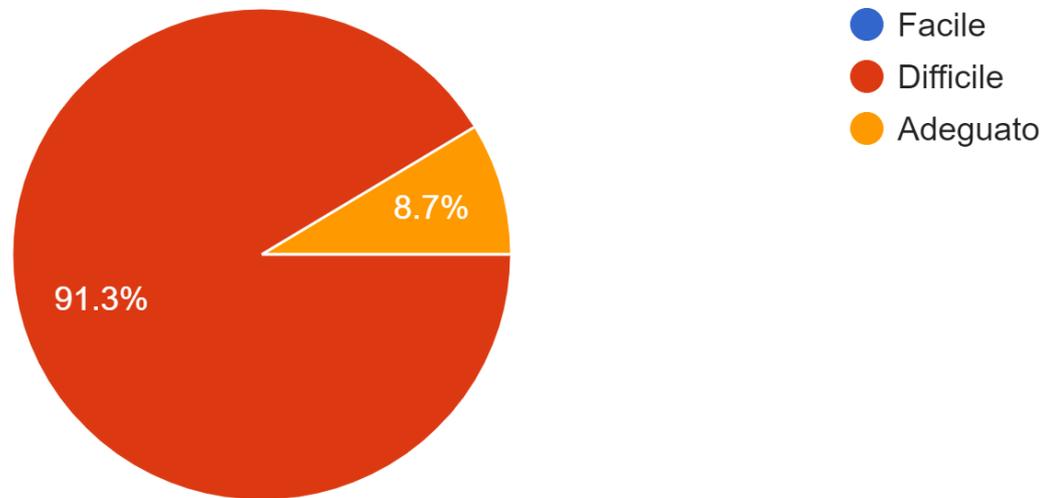
23 responses



Valutazione del corso

Indicare il livello di difficoltà del corso in base alle proprie conoscenze di programmazione

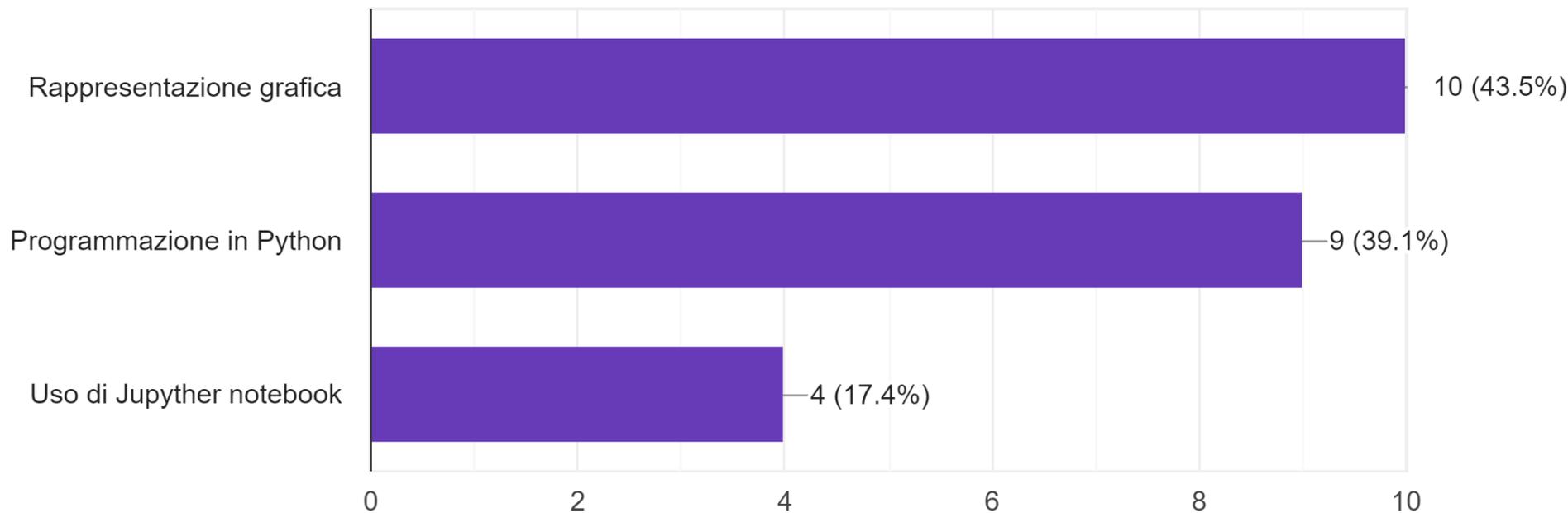
23 responses



Valutazione del corso

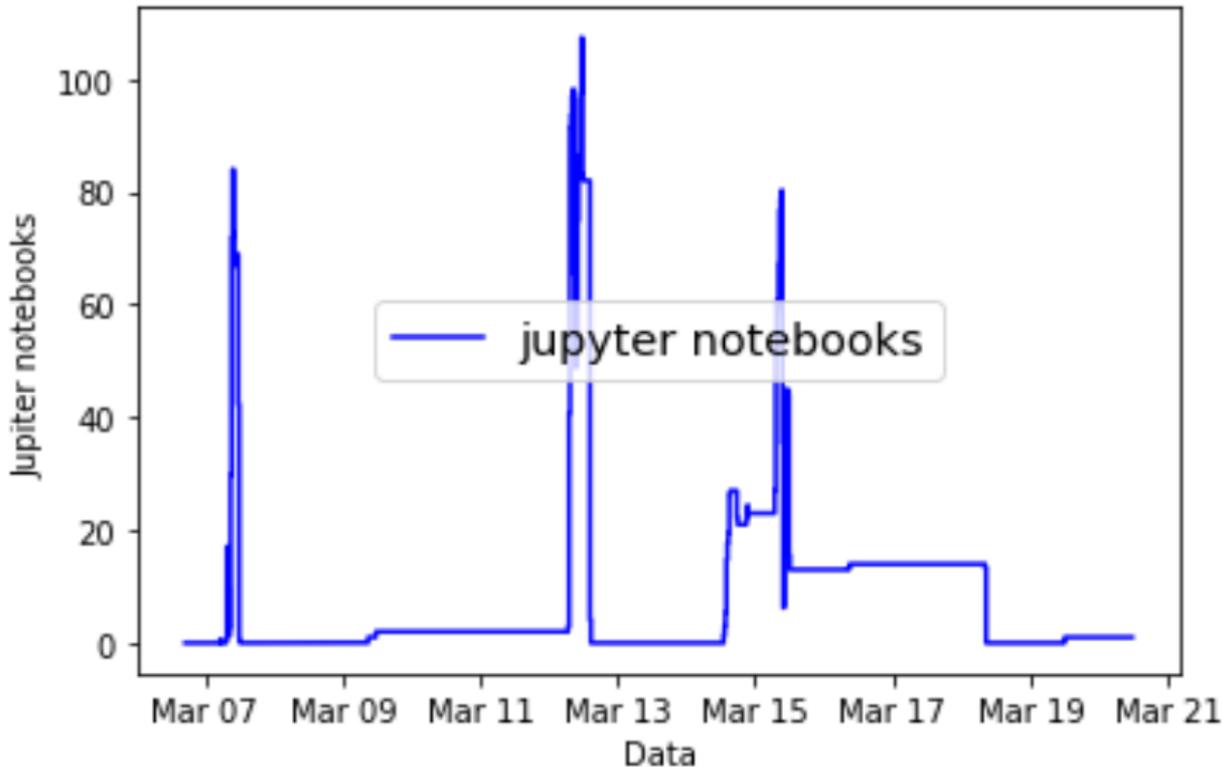
Quale parte del corso ti è piaciuta maggiormente?

23 responses



Statistiche

Numero di notebook attivi studenti



Durante l'intero periodo abbiamo implementato un accounting sul numero di notebook istanziati dagli utenti:

- Evidente picco durante i corsi della mattina (4 notebook per studente)
- Prima e dopo la terza prova attività significativa anche da casa