

didacta
italia

Abc

23 24 25 26 27 28 29 30

12-14 MARZO 2025
FORTEZZA DA BASSO
FIRENZE

La fisica moderna entra a scuola: nuovi orizzonti per i laboratori didattici

Dott.ssa P. Garosi

12-13 Marzo 2025 -13:00 - 14:00

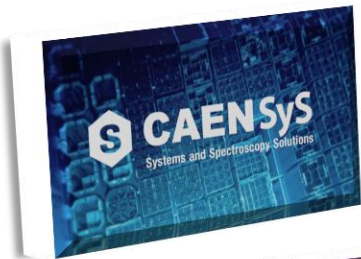


Fondata in 1979, CAEN SpA (Costruzioni Apparecchiature Elettroniche Nucleare) è uno dei più importanti spin-off industriali dell'INFN



Uffici di vendita in Italia, Germania, USA, India
Distributori in più di 30 paesi.

Spin-off



CAEN Sys – CAEN Spectroscopy
Division (2016)

CAEN RFID s.r.l.
(2003)



CAENels s.r.l.
(2010)

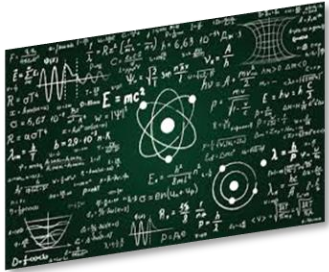
CAENqS s.r.l.
(2012)



La Fisica Moderna nei Programmi Scolastici...

Rilevanza Scientifica

La fisica moderna offre spiegazioni fondamentali su fenomeni che caratterizzano la nostra realtà, come la luce, la materia e le forze dell'universo.



Sviluppo del Pensiero Critico

Studio di concetti complessi come il dualismo onda-particella e la natura quantistica stimola il pensiero critico e la capacità di analisi degli studenti.

Applicazioni Tecnologiche

La fisica moderna è alla base di molte tecnologie contemporanee, dall'informatica quantistica all'energia nucleare, rendendo gli studenti più consapevoli delle innovazioni.

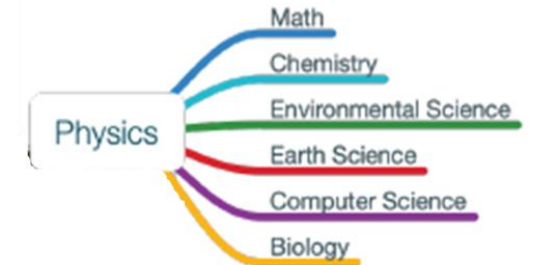


Preparazione per il Futuro

Conoscenze di fisica moderna sono essenziali per affrontare studi universitari in ingegneria, fisica, medicina e altre scienze applicate.

Collegamenti Interdisciplinari

Favorisce l'integrazione con altre discipline, come la matematica e la tecnologia, ampliando la comprensione globale degli studenti.



Le tendenze recenti mostrano un aumento significativo dei programmi di divulgazione e istruzione sviluppati da università e istituti di ricerca.

L'attenzione è rivolta a rendere la fisica e altre discipline scientifiche più accessibili e coinvolgenti per un pubblico più ampio.

Obiettivi delle Iniziative di Divulgazione

- Stimolare l'Interesse per la Scienza: Creare contenuti coinvolgenti e attività pratiche per catturare la curiosità di un pubblico variegato.
- Promuovere la Comprensione: Semplificare concetti complessi per migliorare la comprensione dei principi fondamentali della fisica.
- Ispirare i Futuri Scienziati: Incoraggiare i giovani studenti a intraprendere carriere scientifiche attraverso programmi ispiratori e modelli di riferimento.

Workshops Interattivi

**Lezioni e Seminari
Pubbliche**

Progetti Collaborativi



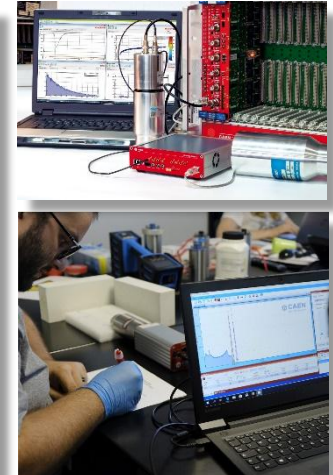
Impatto/Effetti

- Maggiore Coinvolgimento: Aumento dei tassi di partecipazione a fiere scientifiche, workshop e programmi educativi.
- Migliore Comprensione: Migliorata comprensione dei concetti scientifici tra i partecipanti.
 - Futuri Scienziati: Crescente interesse per le carriere STEM tra i giovani studenti.



CAEN entra nel mondo dell'apprendimento e della formazione, fornendo esperimenti di fisica moderna per i laboratori scolastici ed universitari.

CAEN porta con sé l'esperienza acquisita in oltre 45 anni di collaborazione con la comunità della **Fisica Nucleare e delle alte energie** nei laboratori didattici.



Favorire la didattica incuriosendo lo studente.



Guidare le giovani menti attraverso l'analisi ed la comprensione dei diversi fenomeni fisici.



Incentivare studi basati su nuove tecnologie che sono fondamentali per lo sviluppo del Paese (ricerca ed industria).





Scuole di Dottorato
Outreach & Masterclass

Corsi di Laboratorio Universitari e di Dottorato

STRUMENTI DI RICERCA

Corsi personalizzati per soddisfare le esigenze dei tirocinanti

Corsi di laboratorio per le scuole superiori

Corsi di formazione per insegnanti delle scuole superiori

Corsi e scuole disponibili anche in sede



Una vasta gamma di esperimenti che coprono i campi della **Fisica Nucleare e delle Particelle!**

Dai decadimenti radioattivi (β e γ) ai raggi cosmici, dai quanti di luce alla statistica avanzata, dall'imaging nucleare all'emulazione dei processi radioattivi. Inoltre, una nuova linea di prodotti è completamente dedicata alla radiazione ambientale (sia indoor che outdoor) e alla programmazione FPGA.

Fisica Nucleare e Radioattività

- γ Spectroscopy
- β -Radiation
- Nuclear Imaging - PET
- γ Environmental Radioactivity (indoor)
- γ Environmental Radioactivity (outdoor)
- GM detectors

Statistica avanzata basata sull'uso di rivelatori SiPM

Caratterizzazione di Rivelatori di Particelle

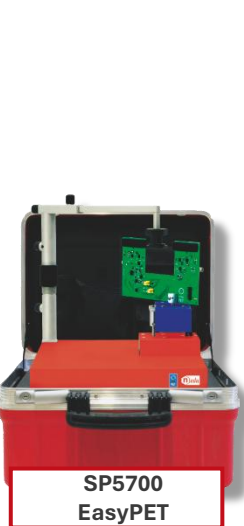
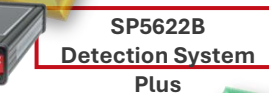
- Silicon Photomultiplier (SiPM)
- Photomultiplier Tube (PMT)

Fisica Particellare

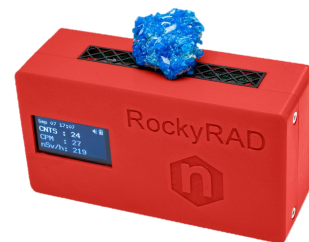
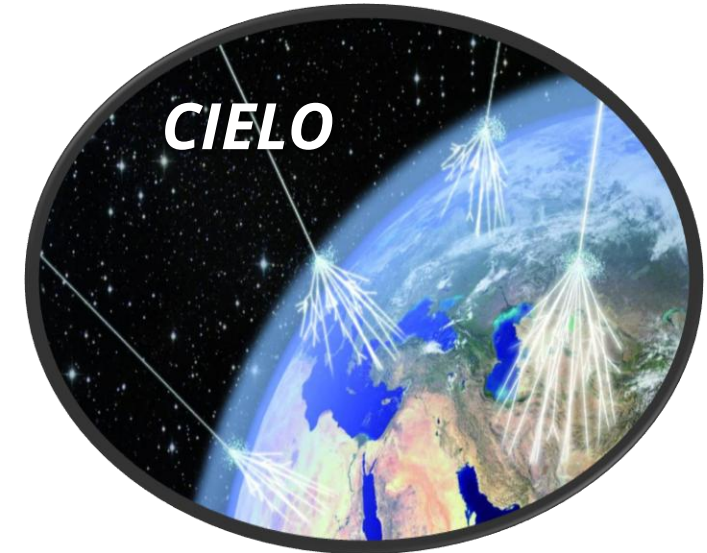
- Photons
- Cosmic Rays

Elettronica:

- Pulse Processing
- FPGA Programming



Programma educativo interessante focalizzato sull'ambiente che ci circonda!



Comunemente il concetto di **Radioattività** è sempre associato ad una forma di **pericolo**



Guerre Nucleari



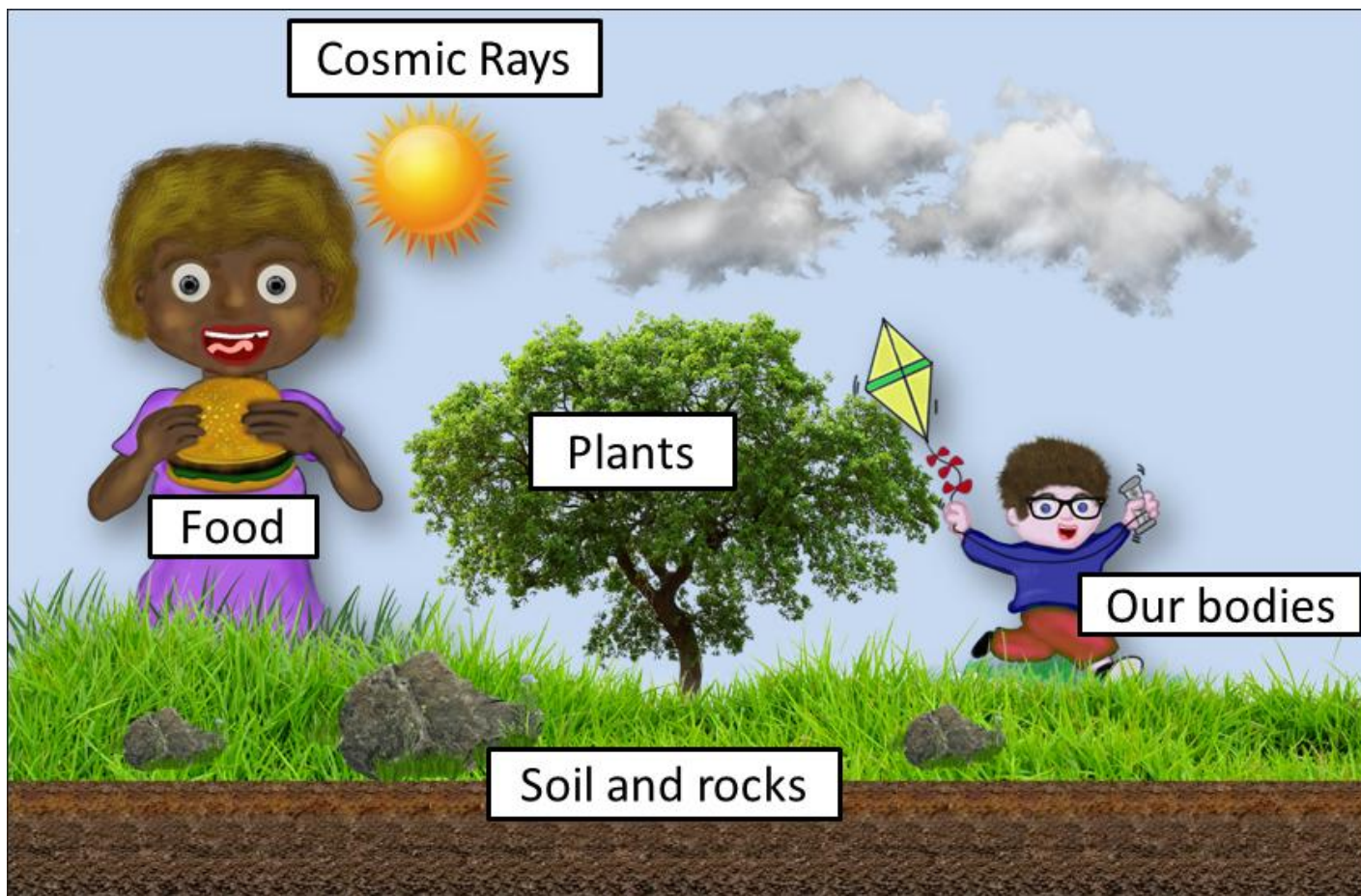
Incidenti Nucleari



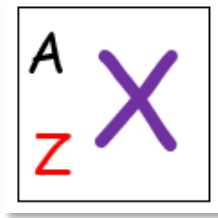
Rifiuti Radioattivi

Le radiazioni vengono dalla **terra**, dal **cielo** e ci attraversano dalla radioattività nel **cibo** che mangiamo, dall'**acqua** che beviamo e dall'aria che respiriamo.

Anche i nostri corpi sono radioattivi!



- **Radionuclidi Naturali** [abbondanza media]:
 - ^{40}K [2-2.5] %
 - $^{238,235}\text{U}$ [2-2.5] ppm
 - ^{232}Th [8 -12] ppm
 - Tutti hanno $T_{1/2} >$ età del sistema solare
- **Radionuclidi prodotti dai raggi cosmici**
 - $^{14}\text{C}, ^7\text{Be}, ^3\text{He}$
- **Raggi Cosmici** (intensità dipende dall'altezza)
- **Radionuclidi prodotti dall'uomo:**
 - Bombe, Centrali Nucleari (p.e. ^{137}Cs)
 - Isotopi per l'industria e la medicina



X = Simbolo dell'Elemento

Z = Numero atomico (n° protoni)

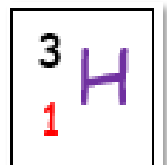
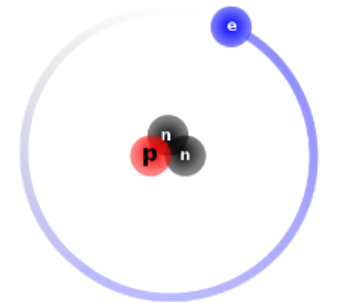
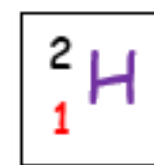
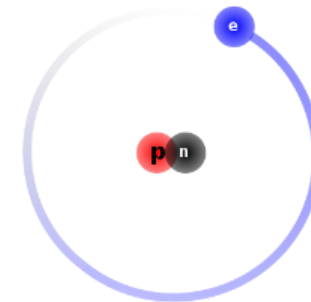
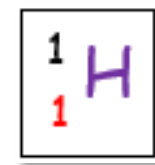
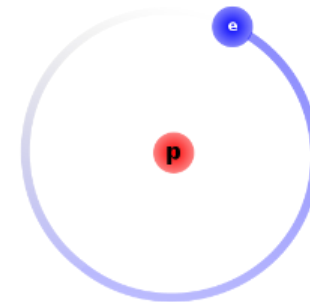
A = Numero di massa (Z + N)

N = Numero neutronico (n° neutroni)

ISOTOPI

Elementi con stesso numero atomico e diverso numero di massa.

Esempio: Isotopi dell'Idrogeno



La maggior parte dei nuclei che costituiscono la materia è stabile anche quando subiscono reazioni chimiche

Alcuni nuclei sono invece instabili (**radionuclidi**) ovvero si trasformano spontaneamente e **raggiungono la stabilità emettendo radiazioni.**

Questo processo è chiamato decadimento radioattivo!



Il decadimento nucleare è un evento random... come lo scoppio dei popcorn!

Il **decadimento radioattivo** è un fenomeno fisico che si verifica quando un nucleo instabile raggiunge una nuova condizione di equilibrio attraverso l'emissione di particelle e radiazioni

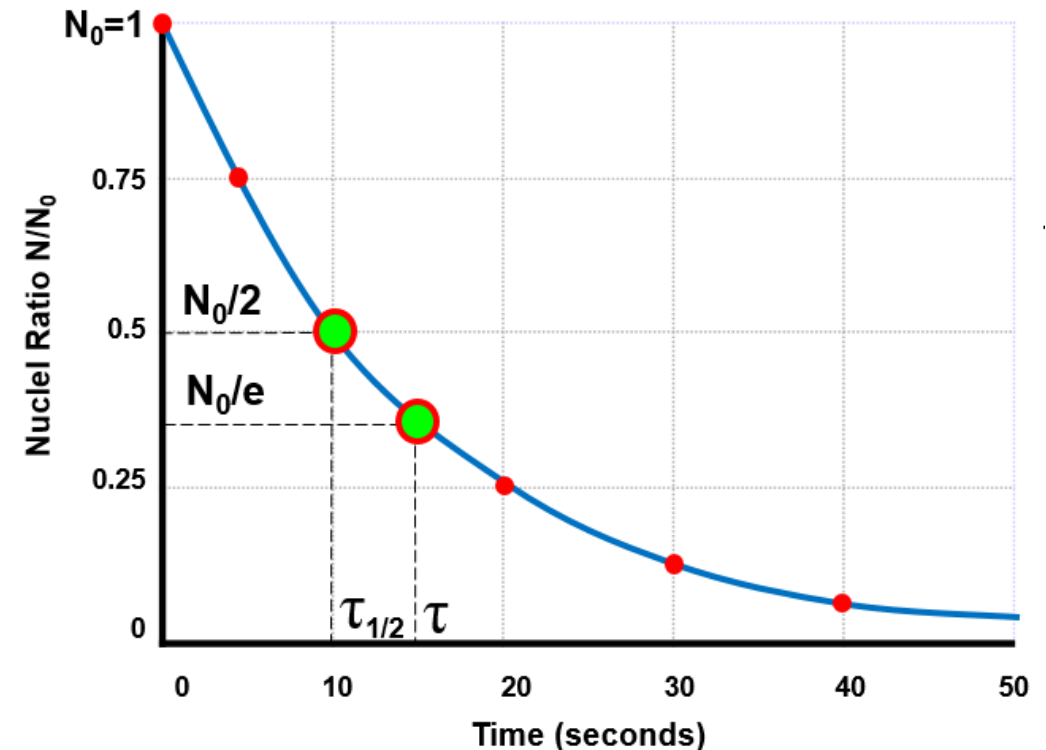
L' **attività** di un campione radioattivo è definita come il numero di decadimenti al secondo. Nel sistema internazionale essa si misura in **Bequerel [Bq]**.

Tale fenomeno è governato da una legge di decadimento esponenziale:

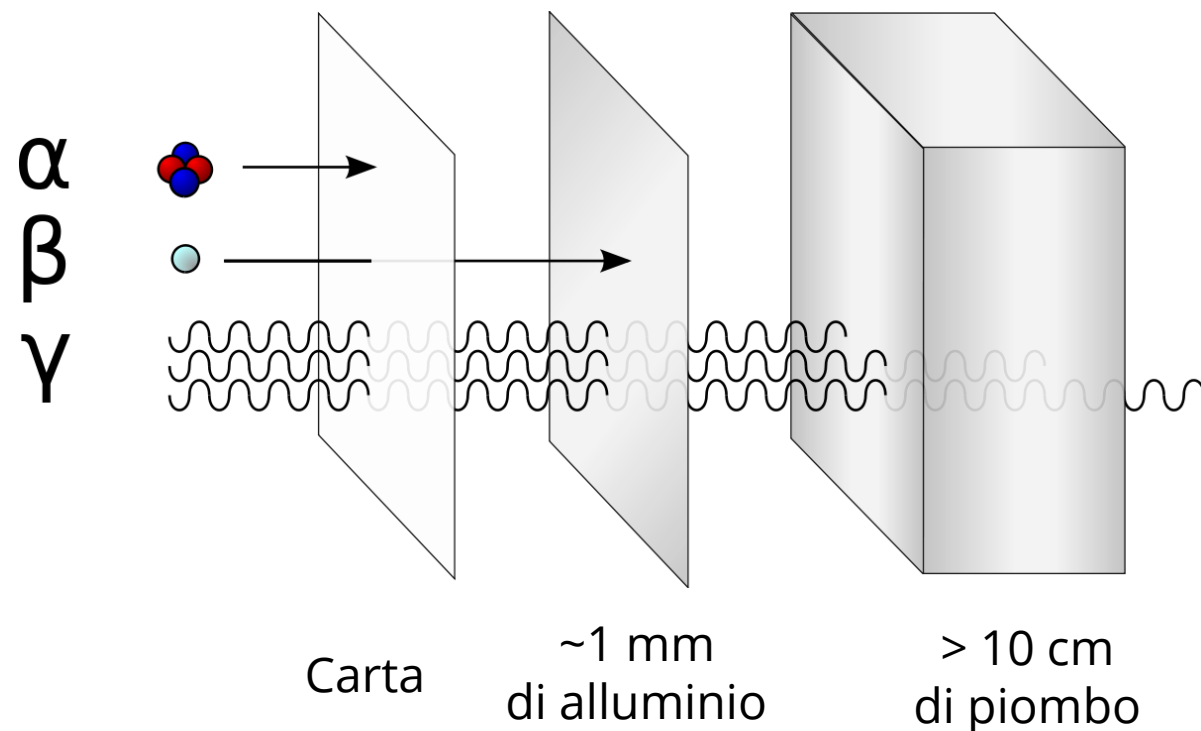
$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Dove:

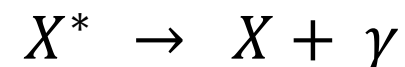
- λ é la **costante di decadimento** del nuclide
- **Vita media** del campione radioattivo: $\tau = 1/\lambda$
- **Tempo di dimezzamento**: $t_{1/2} = \tau \lg 2 \approx 0,7\tau$



Tipo	Massa	Carica	Descrizione
α	$6.68 \cdot 10^{-27}$ Kg	+2	Nuclei di elio (${}^4_2\text{He}$)
β	$0.9 \cdot 10^{-30}$ Kg	-1	Elettroni (e^-)
γ	0	0	Radiazione energetica



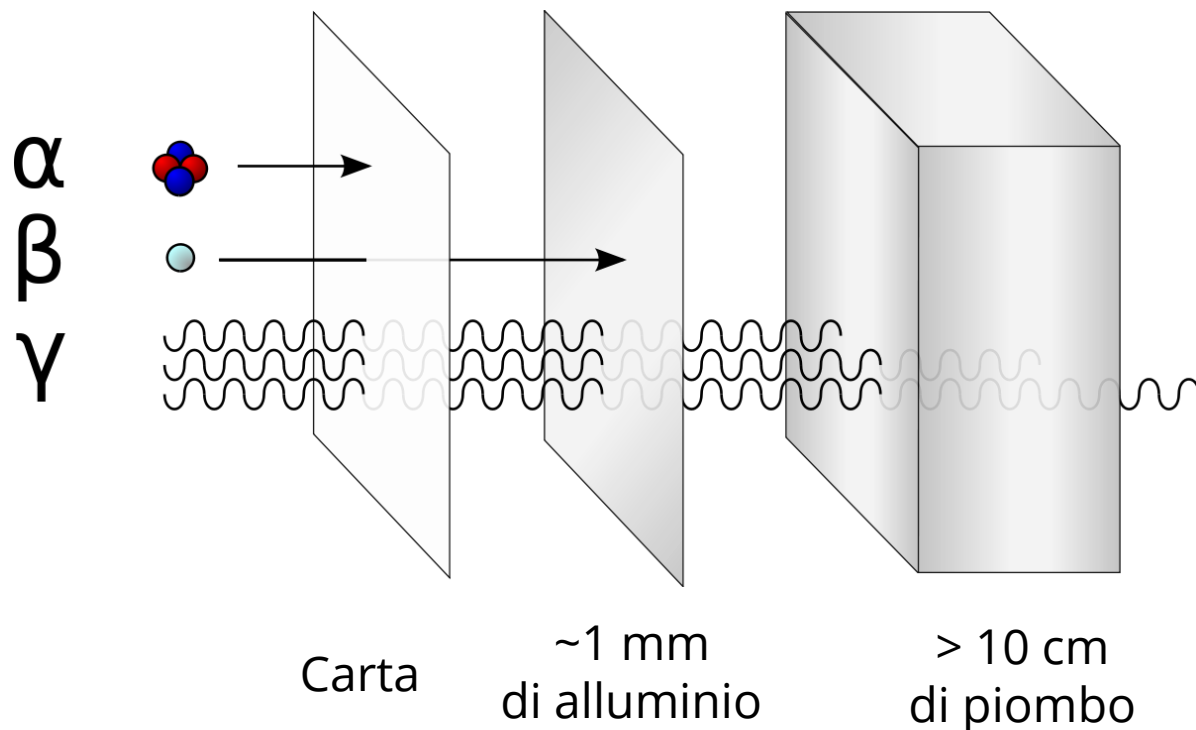
- Nei **decadimenti α e β** , il nuclide si trasforma in una specie nucleare diversa attraverso l'emissione di una **particella α** (nucleo di ${}^4\text{He}$) o di una **particella β** (particella di carica elettrica elementare).
- Nel **decadimento γ** , il nuclide si porta nello stato fondamentale, o in uno stato prossimo ad esso, emettendo l'energia in eccesso sotto forma di **fotoni**. Si verifica in tutti i nuclei che hanno stati legati eccitati ($A > 5$).



Solitamente è consecutivo ad un decadimento α o β , che spesso producono nuclei figli in stati eccitati.

Le radiazioni alfa, beta e gamma sono dette **ionizzanti** perché la loro energia è tale da ionizzare gli atomi con cui possono interagire, cioè **strappare da essi uno o più elettroni** oppure rompere i legami chimici delle molecole

Tipo	Massa	Carica	Descrizione
α	$6.68 \cdot 10^{-27}$ Kg	+2	Nuclei di elio (${}^4_2\text{He}$)
β	$0.9 \cdot 10^{-30}$ Kg	-1	Elettroni (e^-)
γ	0	0	Radiazione energetica



- Nei **decadimenti α e β** , il nuclide si trasforma in una specie nucleare diversa attraverso l'emissione di una **particella α** (nucleo di ${}^4\text{He}$) o di una **particella β** (particella di carica elettrica elementare).

- Nel **decadimento γ** , il nuclide si porta nello stato fondamentale o in uno stato prossimo ad esso, emettendo il **sovrappiù** sotto forma di **fotoni**. Si verificano anche in nuclei che hanno stati legati eccitati ($A > 5$).

Principali γ -emettitori naturali



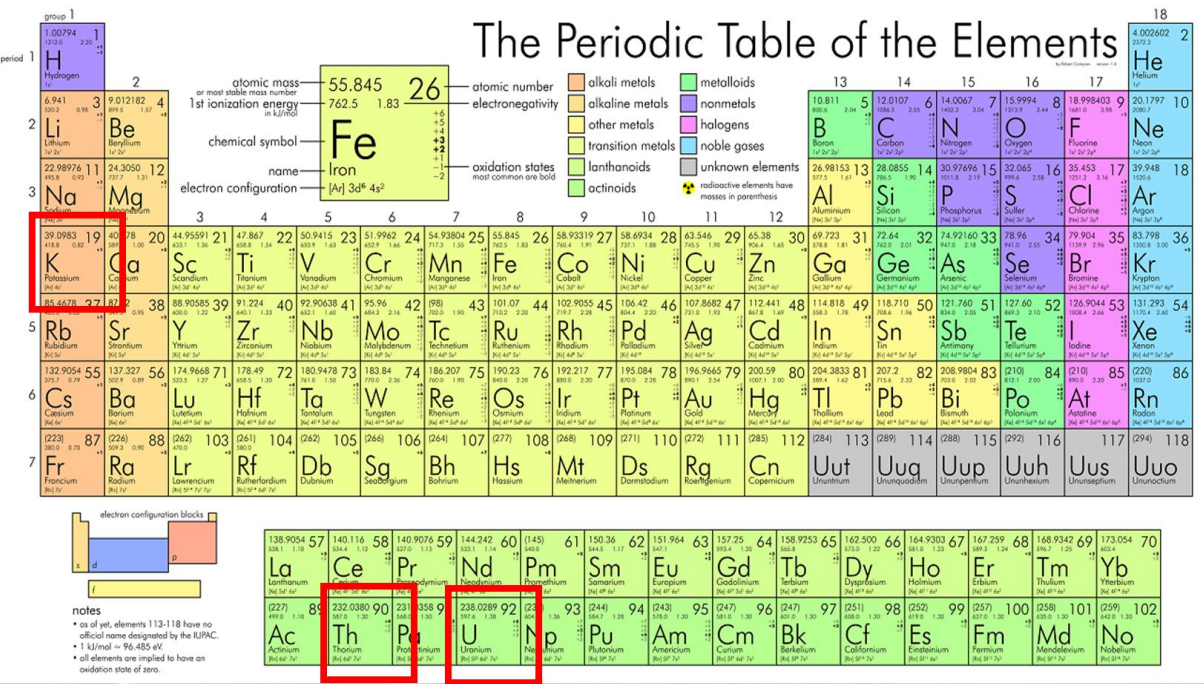
Solitamente è consecutivo ad un decadimento α o β , che spesso producono nuclei figli in stati eccitati.

Le radiazioni alfa, beta e gamma sono dette **ionizzanti** perché la loro energia è tale da ionizzare gli atomi con cui possono interagire, cioè **strappare da essi uno o più elettroni** oppure rompere i legami chimici delle molecole

Durante la creazione della Terra, la maggior parte degli elementi inizialmente prodotti erano radioattivi ed hanno poi subito decadimenti verso forme più stabili.

Gli elementi radioattivi originali ancora presenti sulla Terra sono quelli che hanno una vita media confrontabile con quella terrestre. Sono responsabili della radioattività ambientale e del riscaldamento interno del pianeta ed hanno origine da elementi molto pesanti privi di isotopi stabili.

Decadono principalmente attraverso i canali α e β .




Elemento	Radioisotopo	Abbondanza Isotopica	Tempo di dimezzamento	Abbondanza tipica
Potassio	⁴⁰ K	0.012%	1.3 × 10 ⁹ anni	0.02 g/g [2%]
Uranio	²³⁸ U	99.3 %	4.5 × 10 ⁹ anni	3 µg/g [ppm]
Torio	²³² Th	100 %	14.1 × 10 ⁹ anni	10 µg/g [ppm]



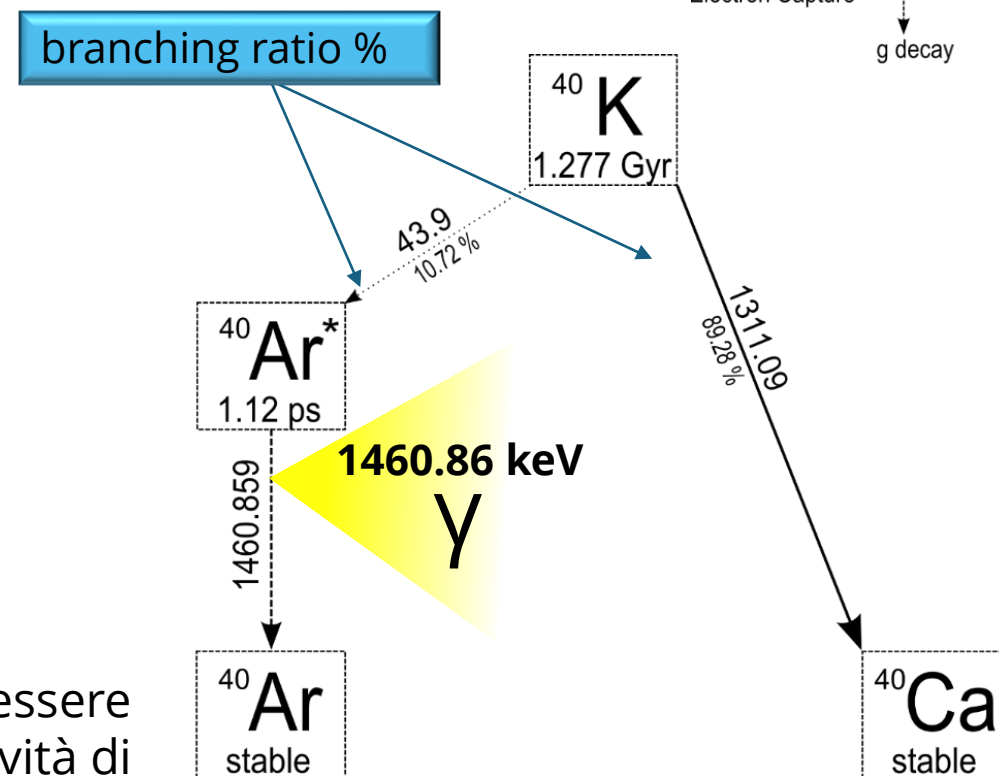
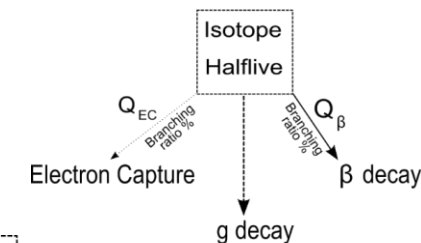
Il potassio è essenziale per tutti gli esseri viventi, compresi gli esseri umani (si trova soprattutto nel tessuto muscolare). Può essere trovato nella maggior parte dei terreni, materiali da costruzione, piante e animali ed è tipicamente utilizzato nei fertilizzanti. In natura ci sono solo tre isotopi di potassio

L'energia rilasciata durante un decadimento si misura in elettronvolt:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Nome	³⁹ K	⁴⁰ K	⁴¹ K
n° di protoni	19	19	19
n° of neutroni	20	21 	22
Abbondanza %	93.26	0.01	6.73
t _{1/2}	stabile	1.3 10 ⁹ anni	stabile

Su centomila atomi di potassio solo 12 sono effettivamente radioattivi!



Il fotoni emessi hanno un'energia di **1460.86 keV** e possono essere utilizzati per identificare e quantificare la concentrazione di attività di ⁴⁰K nell'ambiente

Radioattività del potassio

Decadono circa 31 nuclei al secondo in ogni grammo di potassio
~ **31 Bq/g**

1 banana di 150 g contiene circa 525 mg di potassio



- 0,525 g di potassio presenti
- $31 \times 0.525 \text{ [Bq/g][g]} = \mathbf{16,3 \text{ Bq}}$

Radioattività del potassio

Decadono circa 31 nuclei al secondo in ogni grammo di potassio
~ 31 Bq/g

Un uomo adulto di 70 kg ha
circa 140 g di potassio



~4400 Bq

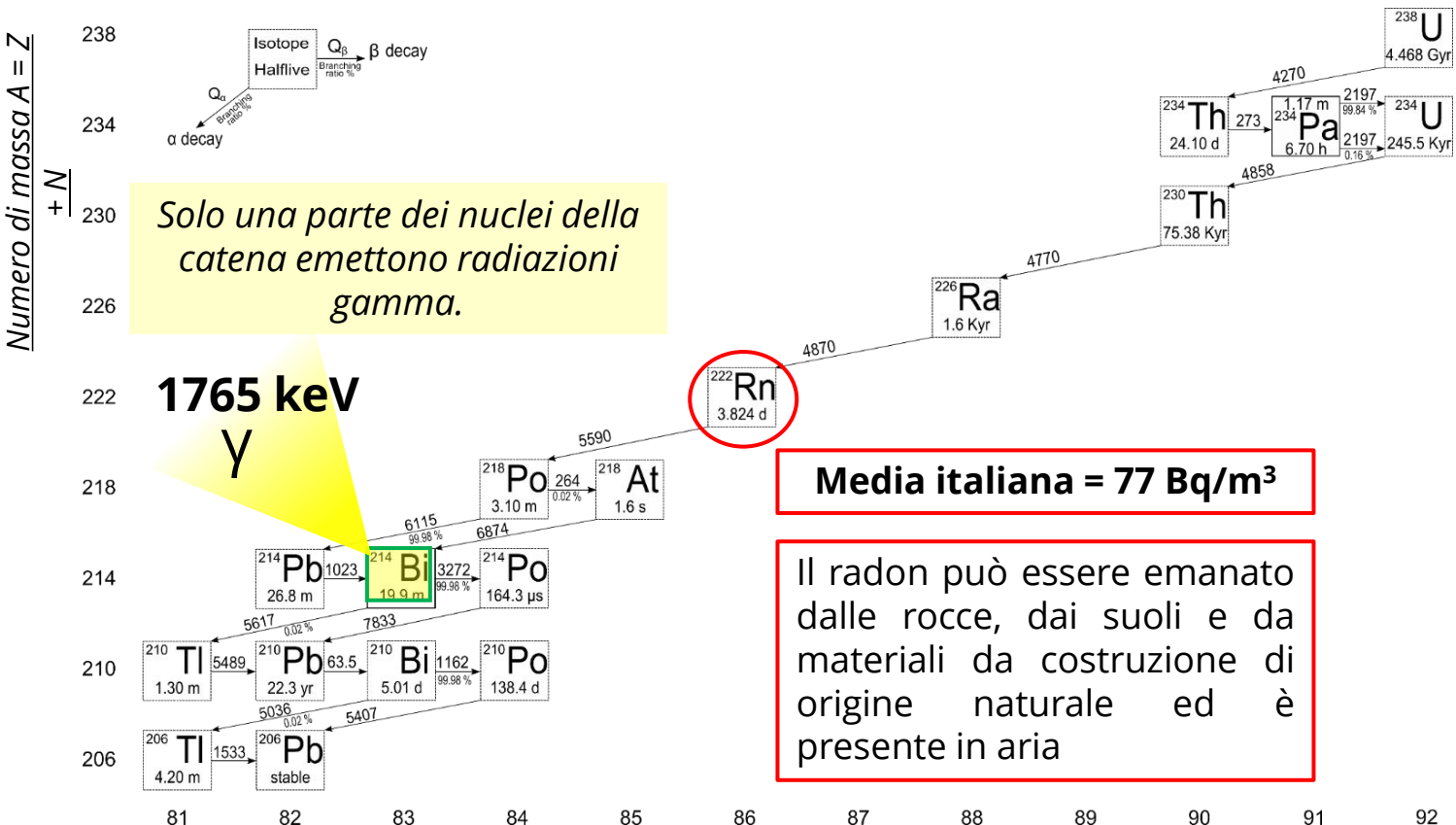
Una tipica bistecca con le
patate circa 5 g di potassio



~155 Bq

L'**uranio-238** è l'isotopo più comune dell'uranio presente in natura, con un'abbondanza relativa del **99%**.
Ha un'emivita di circa **4,5 miliardi di anni** e, rispetto ad altri elementi radioattivi, produce ~ 40% del calore radioattivo prodotto all'interno della Terra.

La catena di decadimento di ^{238}U è comunemente chiamata **serie radioattiva**.

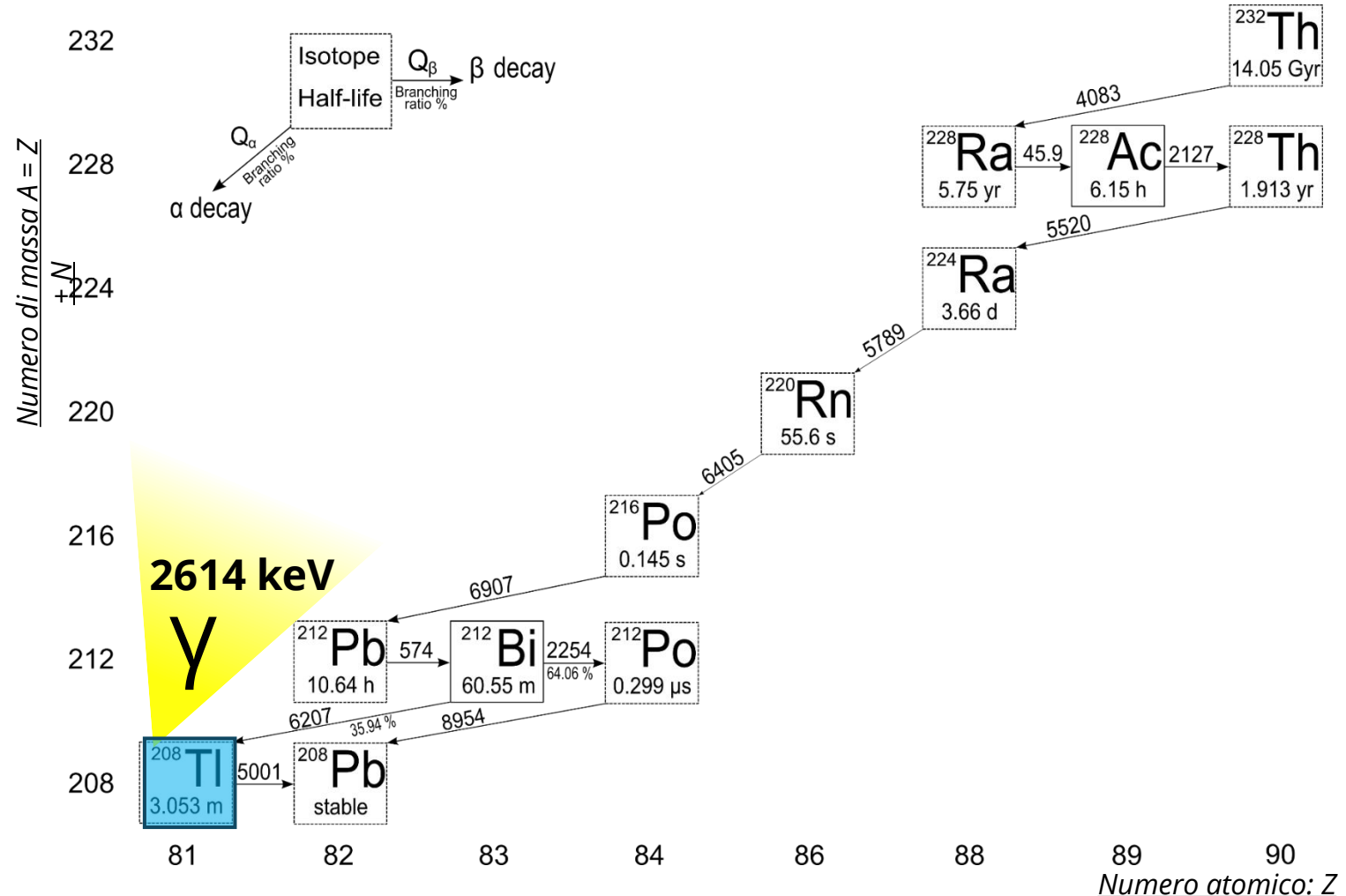


- Tutti i prodotti di decadimento che si trovano nella catena hanno vita media più breve rispetto a quella degli elementi generatori della serie
- L'**equilibrio secolare** è una situazione nella quale la quantità di un isotopo radioattivo rimane costante perché il suo tasso di produzione (dovuto, ad es., al decadimento di un isotopo padre) è uguale al suo tasso di decadimento

^{238}U ci vogliono ben 14 trasformazioni affinché l' ^{238}U si trasformi in ^{206}Pb che è stabile

Il **torio-232**, che dispone di 142 neutroni, è l'isotopo più stabile del torio (10^{10} anni) e rappresenta quasi tutto il torio naturale.

- Decade molto lentamente attraverso decadimento alfa, in radio-228, iniziando un decadimento chiamato la "serie torio" che termina con il piombo-208. Questa serie comprende i seguenti elementi: **attinio, bismuto, piombo, polonio, radio e radon**.
- Il torio è stimato essere circa tre o quattro volte più abbondante dell'uranio nella crosta terrestre, ed è principalmente raffinato da sabbie di monazite e come un sottoprodotto dell'estrazione di terre rare.



Granito (roccia ignea intrusiva)



~1000 Bq/kg

Tufo (roccia magmatica)



~1800 Bq/kg

Marmo (calcareo)

~100 Bq/kg

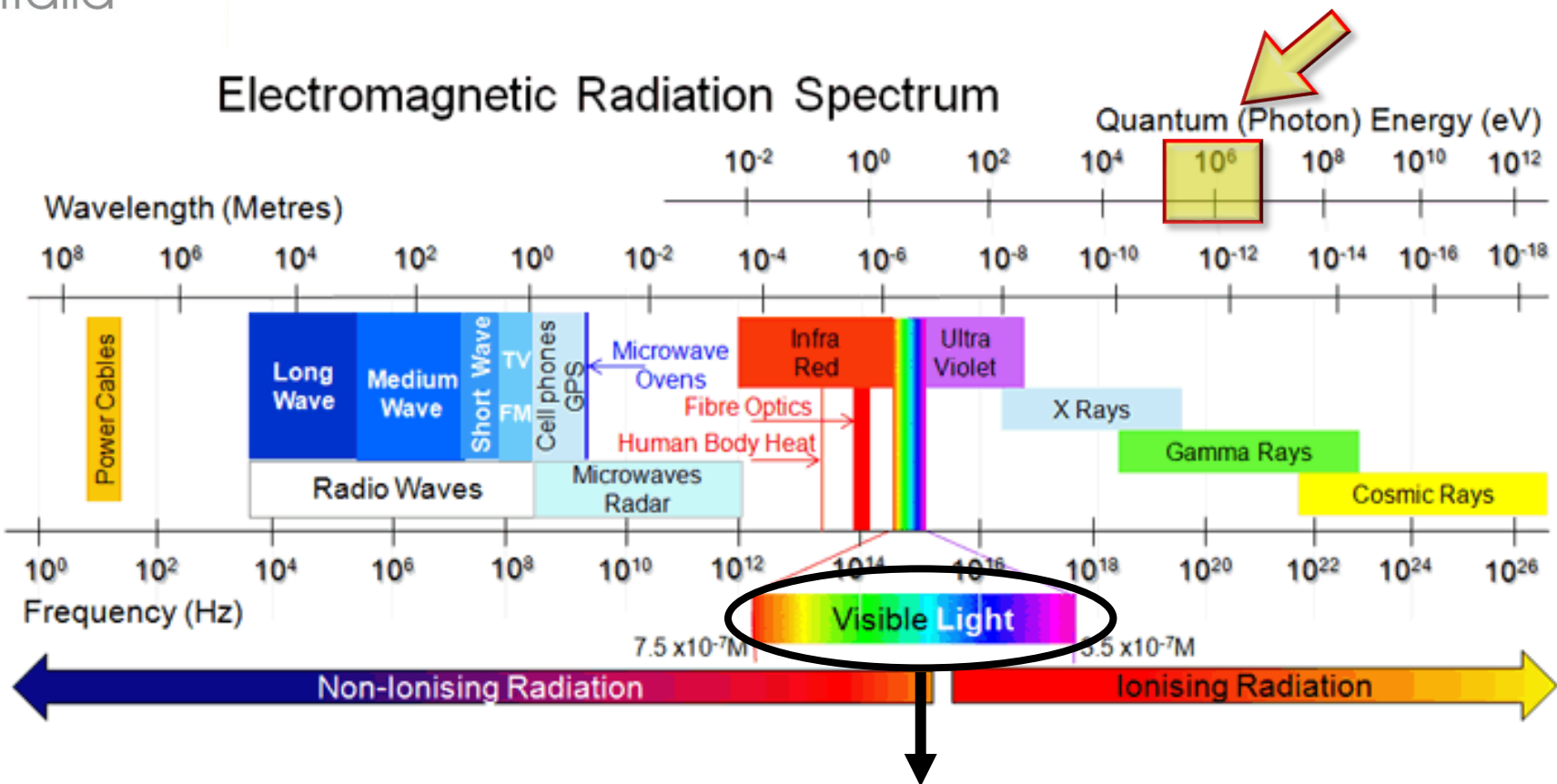


Gesso (sedimentaria)

~100 Bq/kg



Electromagnetic Radiation Spectrum



I fotoni γ , non possiedono carica e massa, interagiscono debolmente con la materia e di conseguenza hanno un elevato potere penetrante.

Ci sono diverse modalità di interazione la cui probabilità dipende dal numero atomico del mezzo assorbente e dall'energia del fotone incidente!

L'occhio umano può vedere solo luce di lunghezza d'onda tra ~370 nanometri e ~700 nanometri

I fotoni possono avere lunghezze d'onda diverse e quindi diverse energie: maggiore è l'energia, minore è la lunghezza d'onda.

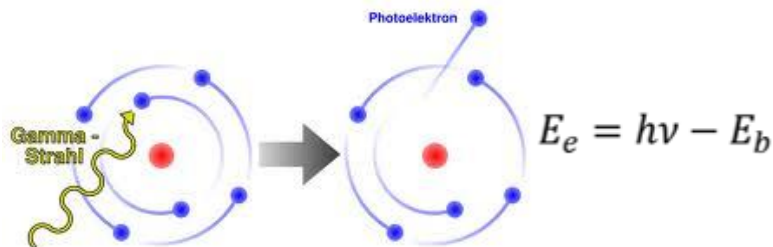
Se un fascio di fotoni con intensità I_0 attraversa uno strato di materiale di lunghezza l o di spessore di massa $x=\rho l$, l'intensità emergente dal piano sarà:

$$I(x) = I_0 e^{-\mu l} = I_0 e^{-(\mu x)/\rho}$$

Dove μ é il *coefficiente lineare di assorbimento* e μ/ρ il *coefficiente di assorbimento di massa*.

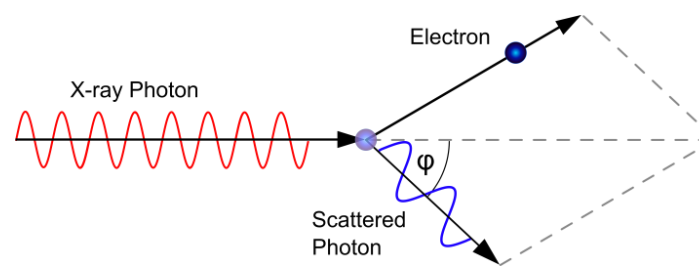
Principali meccanismi di interazione dei raggi gamma con la materia

Effetto fotoelettrico [$\gamma + \text{atomo} \rightarrow \text{ione} + e^-$]



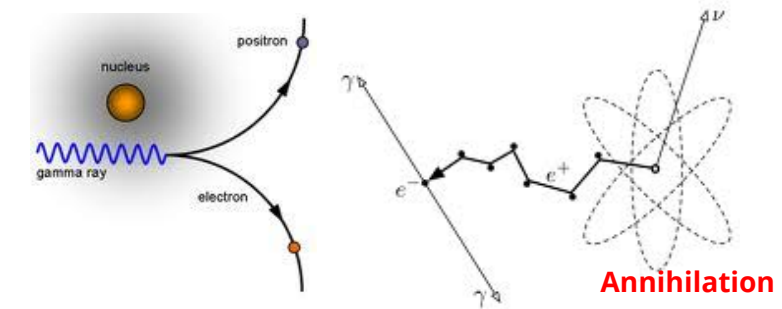
domina ad energie inferiori a 100KeV . In esso tutta l'energia del fotone viene trasferita all'elettrone atomico legato.

Effetto Compton [$\gamma + e^- \rightarrow \gamma' + e'^-$]



processo importante per energie intorno a 1MeV e riguarda gli urti elastici tra elettroni e fotoni.

Creazione di coppie [$\gamma + \text{nucleo} \rightarrow e^+ + e^- + \text{nucleo}$]



prevale per $E_\gamma > 2\text{MeV}$, in questo caso il fotone interagisce con la materia convertendo la sua energia in coppie (e^+e^-).

Come risultato dei tre meccanismi di interazione viene emesso un elettrone.

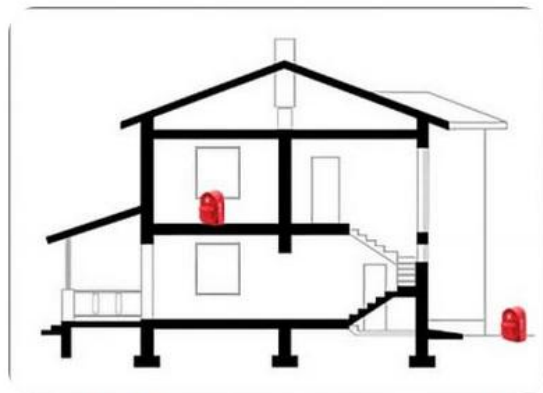


Zaino portatile per la rilevazione della radioattività ambientale!

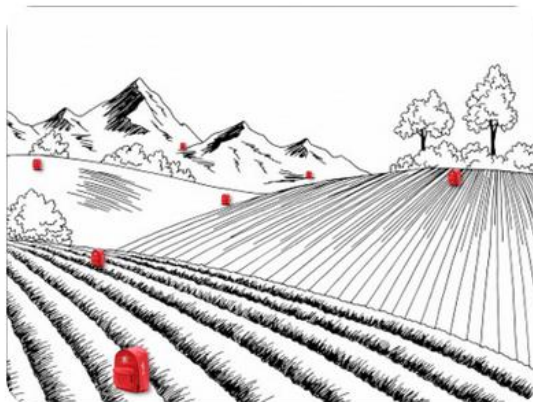
- NaI(Tl) (0,3 litri) Cristallo scintillante accoppiato a un PMT
Alimentazione inclusa
- Identificazione delle radiazioni naturali [^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K]
- Autonomia fino a 6-8 ore
- Tablet incluso con l'applicazione GammaEDU installata
Connettività Bluetooth e Wi-Fi
- Geolocalizzazione e possibilità di visualizzare la mappa su Google Earth

Adatto anche a studenti delle scuole superiori!

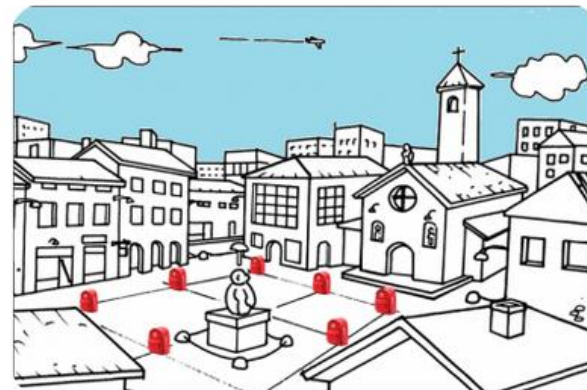




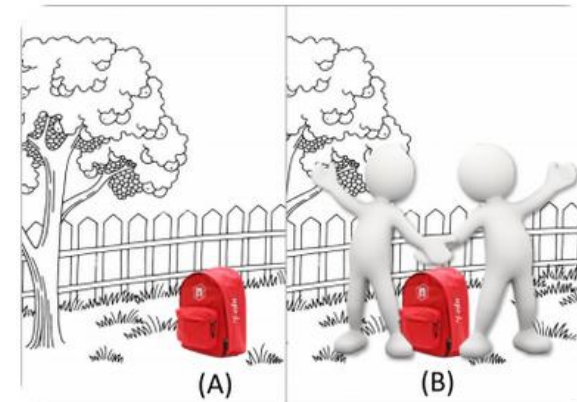
Radiological evaluation of the building materials



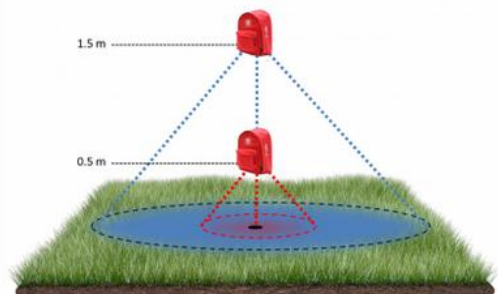
Geochemical and mineral exploration



Radioactivity maps production



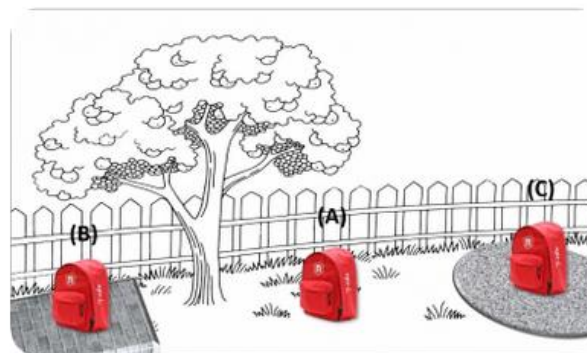
Human body Radioactivity



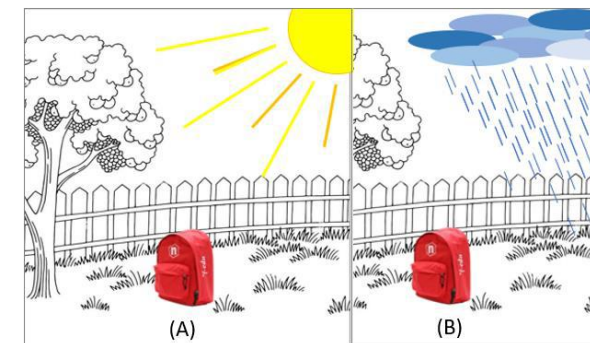
γ Environmental detection as a function of the soil distance



Environmental monitoring in field



Ground coverage Effect on the Environmental Monitoring



Soil water content evaluation with gamma ray spectroscopy

Digital MCA Unit - S2580 - GAMMASTREAM

- Alimentatore di alta tensione ($0 \div +1500V/500 \mu A$) - Preamplificatore di carica - Analizzatore digitale a più canali (ADC a 12 bit e 62,5 MHz) per spettroscopia di scintillazione
- Accoppiato con NaI(Tl) e un PMT a 14 pin
- Funzionamento completamente autonomo con CPU integrata, unità di archiviazione dati (SSD) e alimentazione per un'operatività fino a 6/8 ore
- Connettività cablata e wireless tramite USB, Ethernet, Wifi e Bluetooth
- Modalità di acquisizione: PHA, PHA con timestamp, Ispezione del segnale

Tablet

 Tablet 10' con GammaEDU Application



Applicazioni

- Rilevamento e spettroscopia gamma ambientale
- Mappatura delle aree a rischio radon
- Monitoraggio ambientale sul campo
- Esplorazione geochimica e mineraria
- Statistiche
- Protezione doganale e controllo delle frontiere



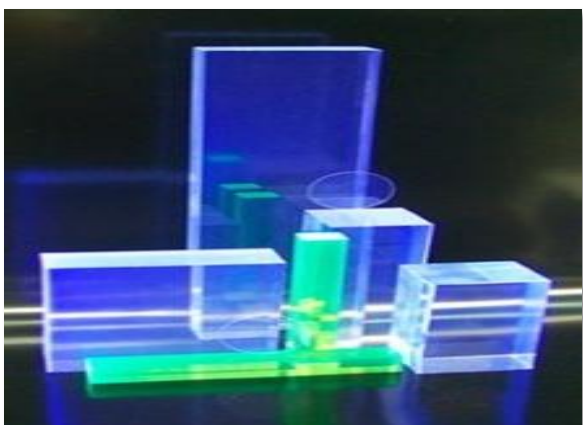
Scintillatore o cristallo scintillante

materiale in cui la ionizzazione/eccitazione prodotta dalla radiazione incidente induce l'emissione di luce visibile.

Come funzionano?

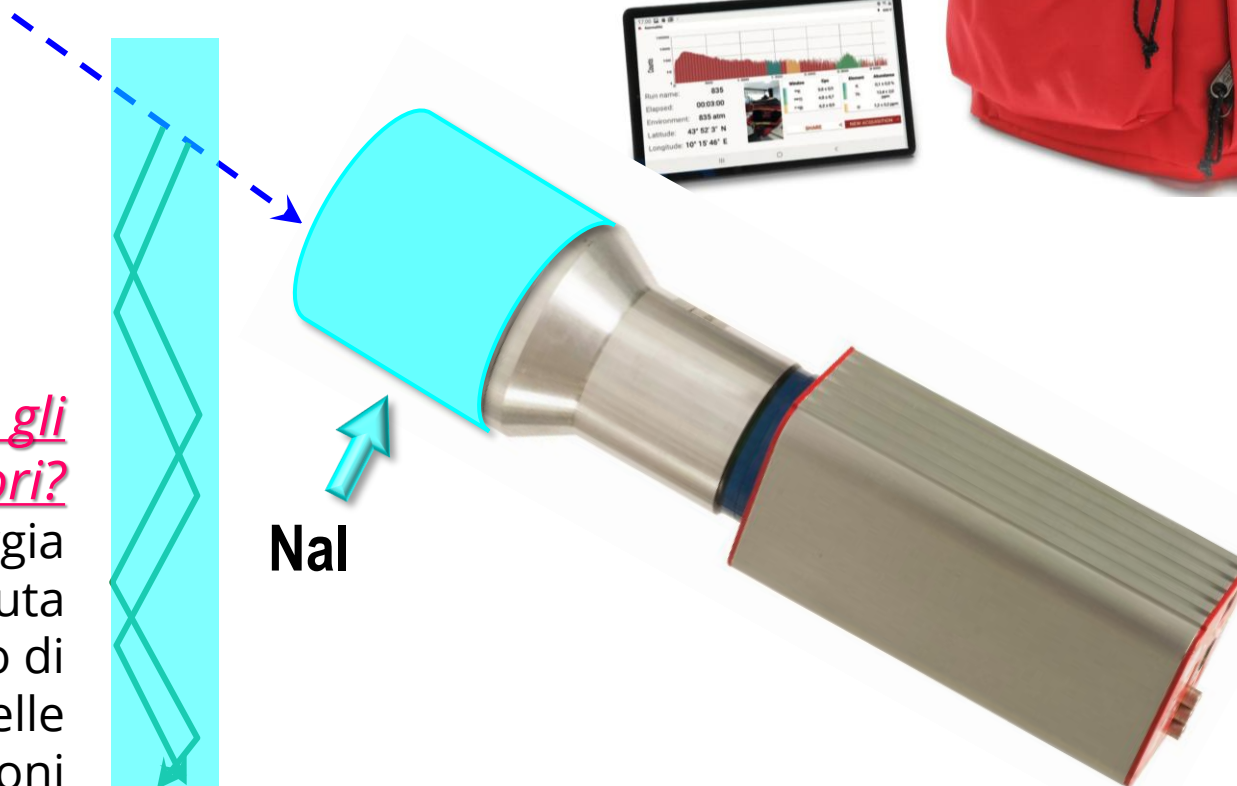
Le radiazioni eccitano le molecole in speciali materiali o composti.

La diseccitazione delle molecole produce una piccola frazione di energia ottica rilasciata
Questa luce si propaga fino all'esterno dello scintillatore



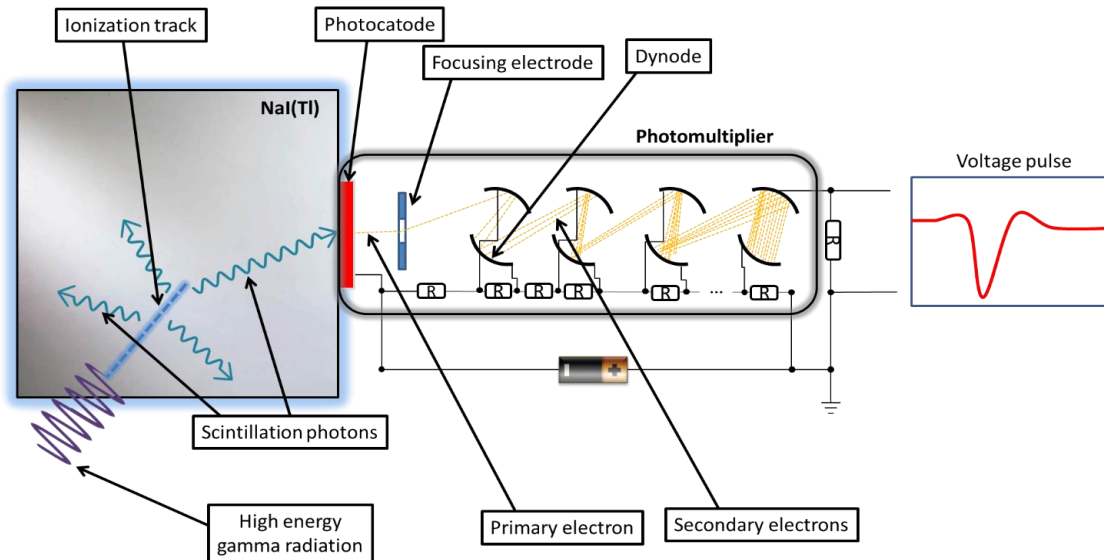
A cosa servono gli scintillatori?

- A misurare l'energia ceduta
- A misurare il tempo di passaggio delle radiazioni



Fotorivelatori → Dai fotoni alla corrente elettrica!

Tubi Fotomoltiplicatori (PMT) sono composti da fotocatodo, ottica di raccolta e sezione moltiplicatrice. Il segnale elettrico complessivo viene raccolto all'anodo.

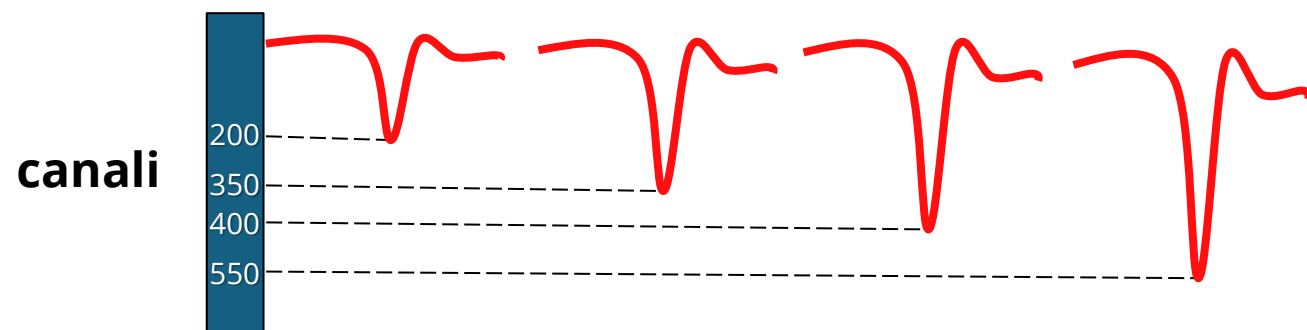


❑ *Raccolgono e trasformano la luce prodotta dallo scintillatore in un segnale elettrico*

❑ *L'intensità dell'impulso di corrente in uscita è proporzionale all'energia del fotone incidente!*



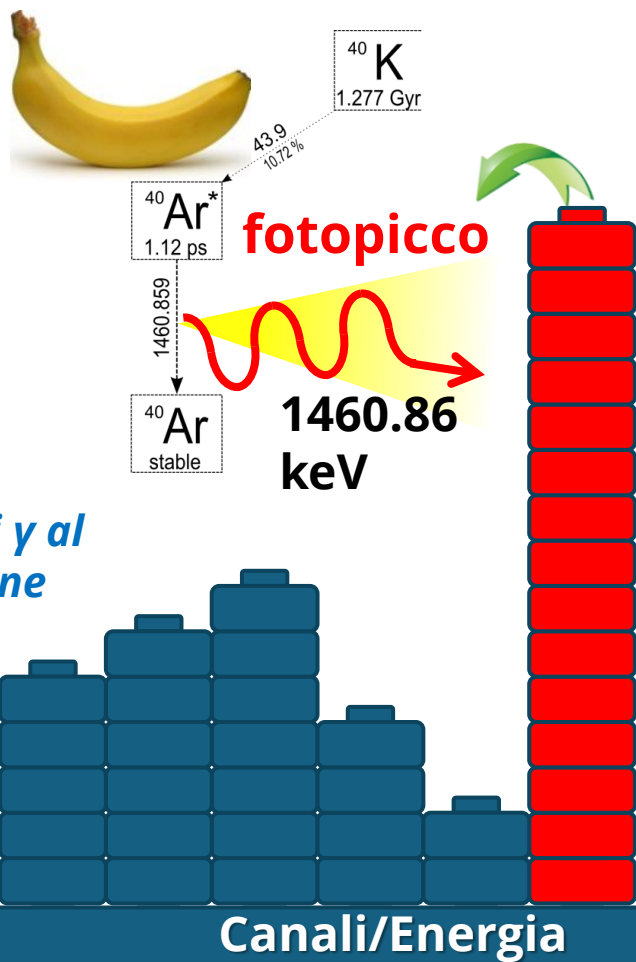
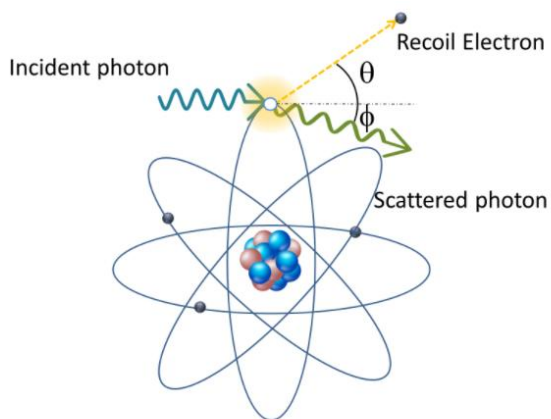
Il **multicanale (MCA)** è un dispositivo che classifica gli impulsi in ingresso in funzione della loro ampiezza, e li inserisce in una memoria. I contenuti d'ogni canale possono essere poi visualizzati in un grafico per dare uno spettro delle ampiezze d'impulso. Il multicanale digitalizza l'ampiezza dell'impulso entrante mediante un convertitore analogico digitale (ADC) e incrementa un canale di memoria il cui indirizzo è proporzionale al valore digitalizzato.



**Il canale di acquisizione è
proporzionale all'energia dei fotoni
incidenti!**

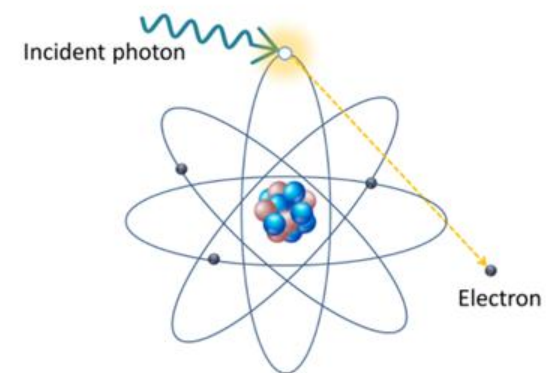


Tutti i fotoni, indipendentemente dal modo di interazione, alla fine depositeranno tutta l'energia nel rivelatore: nello spettro si formano gli eventi del **fotopicco** (photopeak o full energy peak) in corrispondenza dell'energia del fotone.



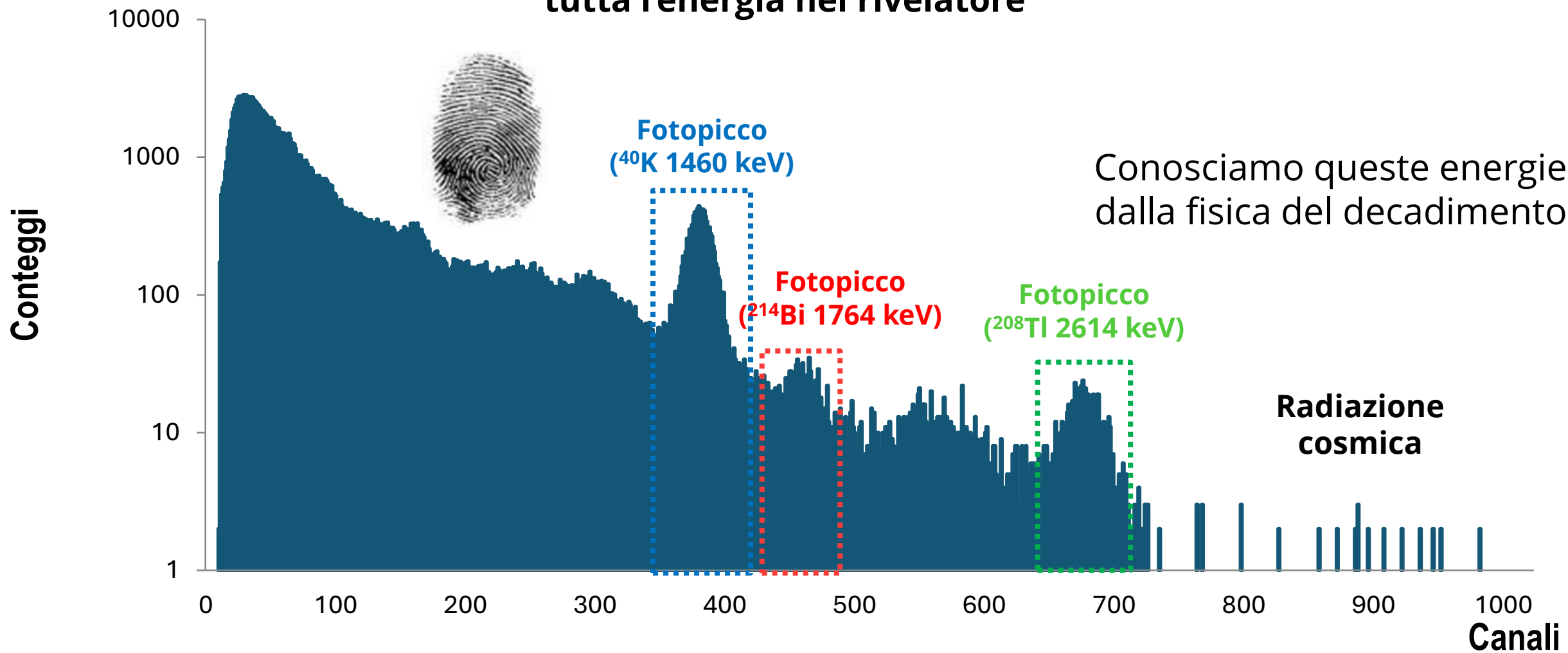
Per un fascio di fotoni incidente monoenergetico

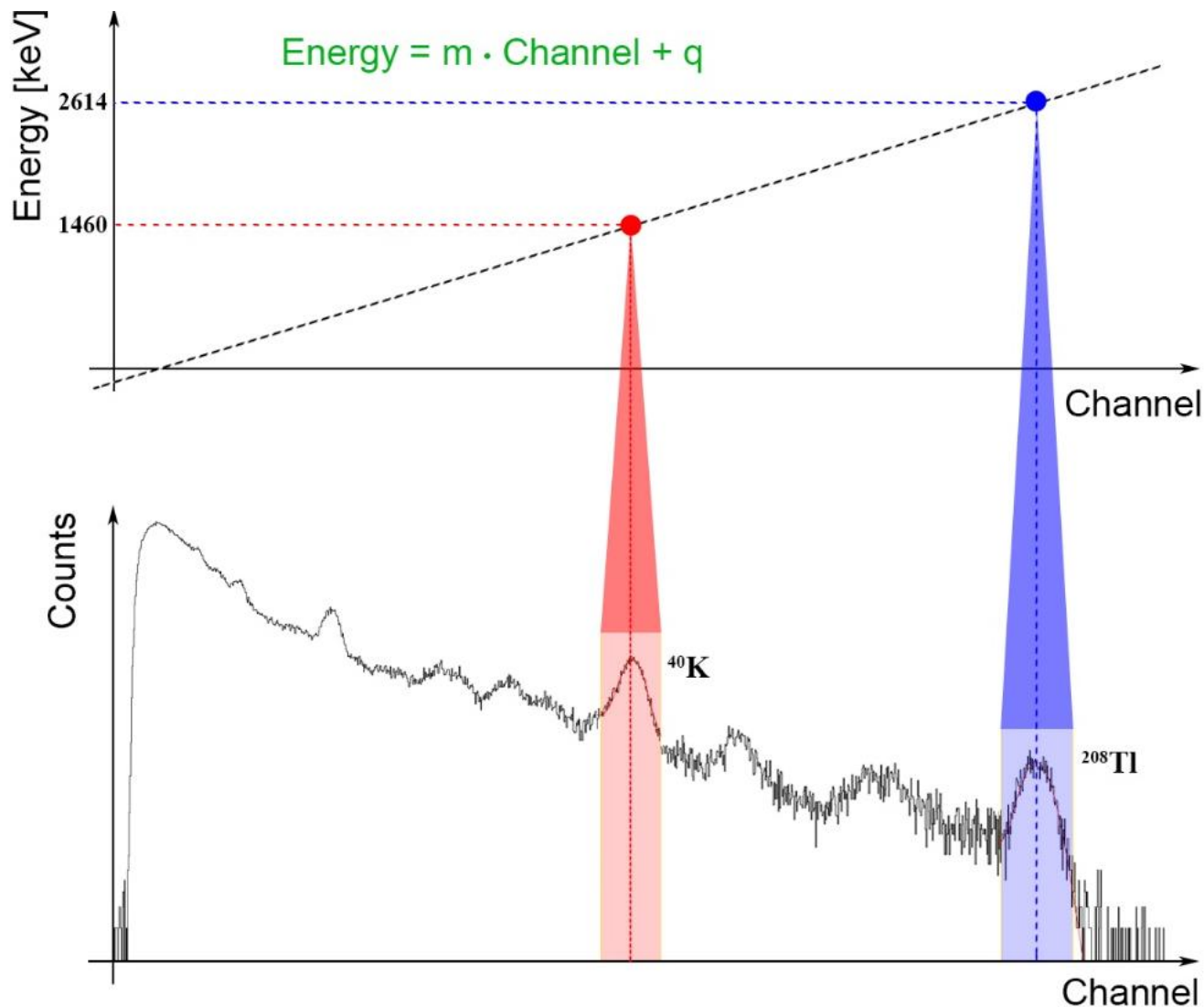
Tutta l'energia del gamma incidente viene ceduta a un elettrone per effetto fotoelettrico



Parte di spettro corrispondente ad un trasferimento parziale di energia dei fotoni γ al rivelatore causato da processi d'interazione

In uno spettro gamma si riconoscono i **FOTOPICCHI**, che corrispondono ai fotoni che arrivano al rivelatore con **energia uguale a quella con cui sono stati emessi** e che **hanno depositato tutta l'energia nel rivelatore**



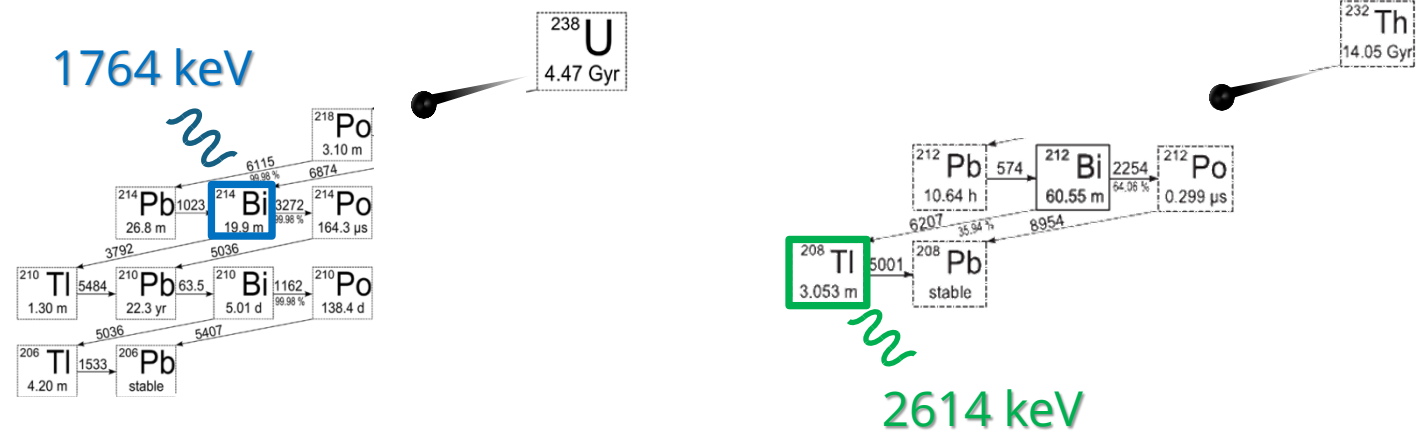
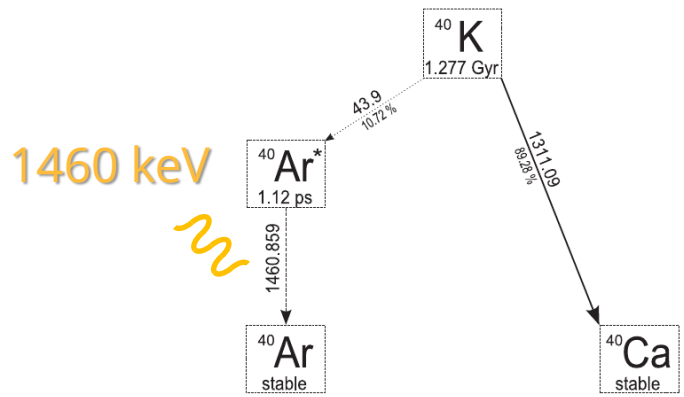


Per capire quale sia l'energia corrispondente a un determinato canale di acquisizione, lo spettro deve essere calibrato energeticamente, il che significa determinare la relazione lineare esistente tra canale ed energia sulla base di strutture spettrali ben note

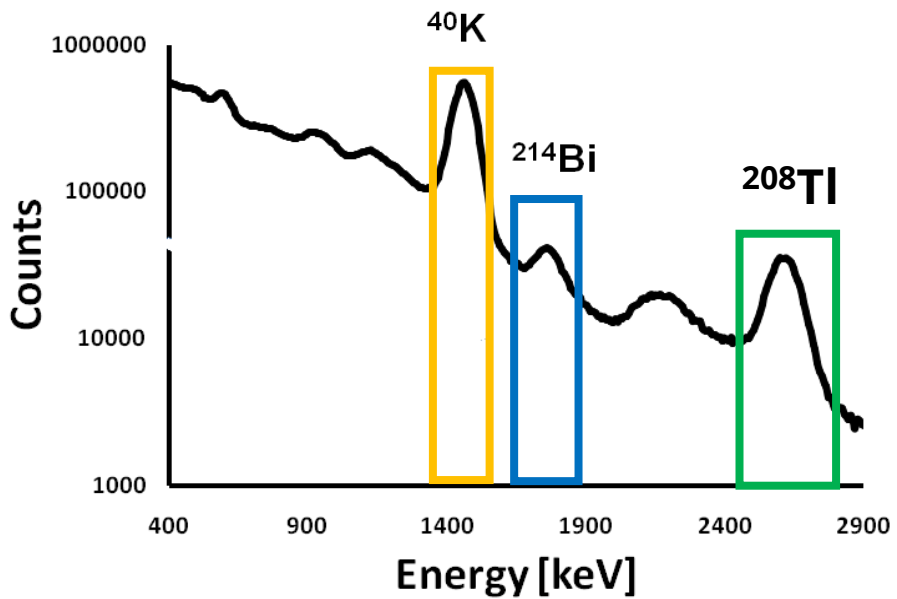
$$E(keV) = G \left(\frac{keV}{Ch} \right) \cdot C(Ch) + I(KeV)$$

- I è l'intercetta
- G è il coefficiente angolare della retta
- C è il canale

Le regioni di interesse nello spettro



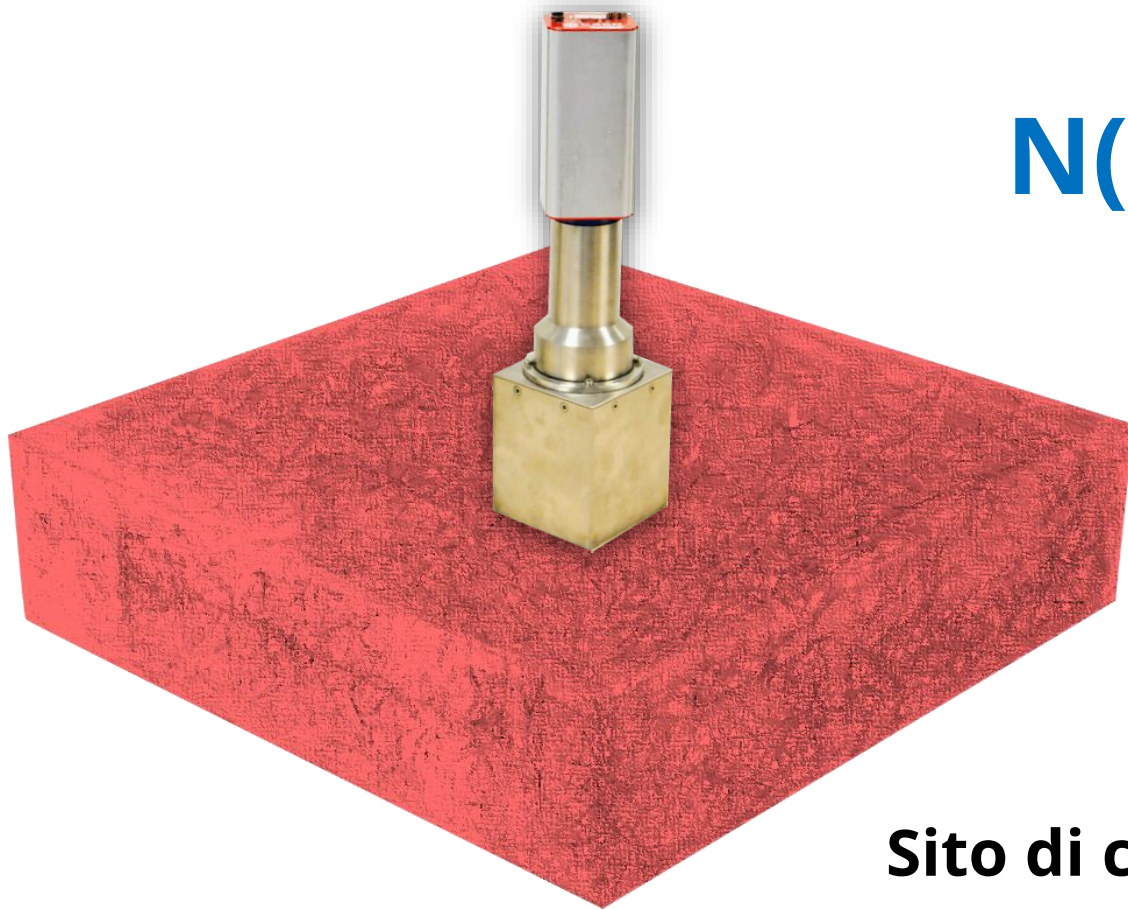
Nuclide	ROI (keV)
^{40}K	1370-1570
^{214}Bi	1660-1860
^{208}Tl	2410-2810



Count rate: numero di conteggi per unità di tempo

$$n_i[\text{cps}] = \frac{N_i[\text{conteggi}]}{T[\text{s}]}$$

Dai conteggi alle abbondanze: la calibrazione



$$N(\text{cps}) = A \cdot S$$

$$S = A^{-1} \cdot N$$

S rappresenta il coefficiente di
sensibilità del detector

$$A = N \cdot S^{-1}$$

Sito di calibrazione con abbondanze (A) di U Th e K
note



Risultati di Misura

Geolocalizzazione

foto

CPS degli Isotopi ^{40}K , ^{214}Bi , ^{208}Tl

Stima delle abbondanze di ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th

Dati

Mostrati su Google Earth

.kmz file

Facili da condividere

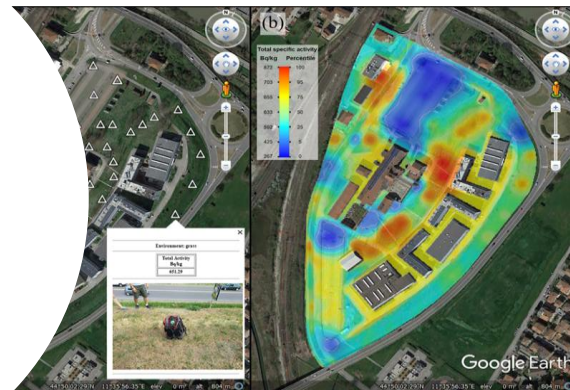
Interfaccia

Connessione Bluetooth

Sviluppo di Mappe

Studi nel campo delle scienze della Terra

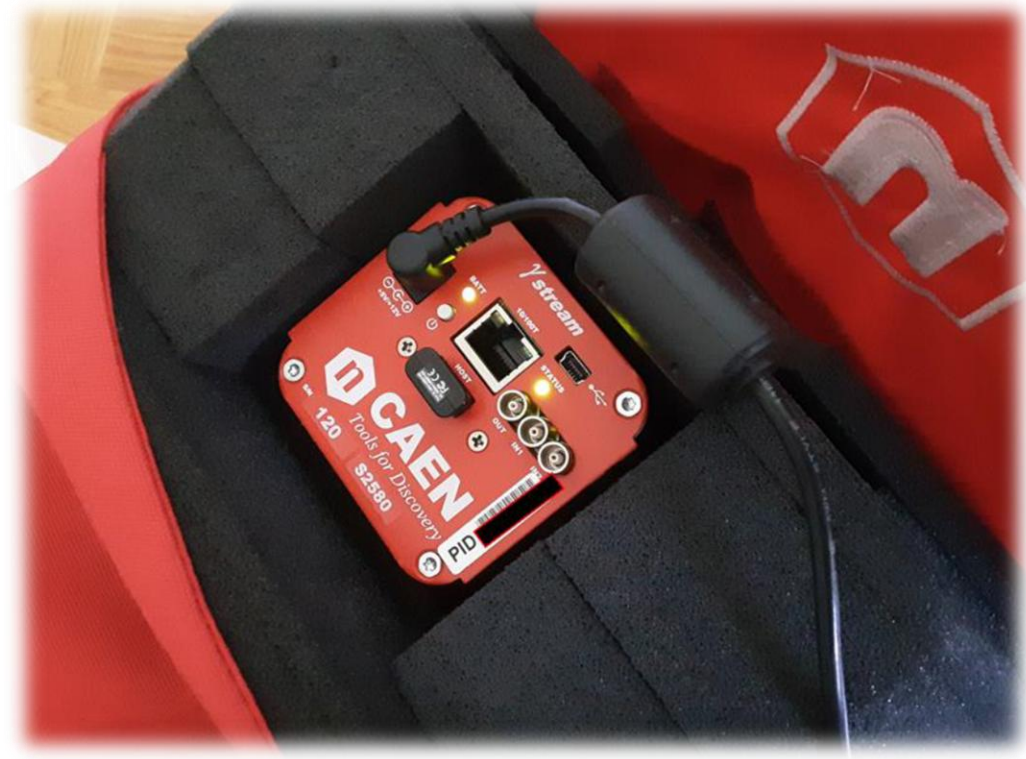
Nuovo software per la realizzazione di mappe con intensità di colori associata al contributo radioattivo locale!





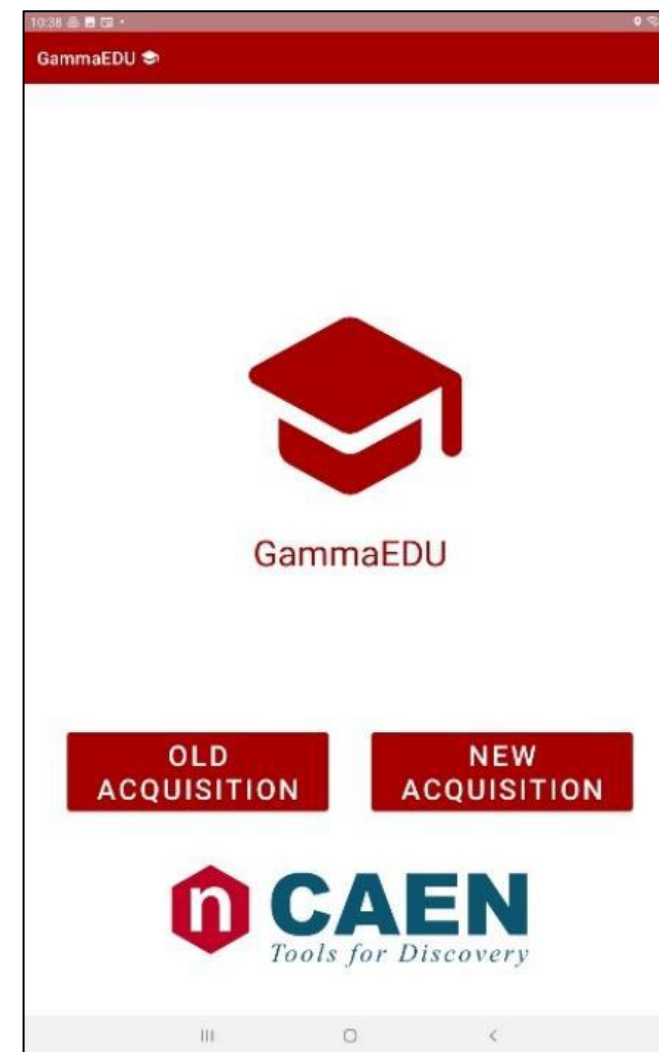
Come si utilizza lo strumento (1)

- ❑ Premere il tasto di accensione
- ❑ Verificare che la luce dello stato sia verde
- ❑ Posizionare lo zaino nel punto di interesse





- Attivare il tablet e collegarlo via Bluetooth allo strumento di misura
- Lanciare App GammaEDU
- Selezionare «New Acquisition»



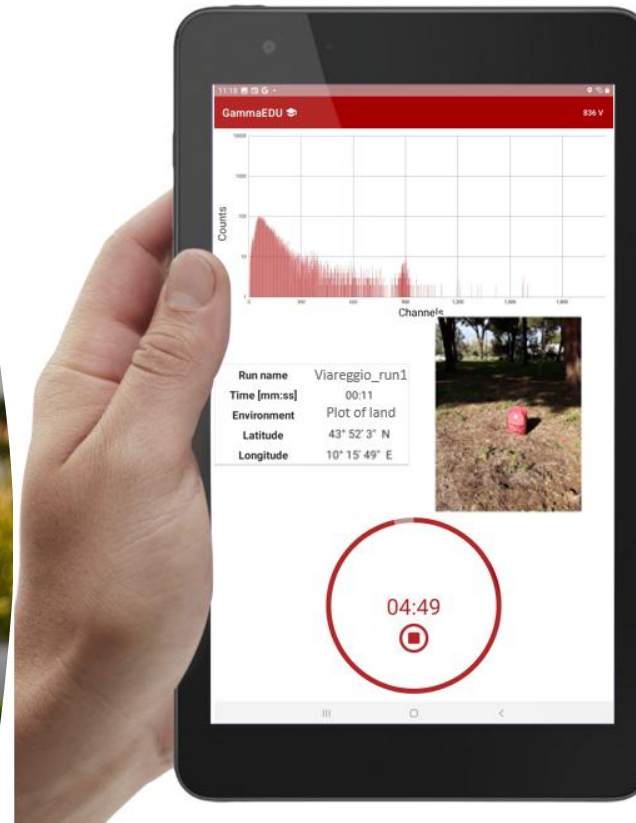


Scrivere il nome della
misura

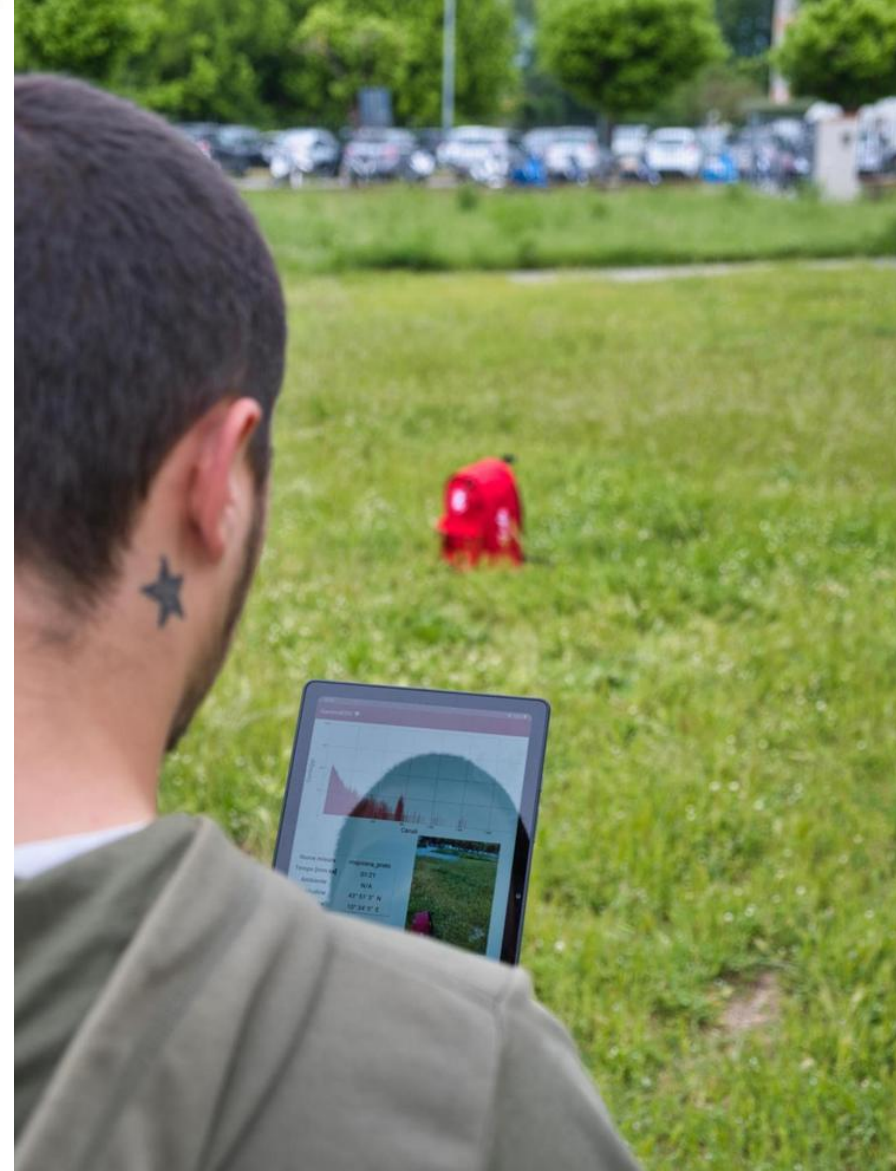
Prendere nota
dell'ambiente
circostante

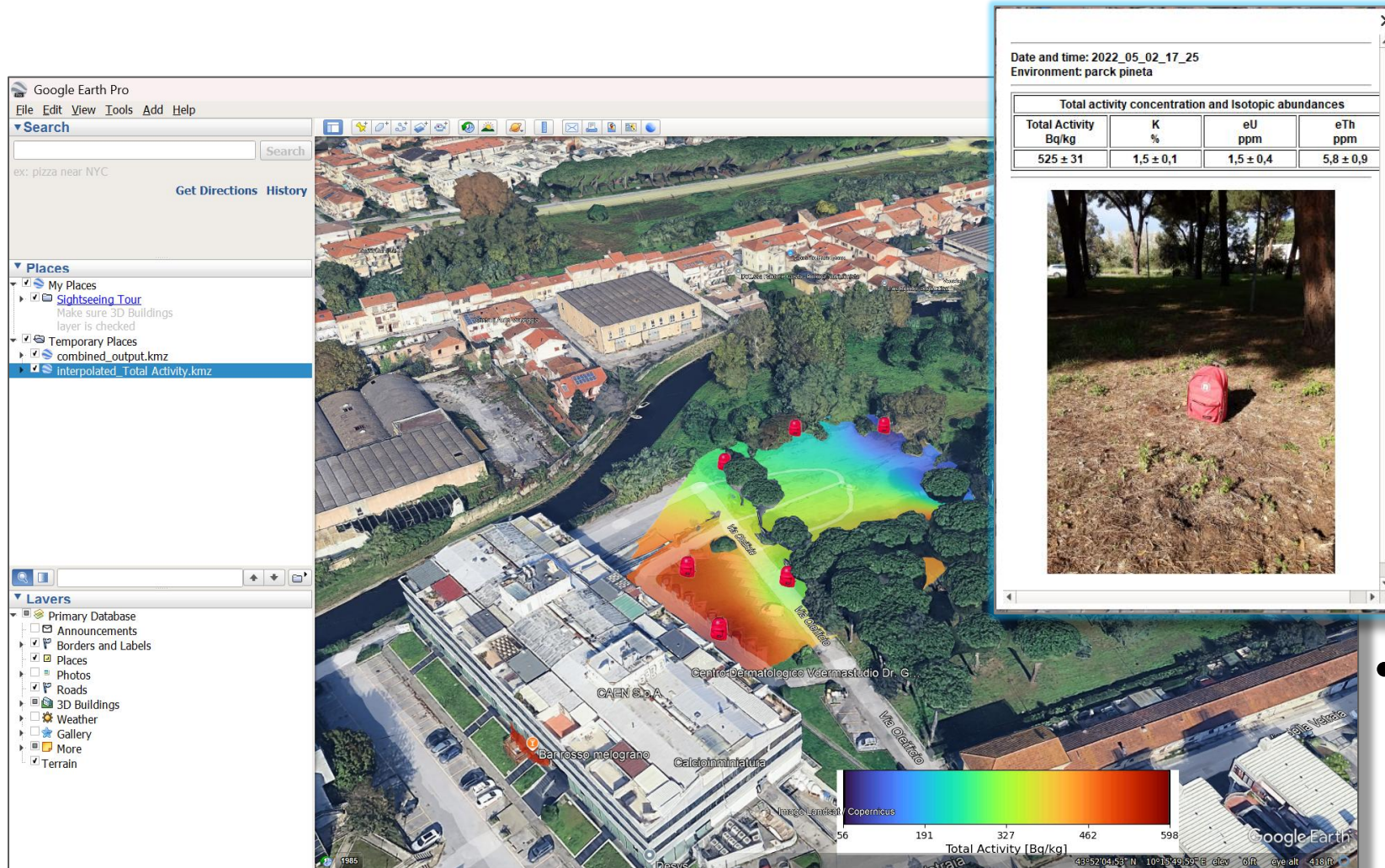
Scattare una foto
del sito di misura

Impostare il tempo di
misura

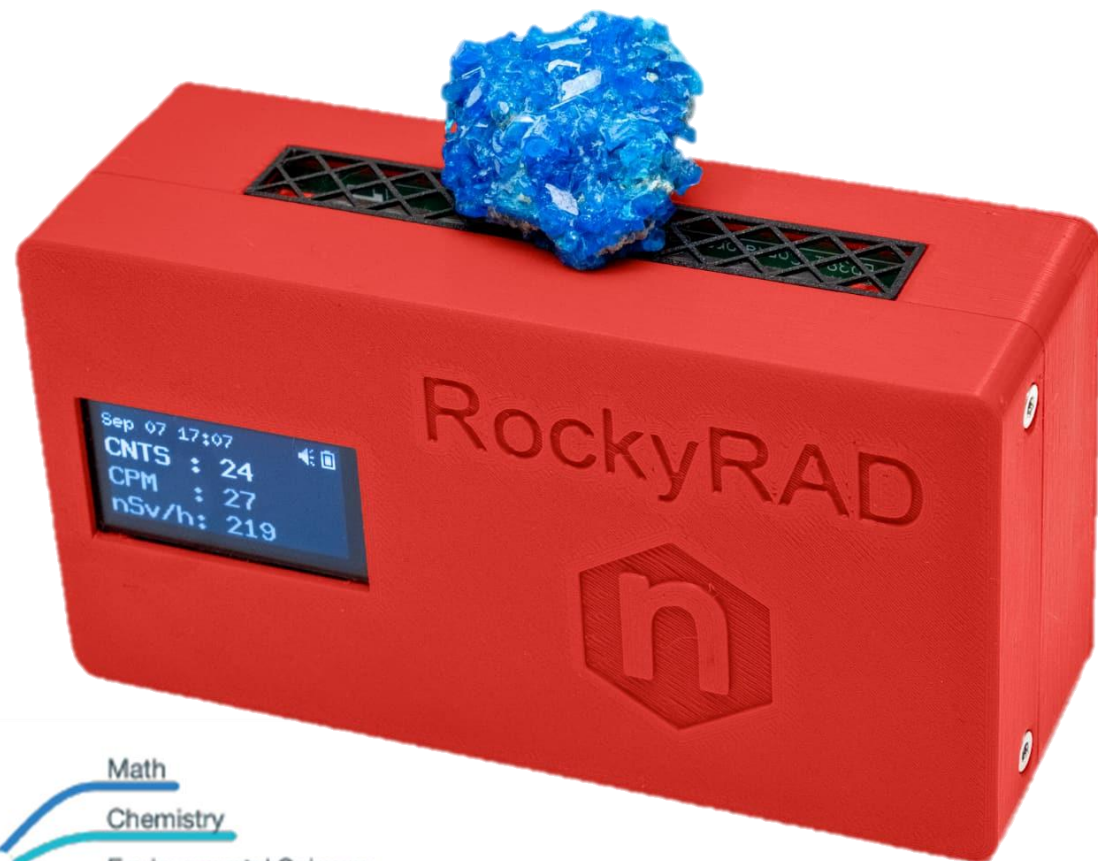


- ❑ Imparare a pianificare le misure in situ con uno spettrometro gamma
- ❑ Misurare le abbondanze e l'attività specifica dei radionuclidi
- ❑ Interpretare criticamente i risultati





- Trasferire i dati su Google Earth



Contatore Geiger portatile per radiazioni nucleari

Modulo Geiger

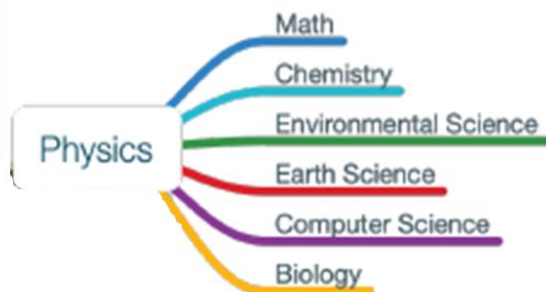
- Geiger Module GM J305
- Display OLED 128x64 pixels 1.54"
- Intervallo di Misura: 10 nSv/h – 50 µSv/h
- Sensitivity: 44 CPS/10 µSv/h (relative to ^{60}Co)
- Dimensione: 71 * 136 * 43.8 mm³
- Connessione Bluetooth

Alimentato a batteria

- Rechargeable Li-Ion battery, 3.7Vdc, 10Ah, 37Wh
- Power Consumption ~ 0.05W
- Power Supply: 5 V (USB-C)

Set di rocce e minerali incluso

Ogni kit RockyRAD include diversi campioni di rocce per esperimenti di rilevamento immediato.



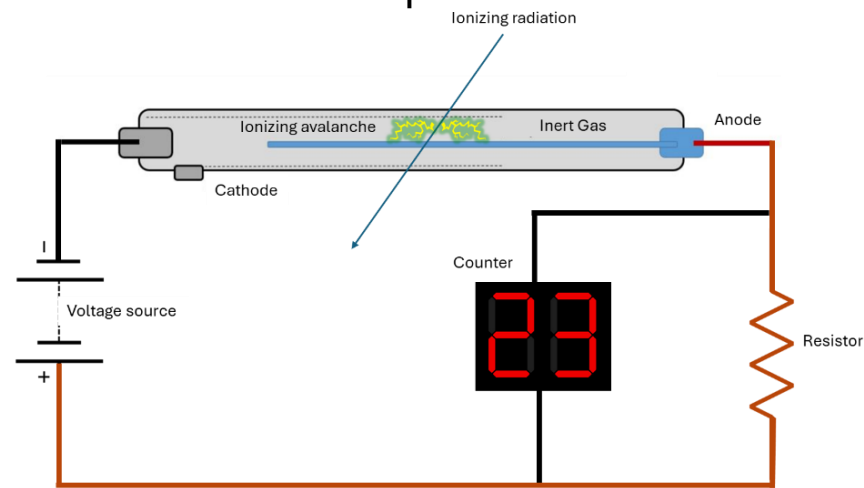


Il rivelatore - Tubo Geiger-Müller

Il tubo Geiger-Müller è un dispositivo usato per rilevare radiazioni ionizzanti, come quelle alfa, beta, gamma e X.

È composto da un cilindro metallico (catodo) e un filo centrale (anodo), immersi in un gas speciale. Quando una particella radioattiva entra nel tubo, colpisce le molecole di gas, ionizzandole e creando una scarica elettrica. Questa scarica genera un impulso che viene registrato e conteggiato.

Il tubo Geiger-Müller permette di contare le particelle ionizzanti, aiutando a misurare la presenza di radiazioni in modo semplice ed efficace.





Caratteristiche Principali

- Avviare nuove sessioni di misurazione
- Catturare prove fotografiche legate a letture specifiche
- Specificare gli intervalli temporali di misurazione
- Organizzare e recuperare i dati raccolti in modo efficace

Informazioni del Display

- Conteggi Totali [Counts]
- Conteggi per Minuto [CPM]
- Rateo di Dose Equivalente

Interfaccia

- Connessione Bluetooth



L'applicazione RockyRAD richiede uno smartphone Android™ con versione Android™ dalla 11 in poi!



«Tutto è veleno: nulla esiste di non velenoso. Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto.»

Paracelso (Einsiedeln, 14 novembre 1493 – Salisburgo, 24 settembre 1541)

...anche l'acqua può essere letale se ne bevete più di 8 litri!



«Tutto è veleno: nulla esiste di non velenoso. Solo la dose fa in modo che il veleno non faccia effetto.»

Paracelso (Einsiedeln, 14 novembre 1493 – Salisburgo, 24 settembre 1541)

...anche l'acqua può essere letale se ne bevete più di 8 litri!

DNA (acido desossiribonucleico) molecola che contiene tutte le informazioni che occorrono alla cellula. Custodisce un codice composto da coppie di basi azotate che può essere letto e riprodotto dalle cellule.

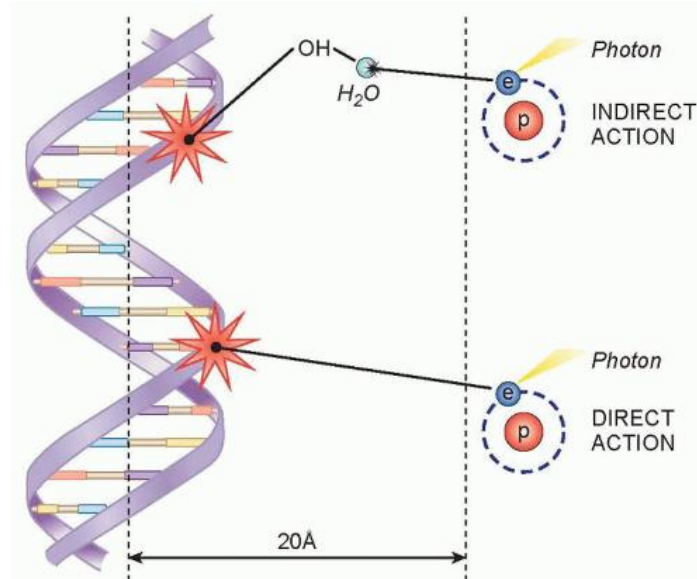
Le radiazioni ionizzanti interagiscono con la materia mediante la ionizzazione.

DANNI DIRETTI

la radiazione crea ionizzazione nella macromolecola di DNA che viene danneggiata direttamente.

DANNI INDIRETTI

Il corpo umano è composto per circa il 70% di acqua, che è il primo elemento a subire ionizzazione. Questa ionizzazione produce radicali liberi, come il radicale ossidrilico (OH⁻), che possono interagire con le macromolecole cellulari, inclusi il DNA nel nucleo, causando potenziali danni.



Nel Sistema Internazionale l'unità di dose assorbita è il Gray (Gy) che è definito come la cessione di 1 Joule (unità di energia del SI) per ogni Kg di materia (1 J/Kg)

L'energia ceduta per unità di massa dalla radiazione ionizzante
Dose D (Gy = Gray = J/kg).



Louis Harold Gray
(Londra, 10 novembre
1905 – 9 luglio 1965)

Per quantificare l'impatto sugli organismi della radiazione ionizzante bisogna tener conto del tipo di radiazione e della radiosensibilità degli organi.

La **dose equivalente H_T** (Sv = Sievert = J/kg) misura la dose assorbita dal tessuto T a secondo del "tipo" di radioattività:

$$H_T = w_R D$$

dove w_R è un "peso" per il "tipo" di radiazione

Tipo di rad.	w_R
e; g; X	1
alpha	20

La **dose efficace E** (Sv = Sievert = J/kg) è la somma ponderata delle dosi equivalenti per i vari tessuti: tiene conto della diversa radiosensibilità degli organi irraggiati:

$$E = \sum_T w_T H_T$$

dove w_T è un "peso" per il "tipo" di tessuto

Organi	w_T
Gonadi	0.20
Midollo osseo, colon, stomaco, polmone	0.12
Vescica, mammella, fegato, esofago, tiroide, altri organi	0.05
Pelle, superfici ossa	0.01

Riferimenti per le Misure con il RockyRAD

CPM	Rateo di Dose Stimata [nSv/h]	Ambiente e Commenti
14-34	114-274	Radiazione di fondo naturale tipica, corrispondente a una dose annuale di $1-2,4 \cdot 10^3 \mu\text{Sv}$.
28-48	228-388	Rappresenta un aumento di $10^3 \mu\text{Sv}$ all'anno rispetto al fondo tipico, in linea con il limite di esposizione pubblica.
281	2282	Il limite di esposizione annuale standard per i lavoratori esposti alle radiazioni nell'industria nucleare è pari a $2 \cdot 10^4 \mu\text{Sv}$.
493	4000	L'esposizione a questo livello durante i voli ad alta quota è generalmente sicura a causa della durata limitata dei voli. Lo stesso tasso di dose vicino a una sorgente a terra richiederebbe cautela e misure protettive, evidenziando l'importanza del contesto di esposizione.
6000	48720	Scala massima rilevabile dal dispositivo RockyRAD.

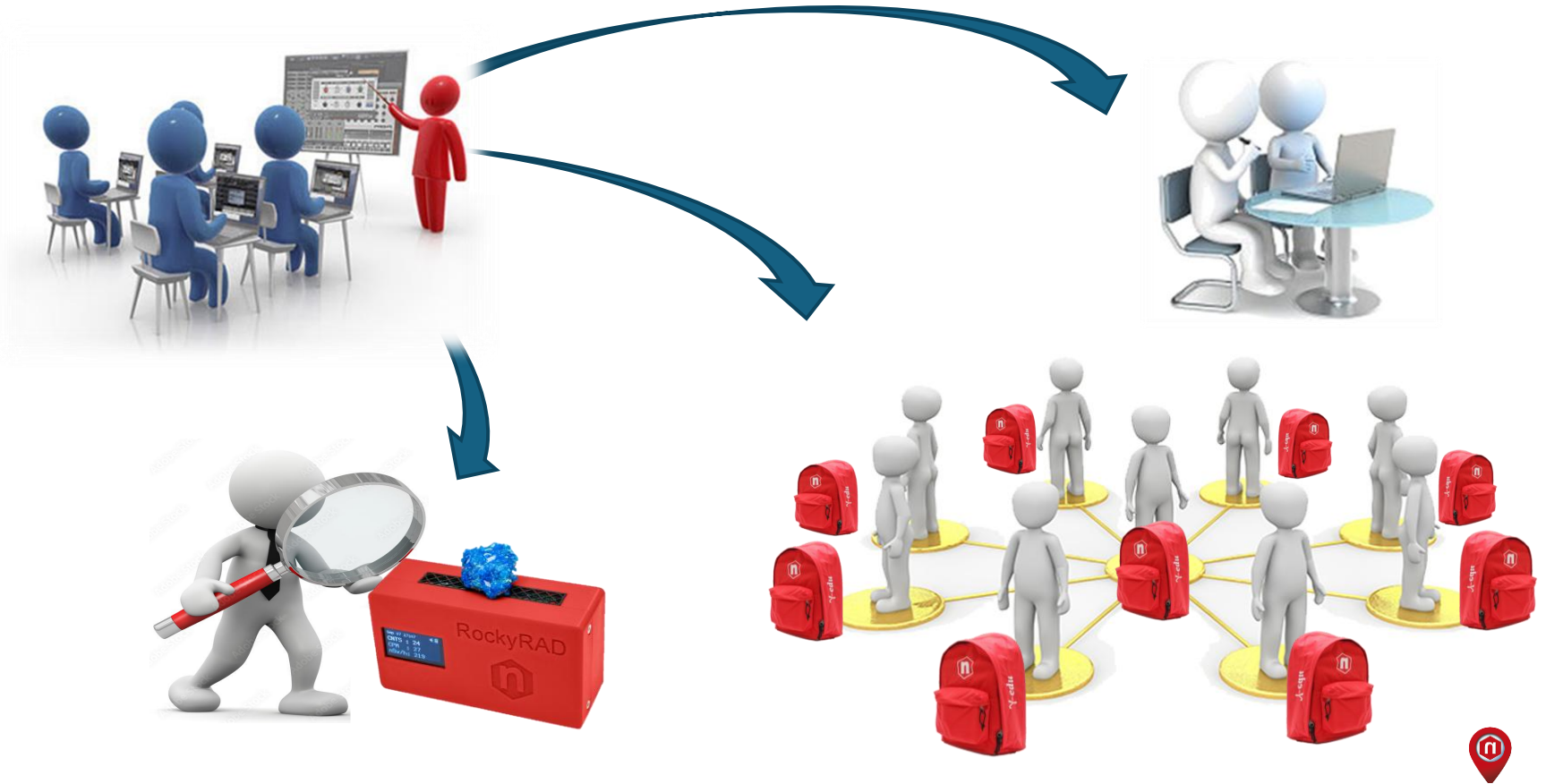
^[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation, united nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR) 2008 report, volume I: Report to the general assembly, with scientific annexes A and B-sources. United Nations, 2010.

^[2] ICRP, International Commission on Radiological Protection. "Dose limits". ICRPedia. ICRP. Retrieved 26 April 2022.

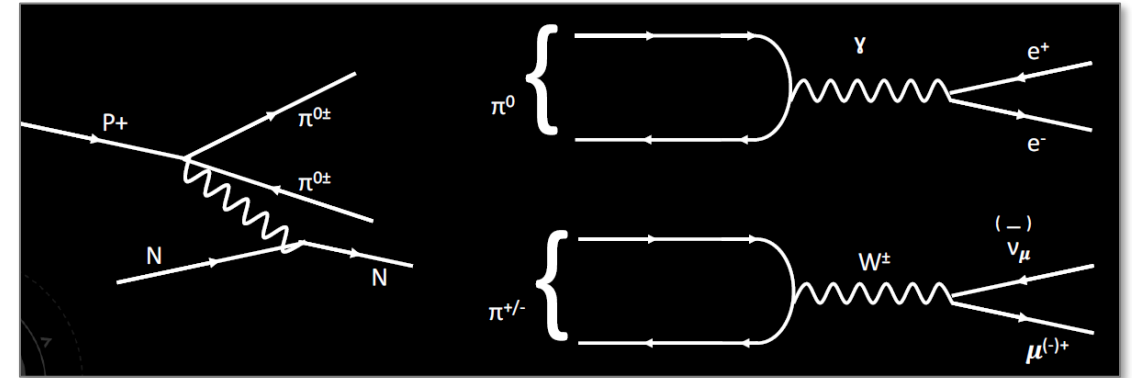
^[3] Directive 2013/59/Euratom - protection against ionising radiation". European Agency For Safety And Health At Work. European Agency For Safety And Health At Work. Retrieved 26 April 2024.

^[4] Shea, M.A.; Smart, D.F. (August 2001). Comment on Galactic Radiation Dose to Air Crews. 27th International Cosmic Ray Conference. Bibcode:2001ICRC...10.4071S.

Proviamo insieme!



I protoni cosmici ad alta energia entrano in collisione con i nuclei atmosferici e producono **sciami di adroni**.
L'unico decadimento interessante a causa della lunga durata sono i canali pionici. Il decadimento del canale π^0 produce e^\pm ma in atmosfera non ha un lungo raggio d'azione.
Altrimenti π^\pm decade μ^\pm dentro e hanno un raggio più lungo



I raggi cosmici a livello del mare sono costituiti da **muoni** ad alta energia (energia media 4 GeV), pioni, protoni e altri componenti soffici.

- La componente morbida è circa il 30% del flusso CR totale (secondo PDG, 2017)
 - La frazione di protoni ad alta energia è il 3,5% del flusso totale di muoni ad alta energia
- Muoni $\{m_\mu = 105,7 \text{ MeV}/c^2\}$**
- *Interazione elettromagnetica (o debolmente)*
 - *Non stabile $\rightarrow \tau(\mu) = 2.2 \times 10^{-6} \text{ s}$*
 - *Prodotto a $\sim 15 \text{ km}$ di altitudine*
 - *Energia media al suolo $\sim 4 \text{ GeV}$*
 - *Flusso di energia medio alto μ a livello del mare (PDG)* $I_\nu = 0.82 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{sr} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^2}$

Kit dedicato alla rivelazione dei Raggi Cosmici

Cosmic Hunter – SP5620CH

Un telescopio per muoni cosmici molto semplice!

Il sistema è composto da due piastrelle scintillanti e una scheda centrale che conta le coincidenze tra i rivelatori, visualizzando il conteggio su un display numerico.



SP5621 Coincidence Unit



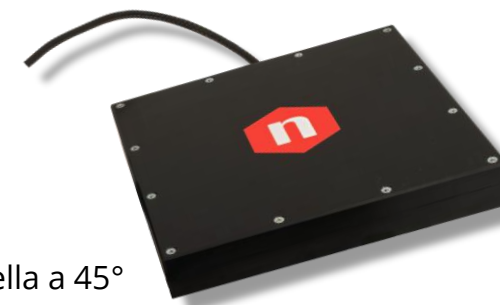
- L'unità principale ospita un microcontrollore basato su ESP32, il display e-book e alcuni circuiti di interfaccia e coincidenza.
- L'uscita dell'elettronica è LVDS e la scheda è alimentata a 5V.
- I comandi operativi riguardano il tipo di coincidenza (doppia, singola o anche tripla), il tempo di integrazione e si opera tramite i pulsanti START, STOP e RESET.

- **Basato su rivelatori SiPM e piastrelle scintillanti in plastica.**
- **Gestisce fino a 3 piastrelle scintillanti.**
- **Nessuna geometria fissa.**
- **Scheda SD per scaricare i dati.**
- **Nessun bisogno di interfaccia software.**

SP5622 Detection System

Ogni unità è composta da:

- Scintillatore plastico (15 x 15 x 1 cm²)
- Scheda elettronica front-end (amplificatore a transconduttanza e discriminator veloce)
- SiPM (4 x 4 mm²) montato nell'angolo della piastrella a 45°



Kit dedicato alla rivelazione dei Raggi Cosmici

Cosmic Hunter – SP5620CH

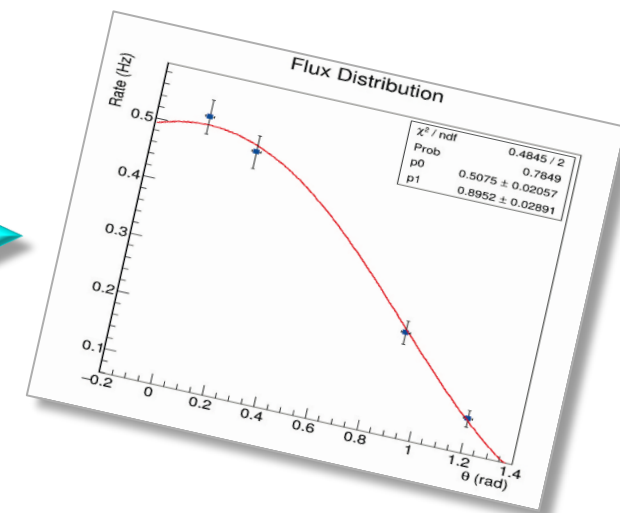
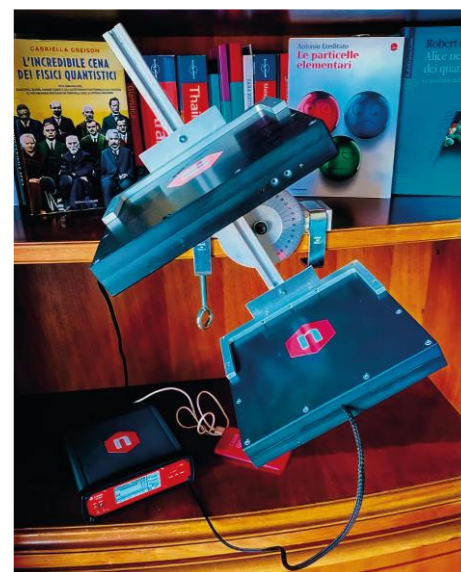


**Strumenti
aggiuntivi**

- **Basato su rivelatori SiPM e piastrelle scintillanti in plastica.**
- **Gestisce fino a 3 piastrelle scintillanti.**
- **Nessuna geometria fissa.**
- **Scheda SD per scaricare i dati.**
- **Nessun bisogno di interfaccia software.**

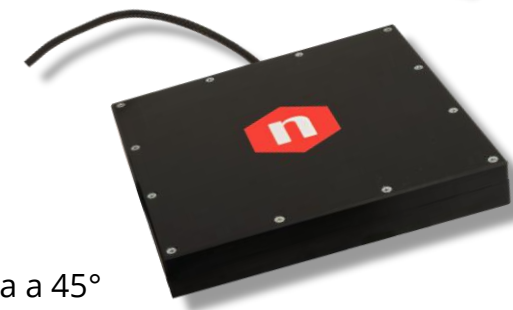
SP5609 - Telescope Mechanics

- Asse rotante con supporto per banco
- Morsetti con viti
- Kit di staffe angolari



SP5622 Detection System

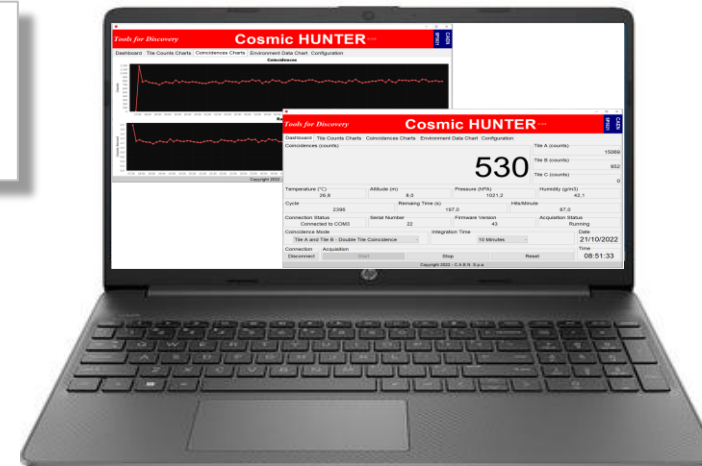
- Scintillatore plastico (15 x 15 x 1 cm²)
- Scheda elettronica front-end (amplificatore a transconduttanza e discriminator veloce)
- SiPM (4 x 4 mm²) montato nell'angolo della piastrella a 45°





CSMHUNT-2019114164338									
num	coinc	date	time	sec	RecTime	TOP	BOTTOM	EXT	COINC
1	T-B	14/1/2019	16:53:45	601	600	6552	8395	0	529
2	T-B	14/1/2019	17:3:45	1201	600	6838	8652	0	655
3	T-B	14/1/2019	17:13:44	1801	600	6649	8582	0	522
4	T-B	14/1/2019	17:23:44	2401	600	6621	8481	0	503
5	T-B	14/1/2019	17:33:44	3001	600	6647	8480	0	495

Cosmic Hunter Software



- **Basato su rivelatori SiPM e piastrelle scintillanti in plastica.**
- **Gestisce fino a 3 piastrelle scintillanti.**
- **Nessuna geometria fissa.**
- **Scheda SD per scaricare i dati.**
- **Nessun bisogno di interfaccia software.**
- **Nuovo software di gestione del modulo**

Tools for Discovery Cosmic HUNTER v1.0.9

Dashboard | Tile Counts Charts | Coincidences Charts | Environment Data Chart | Configuration

Data Persistence Configuration

Data Saving Data

Output File Path
C:\Users\pbarba\Documents\cosmichunter Select Folder

Altitude Correction Configuration

Current Offset (m): 73,7 Change Altitude Correction Altitude

Date/Time Configuration

Computer: 17:20:57 20/10/2022 Time

Device: 17:20:57 20/10/2022 Synchronize

Copyright 2022 - C.A.E.N. S.p.a.

Esperimenti:

- ✓ Statistica
- ✓ Rivelazione di muoni
- ✓ Flusso verticale di muoni su un rivelatore orizzontale
- ✓ Dipendenza del flusso di muoni dall'angolo di Zenith
- ✓ Coincidenze Casuali
- ✓ Efficienza di rivelazione
- ✓ Flusso di cosmici in funzione dell'altitudine
- ✓ Rivelazione degli Sciami Cosmici
- ✓ Radiazione Ambientate e Cosmica
- ✓ Misure di Assorbimento
- ✓ Monitoraggio dell'Attività Solare

Kit Consigliati



Accessori



 Questo simbolo suggerisce l'uso del kit per studenti giovani!

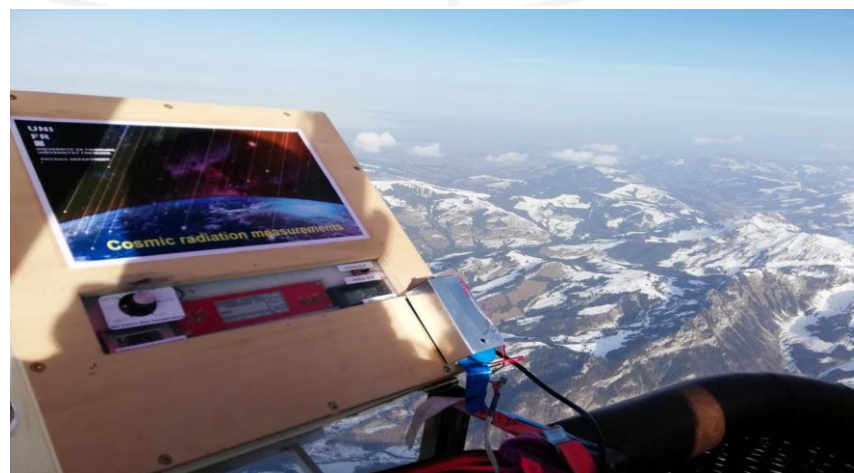


Les Rencontres de Physique de la Vallée d'Aoste

The INFN OCRA project involved many high school students with experiments measuring cosmic rays in Aosta (IT) and at high altitudes.



Commemorative balloon flight 25 January 2020



Prof. Hans Peter Back

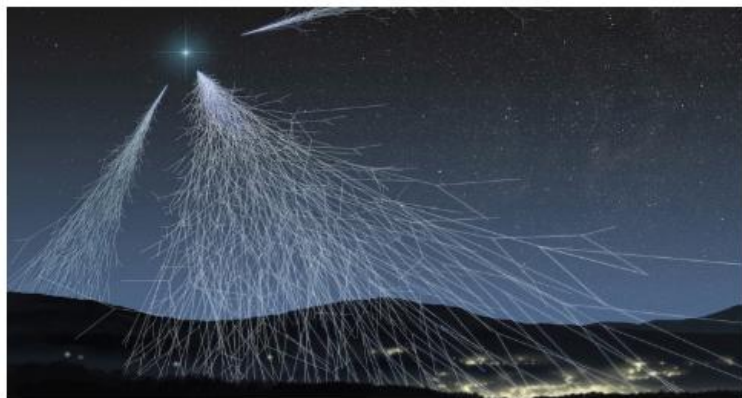
Albert Einstein Center for Fundamental Physics, University of Bern

Jonas Hoecker
Mr. Fluckiger

Volée 2019-2021

Radiographie terrestre avec les rayons cosmiques

Quel est le taux de rayons cosmiques en fonction de l'altitude et de la profondeur géologique? Théorie et mesures.



8369 mots

Rendu le 7 Janvier 2020

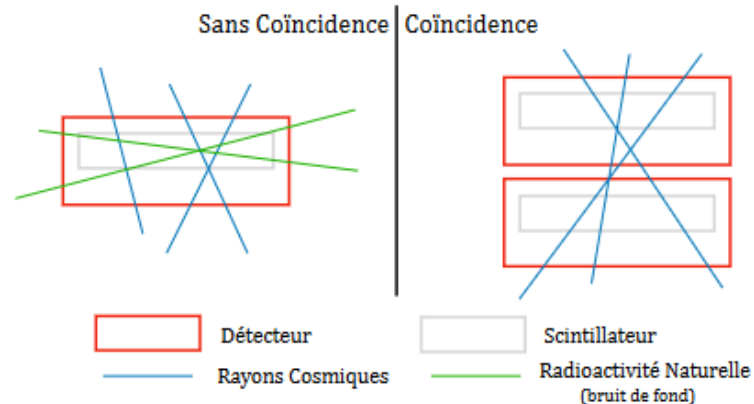


FIGURE 18 – Schéma expliquant le principe de coïncidence entre deux détecteurs à rayons cosmiques.

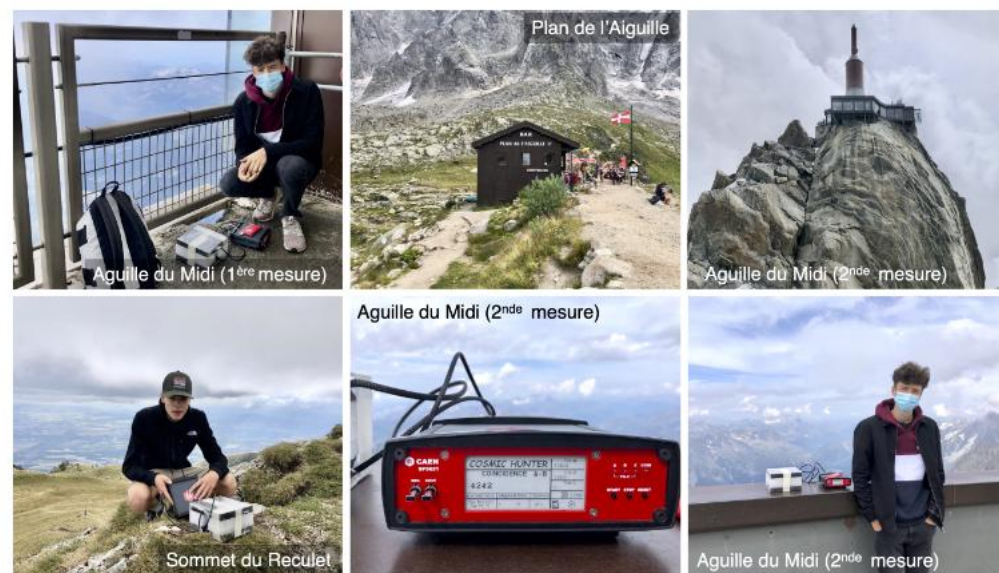
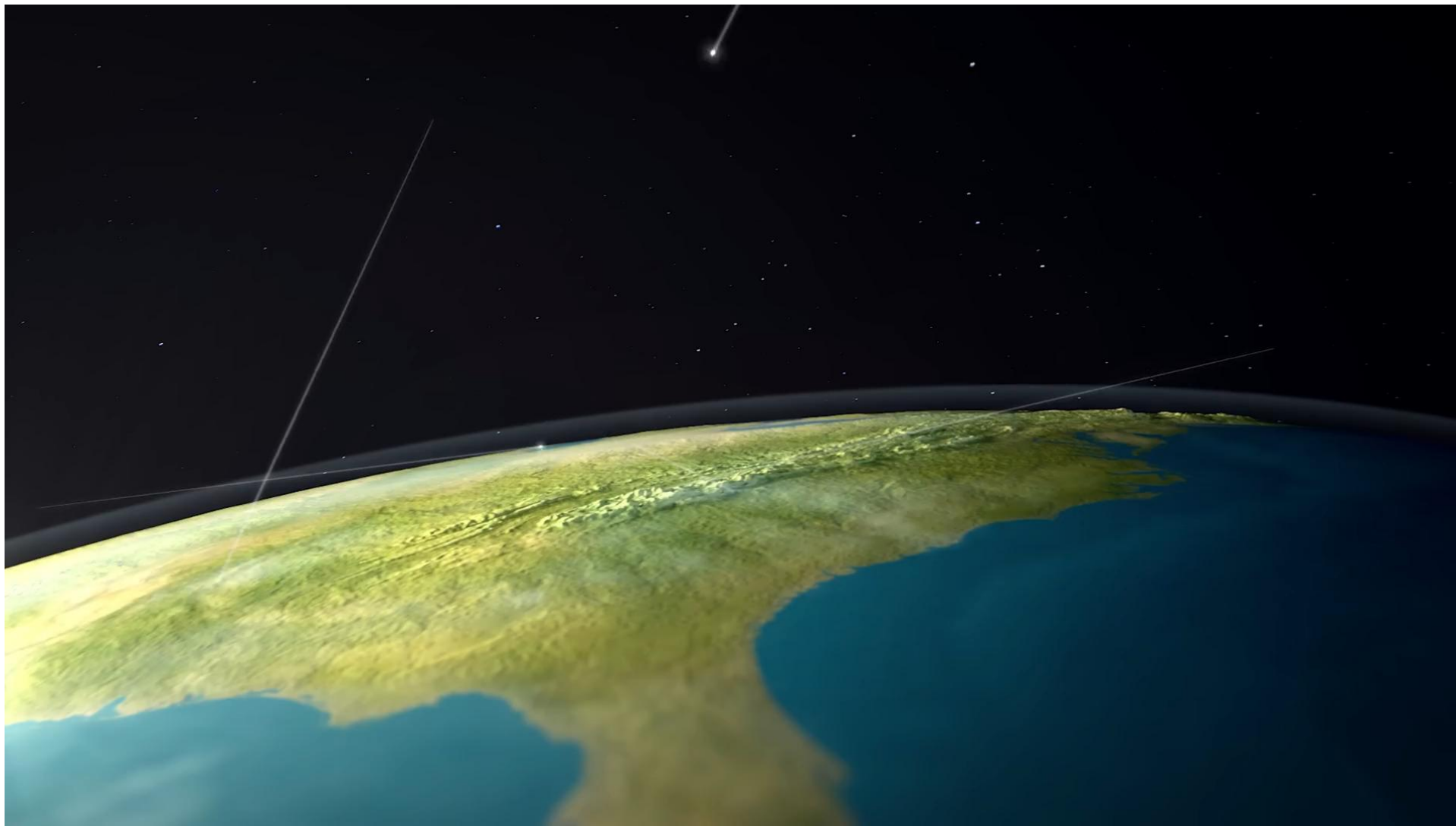


FIGURE 26 – Photos de prises de mesure.

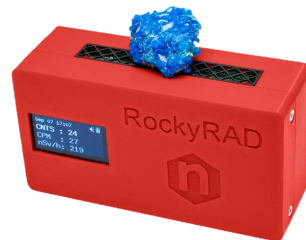
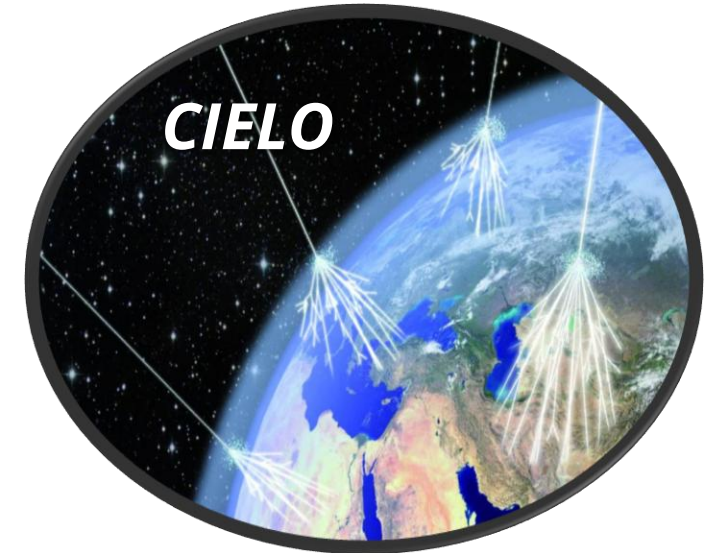
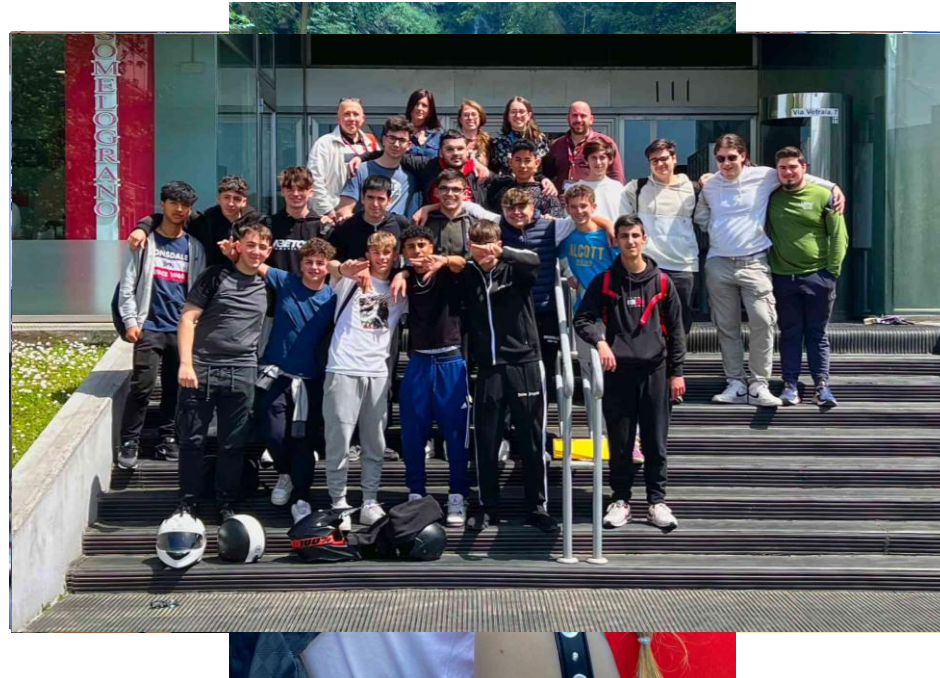


*The Absurd
Search For
Dark Matter*

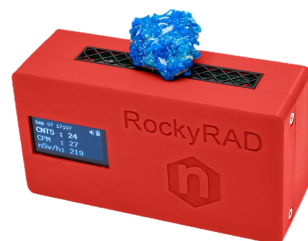
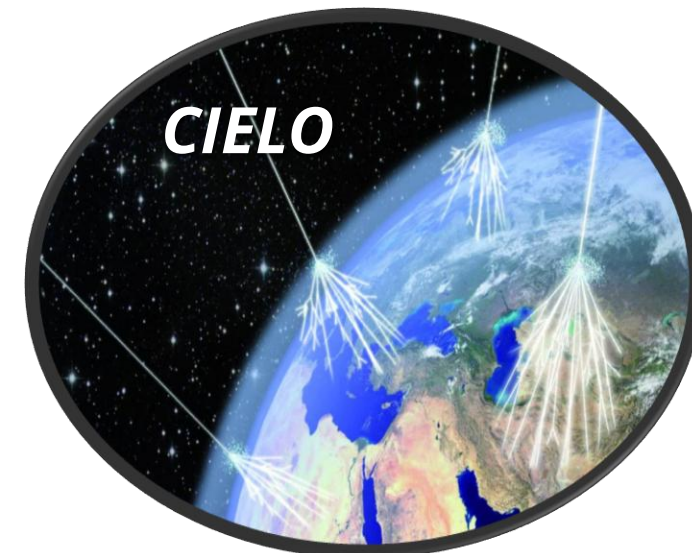
Vediamo come funziona!



Programma educativo interessante focalizzato sull'ambiente che ci circonda!



Programma educativo interessante focalizzato sull'ambiente che ci circonda!



**Natura
quantistica
della luce**

didacta
italia

Abc

23 24 25 26 27 28 29 30

12-14 MARZO 2025
FORTEZZA DA BASSO
FIRENZE

Grazie mille per l'attenzione!



didacta
service



CAEN
Tools for Discovery

Dualismo onda-particella

La luce si comporta sia come un'onda che come un insieme di particelle, chiamate fotoni.

Fotoni

I fotoni sono "pacchetti" di energia che non hanno massa e si muovono alla velocità della luce.

Quantizzazione dell'energia

L'energia di ogni fotone è quantizzata ed è proporzionale alla frequenza della luce secondo la formula:

$$E = h \cdot f$$

Dove:

E è l'energia del fotone, **h** è la costante di Planck e **f** è la frequenza della radiazione.

Effetto fotoelettrico

L'effetto fotoelettrico, spiegato da Einstein, dimostra la natura particellare della luce: i fotoni possono "strappare" elettroni da una superficie metallica, ma solo se hanno sufficiente energia.



SP5600E - Educational Photon kit



SP5600AN - Educational kit
Premium Version



SP5600E - Educational Photon kit



SP5600AN - Educational kit
Premium Version

SP5600 - Power Supply and
Amplification Unit



DT5720A - Desktop
Digitizer



SP5601 - Led Driver



SP5650C - Sensor Holder



Strumentazione associata a questo tipo di esperienza è....



SP5600E - Educational Photon kit



SP5600AN - Educational kit Premium Version



Handy Educational
Radiation Application



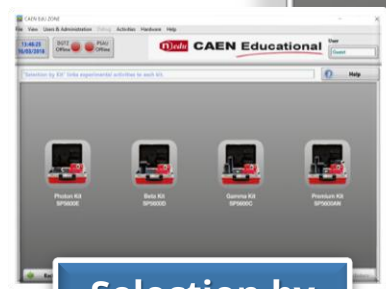
SP5600 - Power Supply and Amplification Unit



DT5720A - Desktop Digitizer



Selection by Experiment



Selection by Kit



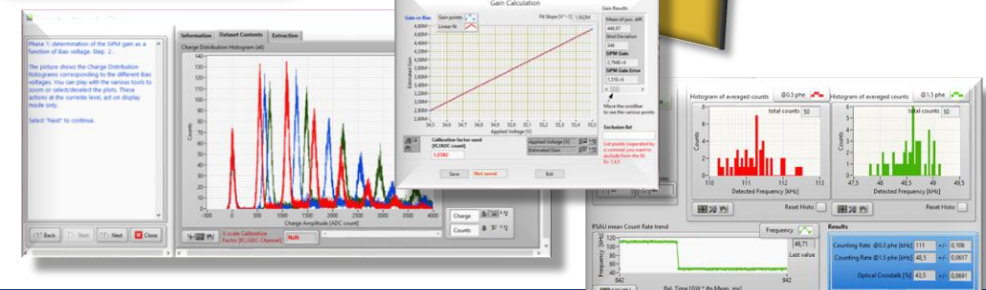
Hardware Management



SP5601 - Led Driver



SP5650C - Sensor Holder



Strumentazione associata a questo tipo di esperienza è....

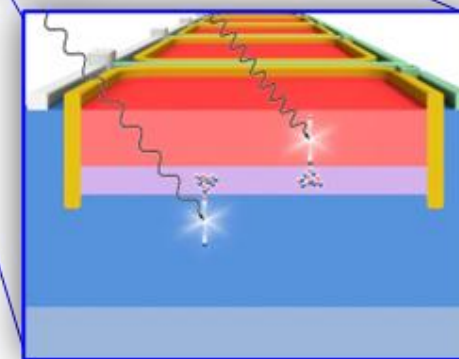
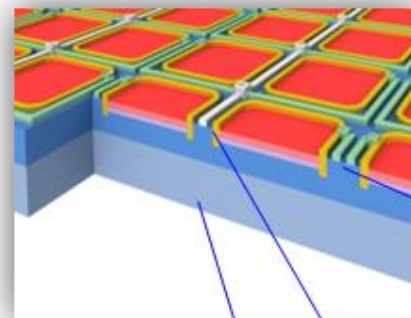
Fotorivelatori -> Dai fotoni alla corrente elettrica!



SP5600E - Educational Photon kit



SP5600AN - Educational kit
Premium Version



SP5600 - Power Supply and
Amplification Unit



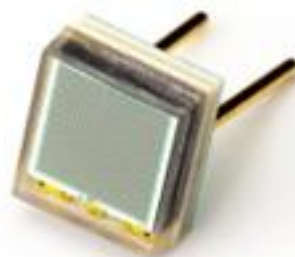
DT5720A - Desktop
Digitizer



SP5601 - Led Driver



SP5650C - Sensor Holder



Fotomoltiplicatori al Silicio (SiPM) rivelatori di luce costituiti da una densa matrice di celle (diodi). In grado di rivelare il singolo fotone!!!

Strumentazione associata a questo tipo di esperienza è....

Fotorivelatori -> Dai fotoni alla corrente elettrica!

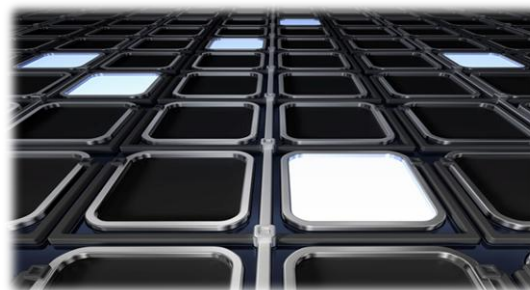


SP5600E - Educational Photon kit

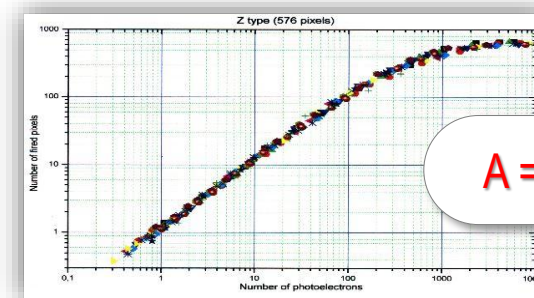


SP5600AN - Educational kit Premium Version

Informazione binaria



Informazione analogica



SP5600 - Power Supply and Amplification Unit



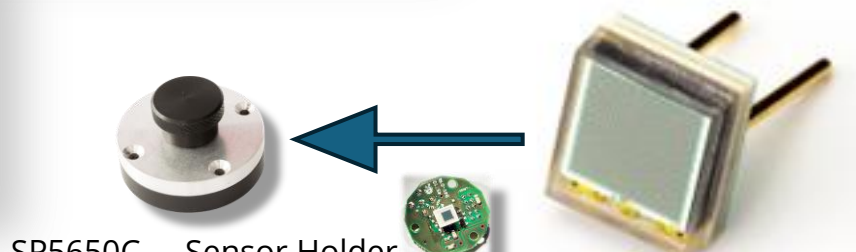
DT5720A - Desktop Digitizer



❑ *Raccogliono e trasformano la luce rivelata in un segnale elettrico*



SP5601 - Led Driver



SP5650C - Sensor Holder

❑ *L'intensità dell'impulso di corrente in uscita è proporzionale numero di fotoni incidenti!*

Strumentazione associata a questo tipo di esperienza è....

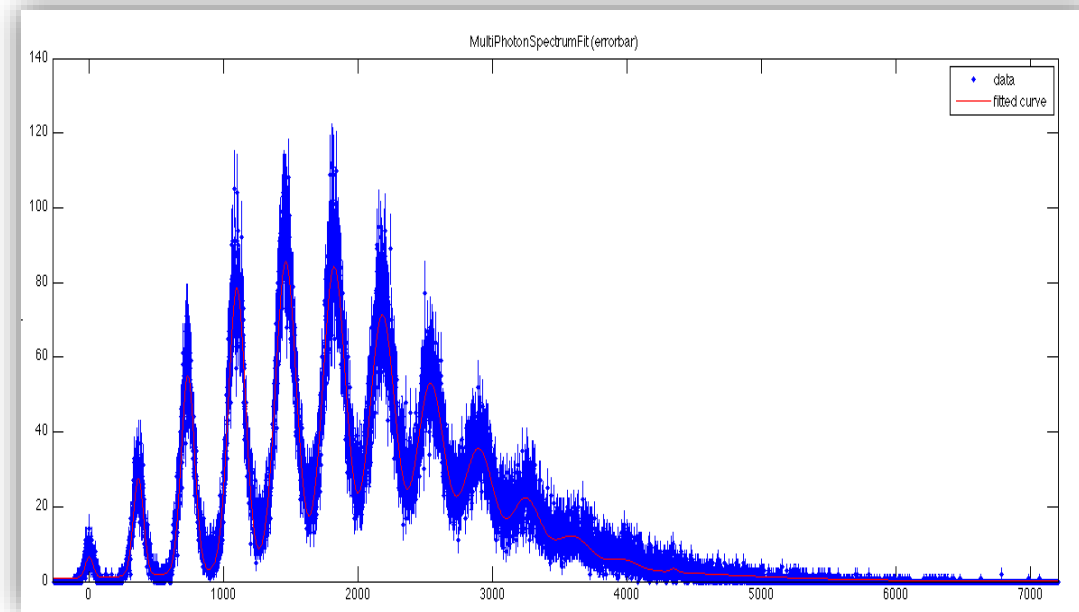
Fotorivelatori -> Dai fotoni alla corrente elettrica!



SP5600E - Educational Photon kit



SP5600AN - Educational kit Premium Version



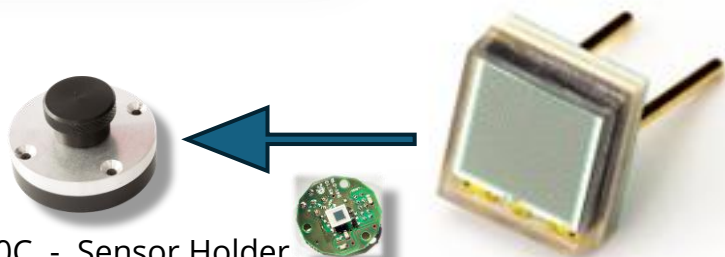
SP5600 - Power Supply and Amplification Unit



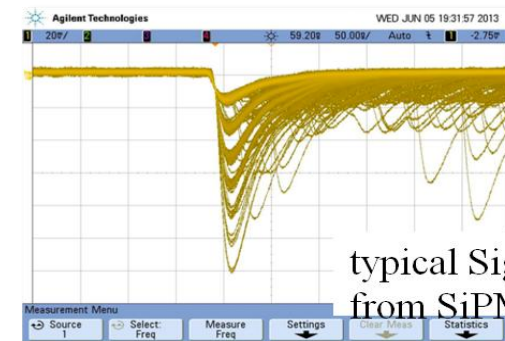
DT5720A - Desktop Digitizer



SP5601 - Led Driver



SP5650C - Sensor Holder





SP5600E - Educational Photon kit



SP5600AN - Educational kit
Premium Version

SP5600 - Power Supply and
Amplification Unit



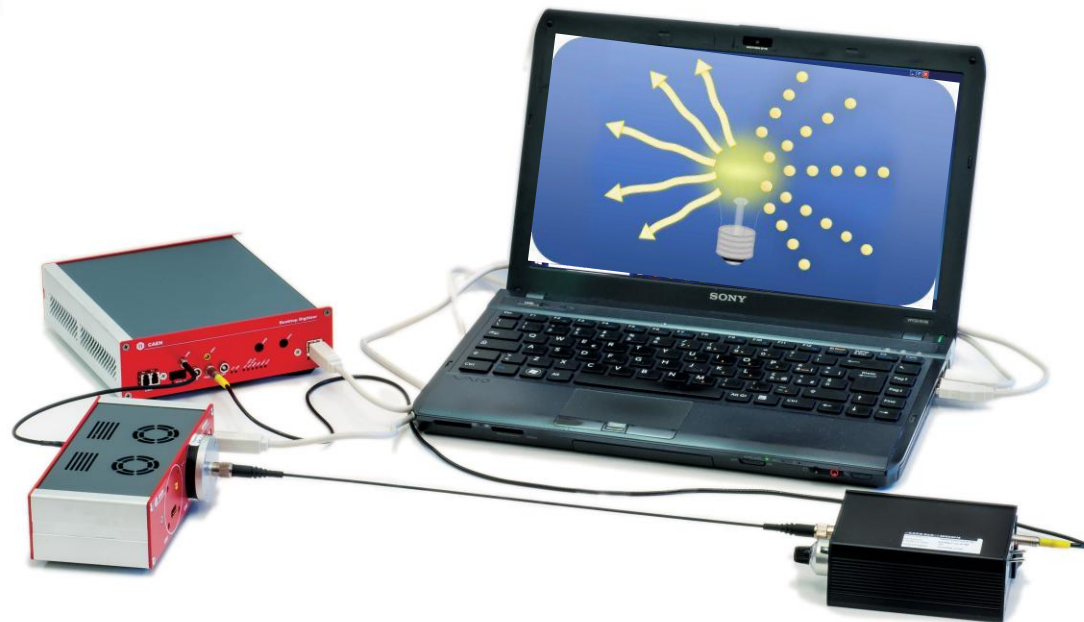
DT5720A - Desktop
Digitizer



SP5601 - Led Driver



SP5650C - Sensor Holder



Fotoni

- ✓ Natura quantistica della luce
- ✓ Statistica del conteggio di fotoni

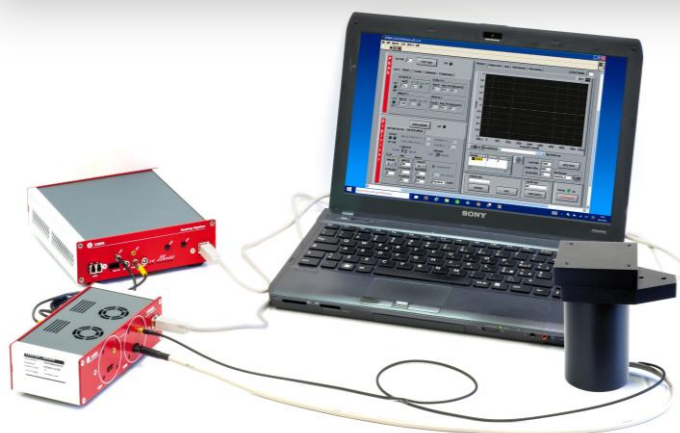
Proviamo ad usare questo kit!



Spares Slides



SP5609 - Telescope Mechanics



Raggi Cosmici

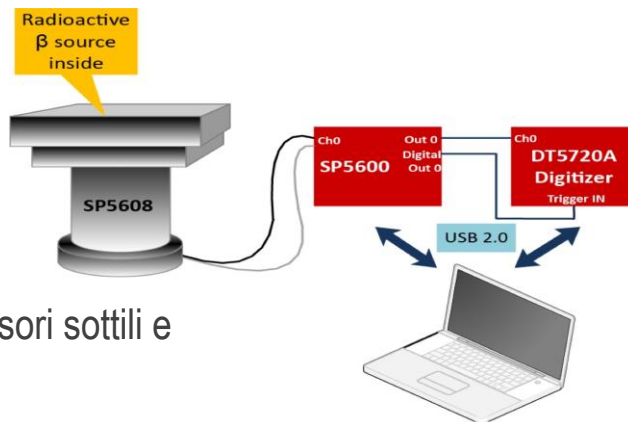
- ✓ Statistica
- ✓ Rivelazione di muoni
- ✓ Spettro muonico
- ✓ Flusso verticale di muoni su un rivelatore orizzontale

Telescope Mechanics permette la facile costruzione di un telescopio a muoni.



Radiazione β

- ✓ Risposta di una mattonella scintillante
- ✓ Spettroscopia β
- ✓ Radiazione β : trasmissione nella materia
- ✓ Particelle β come metodo per misurare spessori sottili e grammatura dei fogli di carta



È composto da:

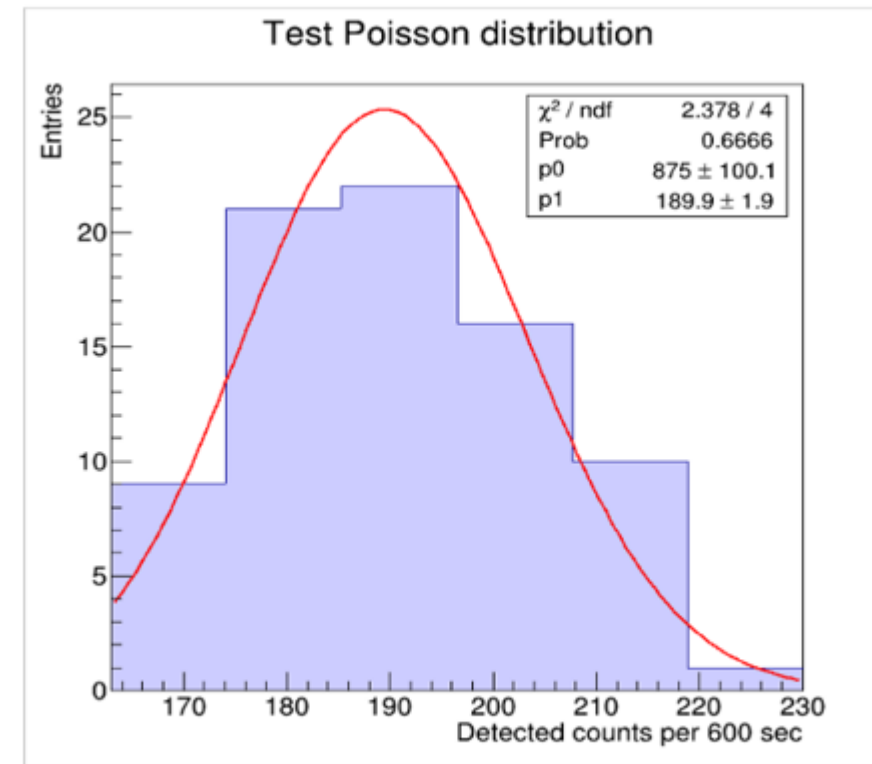
- Asse rotante con supporto da tavolo
- Morsetti con viti
- Kit staffe angolari

Experimental activity

1) Statistics

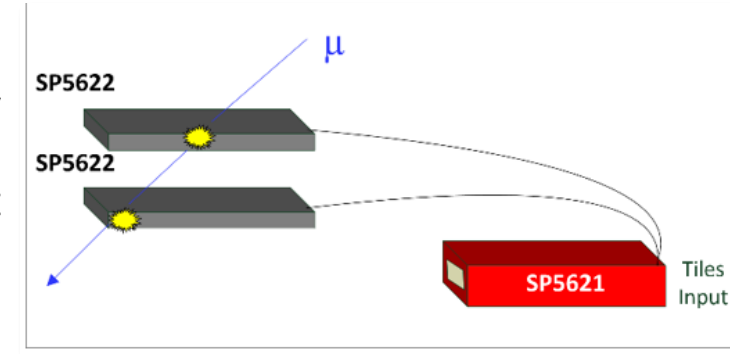
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

The Poisson distribution of the cosmic rays can be experimentally verified via the data analysis and the treatment of their statistical uncertainty



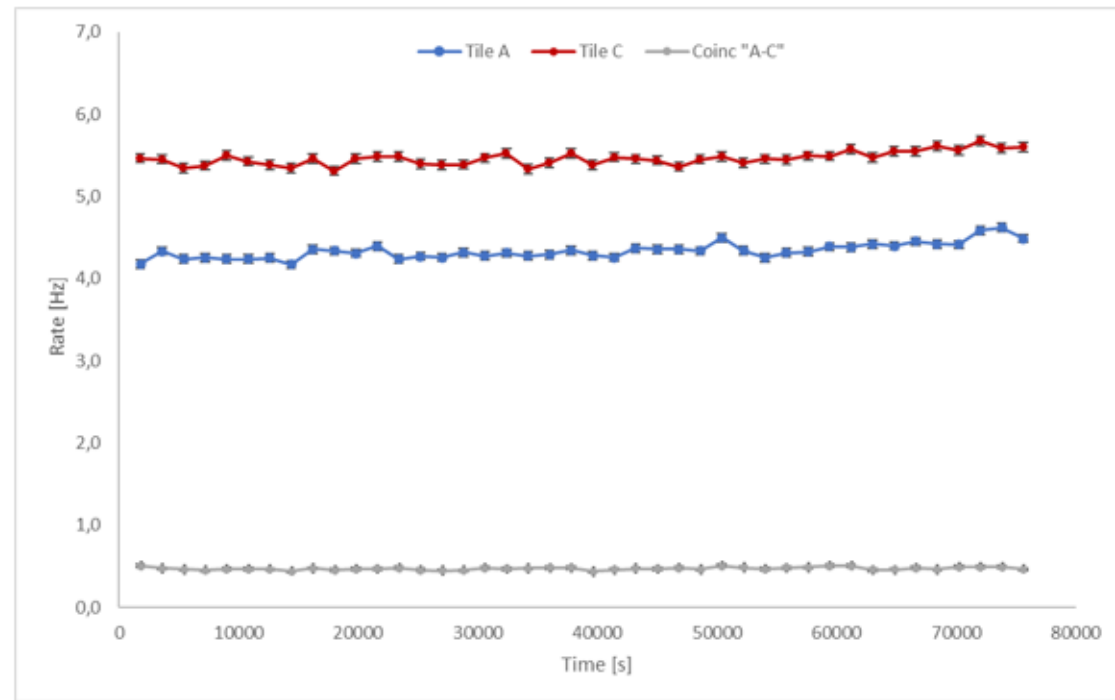
Poissonian distribution of cosmic rays [Fit: $y = p0 * (p1^x / x!) * e^{-p1}$].

Experimental activity



The double tile coincidence has a key role in the cosmic ray detection. It shall be used to reduce the random counts, select the solid angle, and measure the cosmic rate.

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection**
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

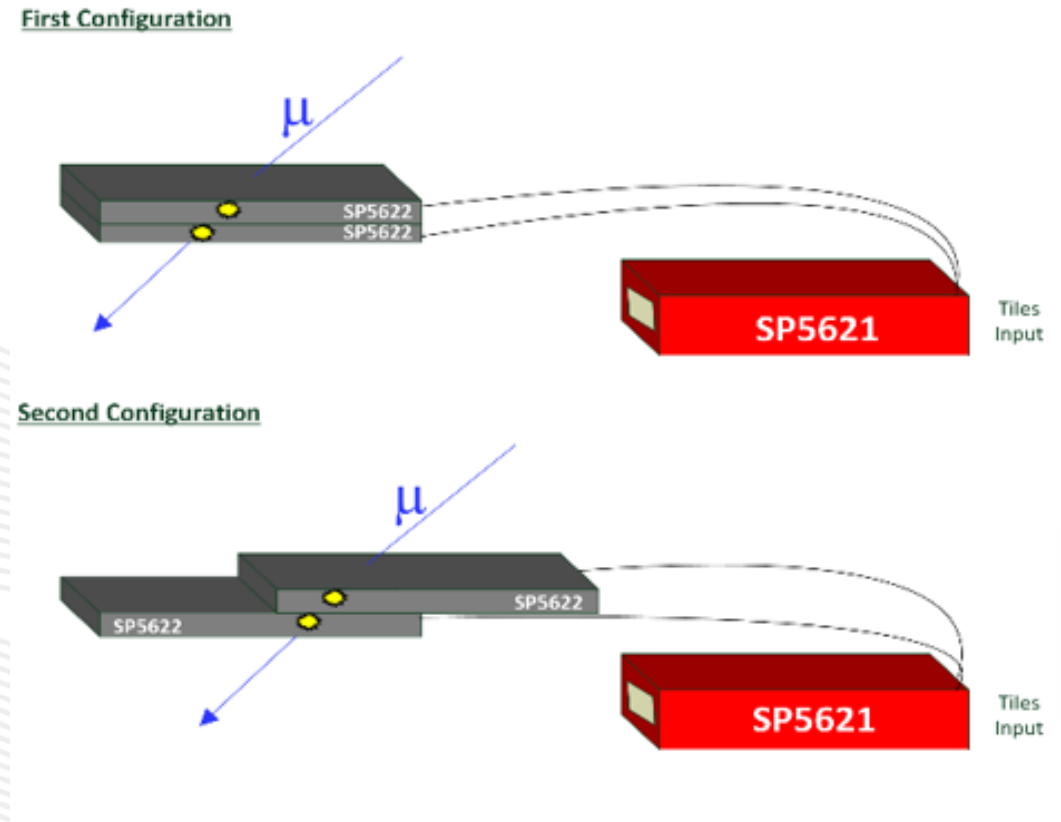


Counts Rate of the single tiles and their coincidence as a function of the time.

Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector**
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

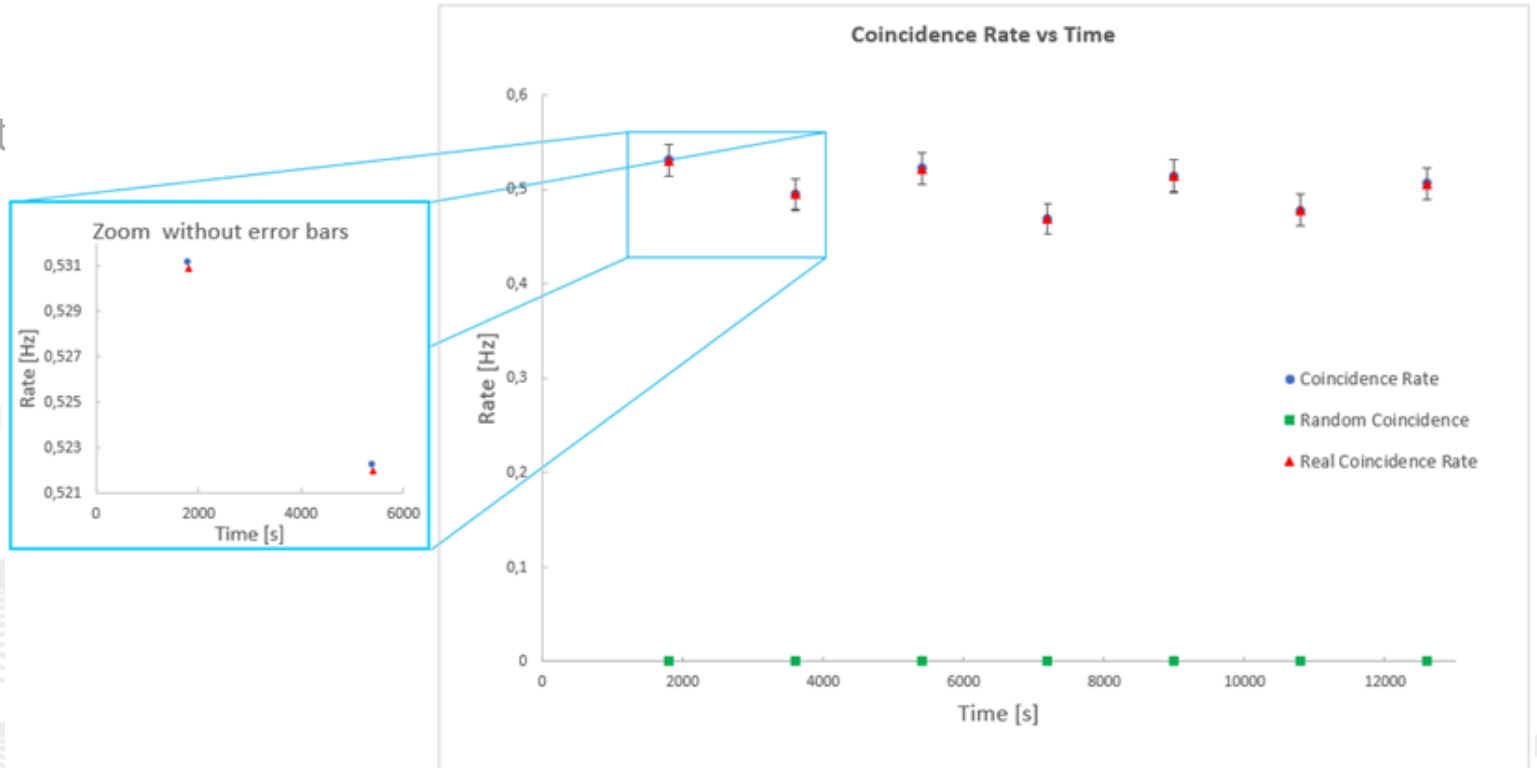
The integral intensity of vertical muons is: $I_v \approx 82 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}$ and their flux for horizontal detectors is $\approx 1 \text{ cm}^{-2}\text{min}^{-1}$ at energies higher than 1 GeV at sea level



Considering the integration over the solid angle, the expected cosmic rate due to the geometry system can be estimated and the detection efficiency can be evaluated.

Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Det
- 4) Random Coincidence**
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring



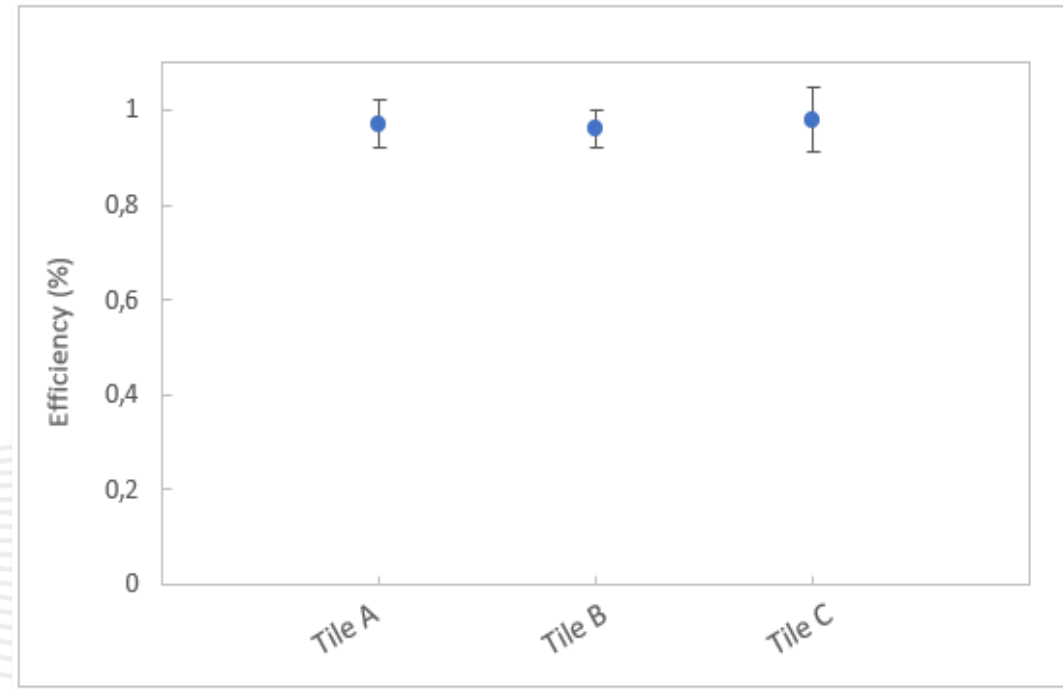
Trend of the Counts Rate and Random Rate as a function of the time.

The plot on the left side is an enlargement of the main plot and underlines the deviation between the measured coincidence rate and the real one, obtained via the random rate subtraction.

Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency**
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

$$N_{AC} = \epsilon_A * \epsilon_C * N_0 \quad \text{and} \quad N_{ABC} = \epsilon_A * \epsilon_B * \epsilon_C * N_0 \quad \rightarrow \quad \epsilon_B = N_{ABC} / N_{AC}$$



Additional tools

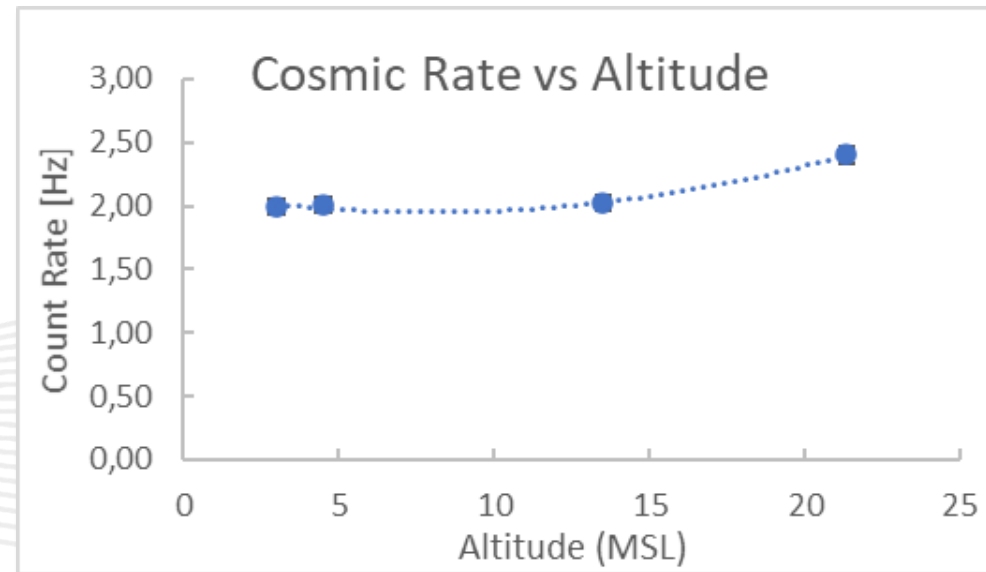
- n.1 SP5622 - Detection System
- n.1 DT1081A - Four-Fold Programmable Logic Unit and n.1 Cable Adapter



Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude**
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

The experiment proves in a simple way the not terrestrial origin of the cosmic radiation. For a better comprehension of the cosmic flux behaviour as a function of the altitude, it is suggested to cover the floor with lead bricks.



<https://www.chateau-doex.ch/en/Z4237/festival-des-ballons-homepage>



Prof. Hans Peter Back

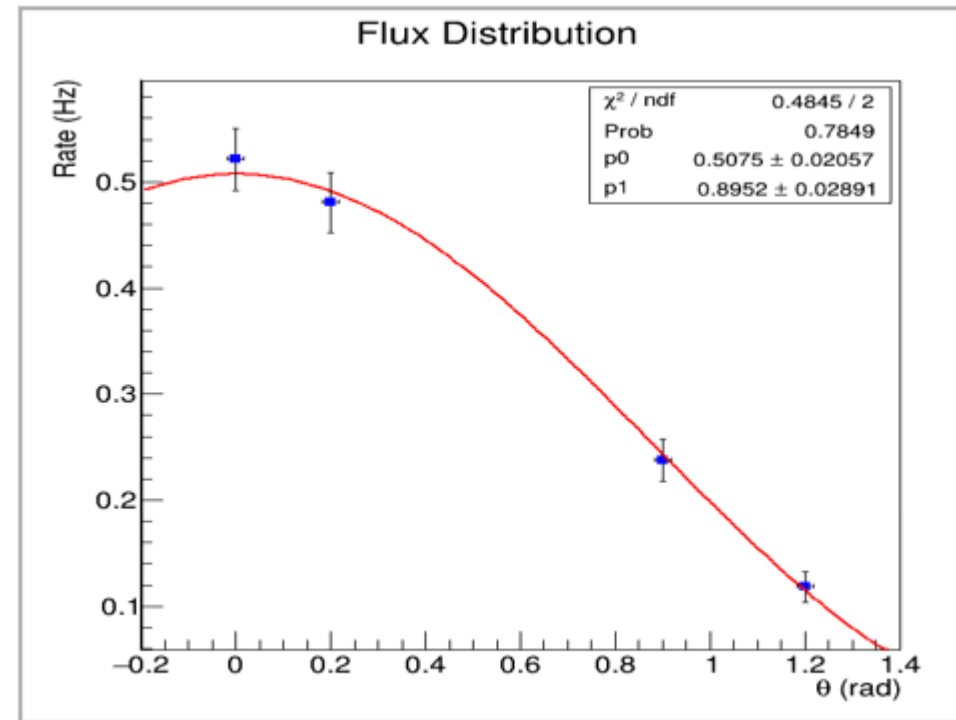
Albert Einstein Center for Fundamental Physics, University of Bern

[Link to customer](#)



Experimental activity

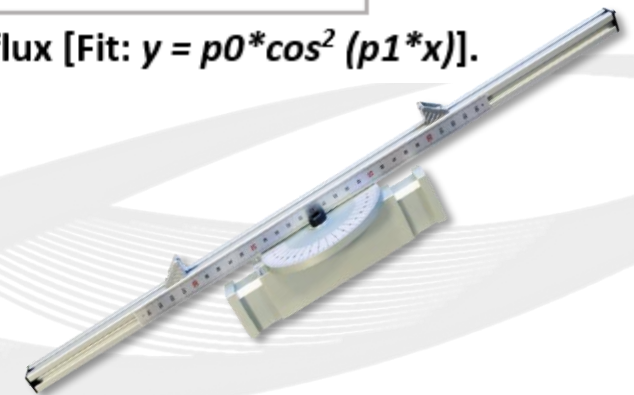
- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux**
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring



Zenith angle dependence of the muons flux [Fit: $y = p0 * \cos^2 (p1 * x)$].

Additional tools

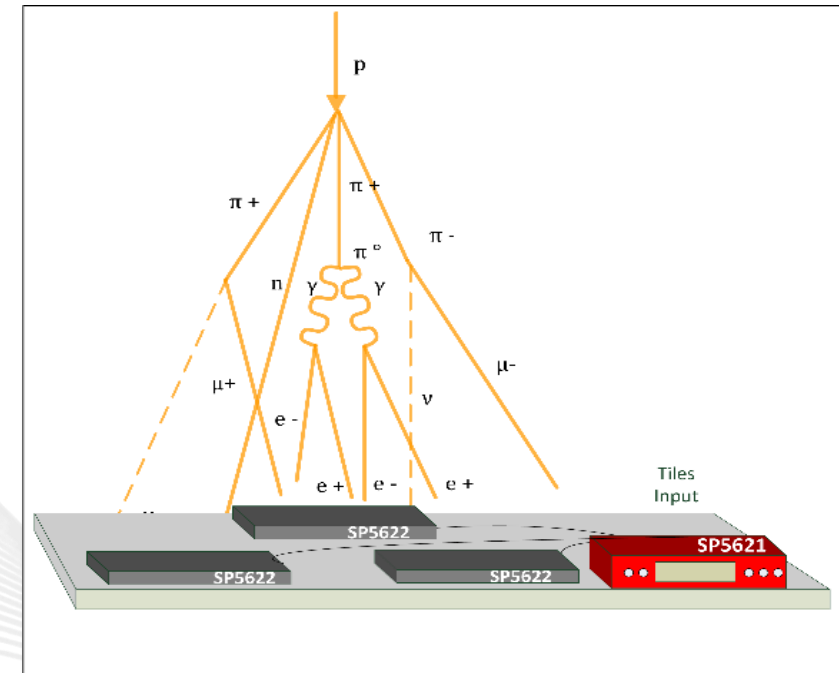
SP5609 - Telescope Mechanics



Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection**
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

Observation of the cosmic ray showers, namely cascades generated by cosmic rays interacting in the atmosphere.



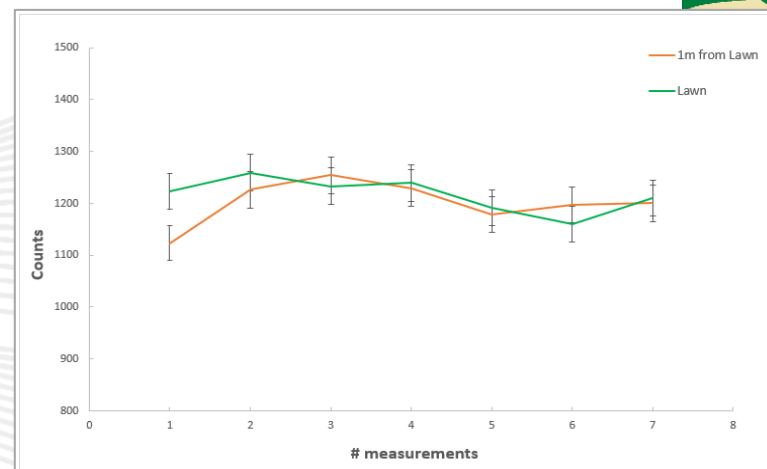
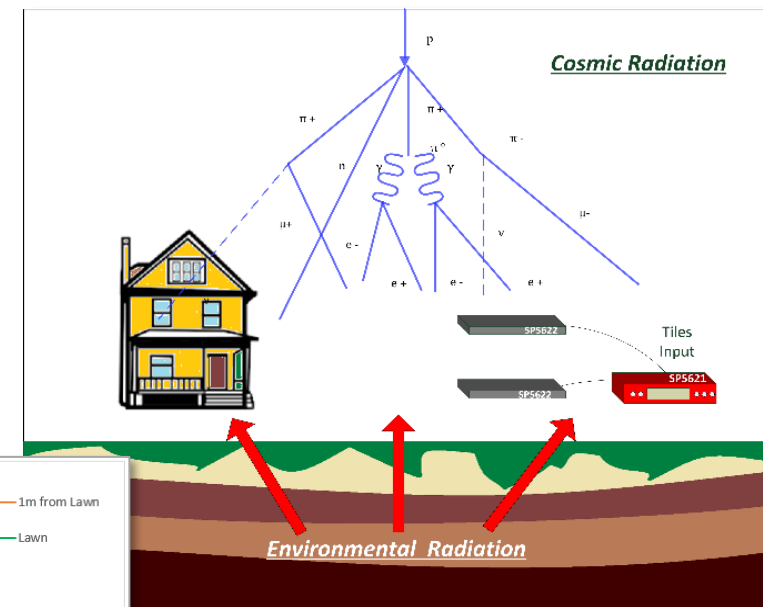
Additional tools

- SP5622 - Detection System



Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation**
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring

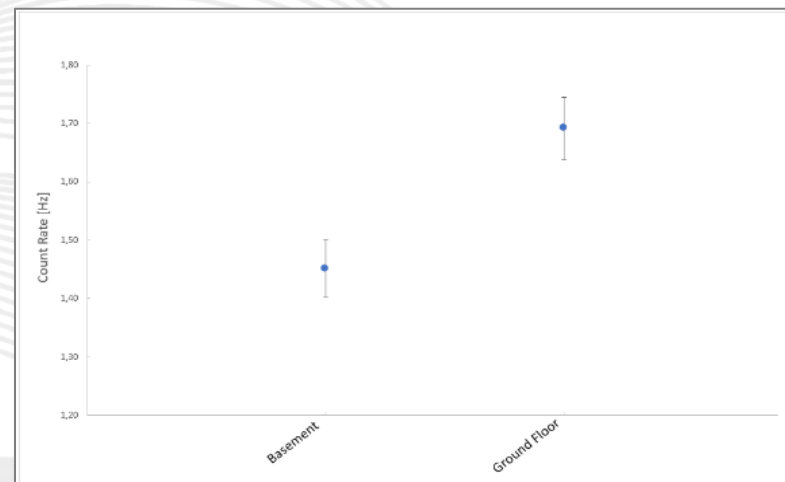
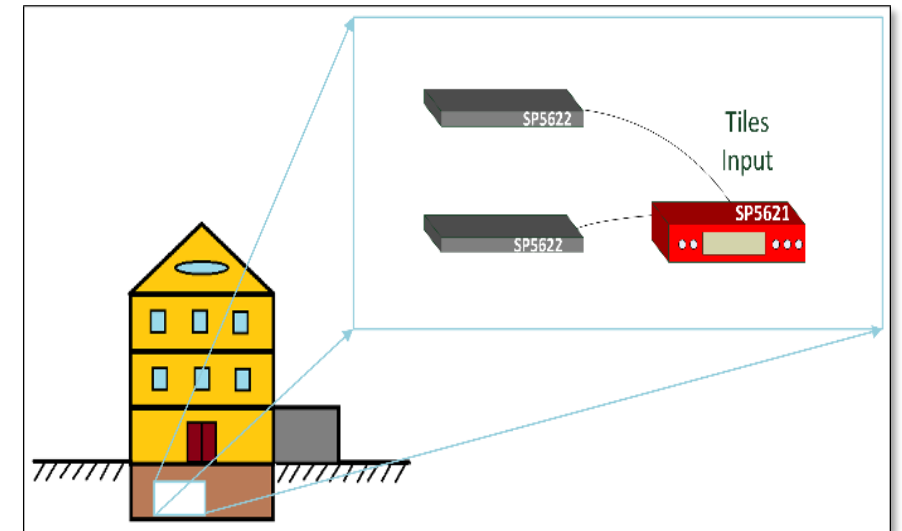


The students may get acquainted with the presence of natural radioactivity by identifying environmental and cosmic contributions via simple comparison of the counting measurements at different height.

Experimental activity

- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements**
- 11) Solar Activity Monitoring

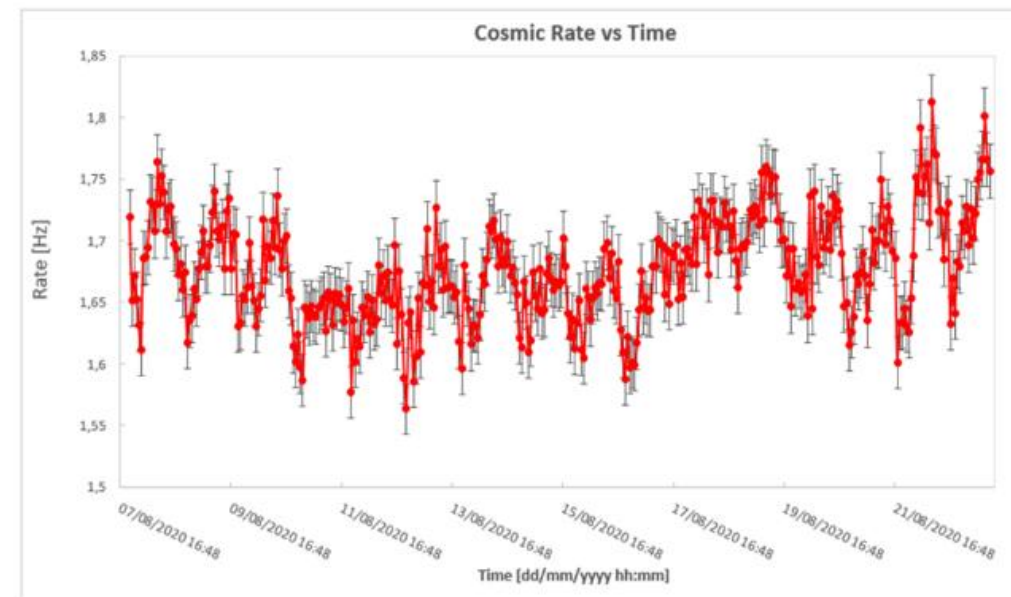
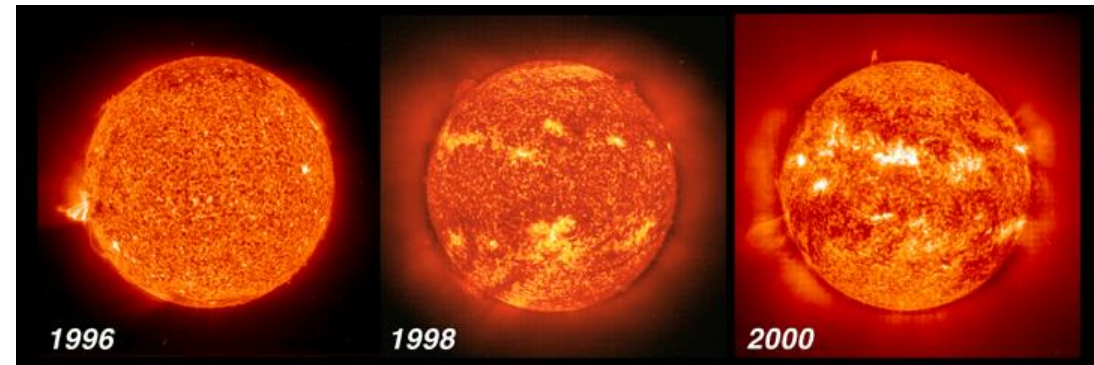
The main goal of the experiment is the verification of the absorption of the cosmic rays passing through a matter thickness and the related observations about the crossed material.



The students may estimate the absorption extent by comparing the results of the measurements performed underground or inside a building or a cave, and outside, without any matter barrier. Moreover, by knowing the thickness, some hypothesis about the average density of the material can be expressed.

Experimental activity

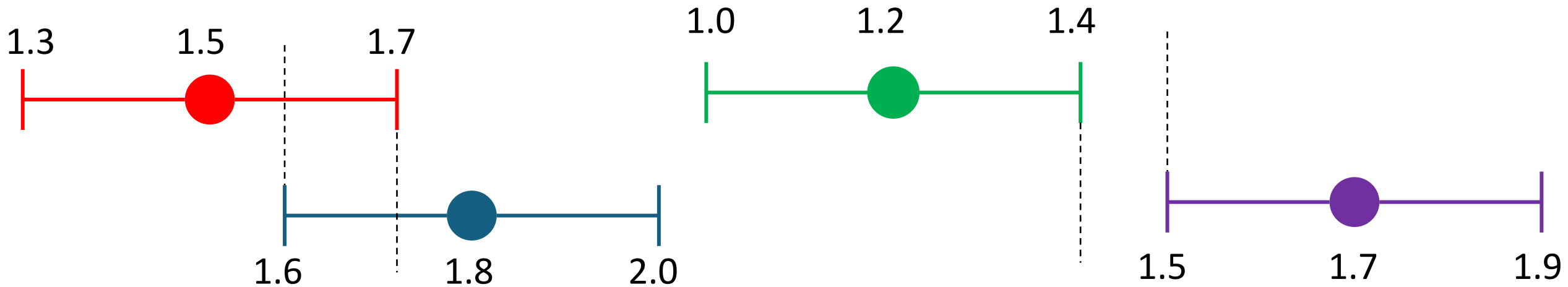
- 1) Statistics
- 2) Muons Detection
- 3) Muons Vertical Flux on Horizontal Detector
- 4) Random Coincidence
- 5) Detection Efficiency
- 6) Cosmic Flux as a function of the altitude
- 7) Zenith Dependence of Muons Flux
- 8) Cosmic Shower Detection
- 9) Environmental and Cosmic Radiation
- 10) Absorption Measurements
- 11) Solar Activity Monitoring**



The typical cosmic rate night /day trend can be sometimes modified due to solar activity changes.

Cosa significa che due misure sono compatibili?

Per confrontare due misure della stessa grandezza (in questo caso le abbondanze di U, Th e K) occorre confrontare gli intervalli di confidenza. Le due misure si dicono compatibili se i rispettivi intervalli di incertezza hanno intersezione non nulla.



$$aK[\%]_1 = 1.5 \pm 0.2 \text{ e } aK[\%]_2 = 1.8 \pm 0.2$$

$$aK[\%]_3 = 1.2 \pm 0.2 \text{ e } aK[\%]_4 = 1.7 \pm 0.2$$

Compatibili



Non compatibili



Educational Kits Description



SP5600E – Educational Photon kit



SP5600D – Educational Beta kit



SP5600C – Educational Gamma kit



SP5600AN – Educational kit Premium Version



SP5600 - Power Supply and Amplification Unit

- Two channels
- Independent biasing (max 120 V, 100 μ A)
- 2 stage amplification [500 MHz bandwidth, tunable gain up to ~ 50 dB]
- Fast leading-edge discriminator (\pm 2V)
- Coincidence logic
- Active feedback control on V_{bias} for Gain stabilization (granularity: 0.1 $^{\circ}$ C)
- USB 2.0 interface

DT5720A - Desktop Digitizer



- Digital Pulse Processing for Charge Integration DPP-CI
- Good timing resolution with fast signals (rise time < 100 ns)
- 2 channels
- Stand-alone
- 250 Ms/s, 12 bits
- \pm 1V input range
- Optical Link and USB 2.0 interfaces

Educational Beta Kit Description



SP5600E – Educational Photon kit



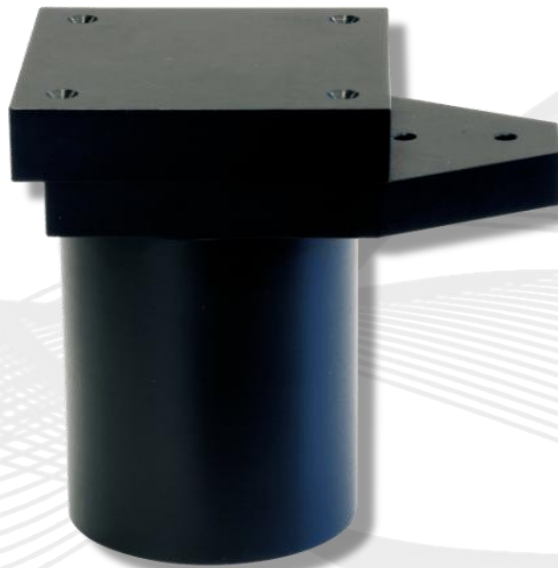
SP5600D – Educational Beta kit



SP5600C – Educational Gamma kit



SP5600AN – Educational kit Premium Version



SP5608 - Scintillating Tile

- Sensitive volume: $47 \times 47 \times 10 \text{ mm}^3$
- Scintillator: polystyrene
- Directly coupled on HAMAMATSU MPPS S13360- 6050CS
 - Effective photosensitive area : $6 \times 6 \text{ mm}^2$
 - Pixel pitch : $50 \mu\text{m}$
 - Number of pixels : 14400
- n° 20 Paper and Aluminum sheets
- Teflon tape

• Beta Spectroscopy
• Cosmics

Educational Beta Kit Description



SP5600E - Educational Photon kit



SP5600D - Educational Beta kit



SP5600C - Educational Gamma kit



SP5600AN - Educational kit Premium Version

Additional Tools

Additional SP5608 - Scintillating Tile



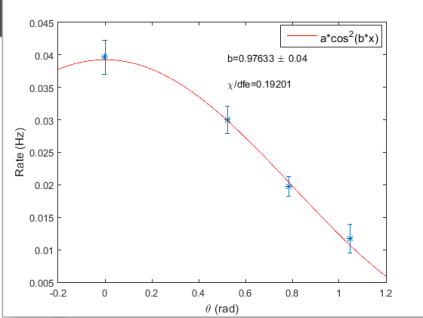
SP5609 - Telescope Mechanics



Telescope Mechanics allows the easy construction of a muons telescope. It is composed of:

- Rotary axis with desk support
- Clamps with screws
- Angle brackets kit

Suggested Application



- **Double coincidence**
- **Zenith Dependence of Muons Flux**