FISICA DELLE PARTICELLE

Rivelatori per lo studio dei raggi cosmici

A cura di Arianna Colasanti, Silvia Conti, Angelo Conticelli, Simone Fabbri, Valerio Ferdinandi, Filippo Forcella, Davide Germani, Isabella Ippoliti, Daniele Moscardini, Matteo Pallagrosi, Riccardo Selli, Alberto Vincis.

Introduzione

La fisica delle particelle elementari tenta di rispondere alle seguenti domande:

- Quali sono i componenti ultimi della materia?
- Come interagiscono tra loro?

Le risposte a queste domande si cercano in diversi modi, tra i quali:

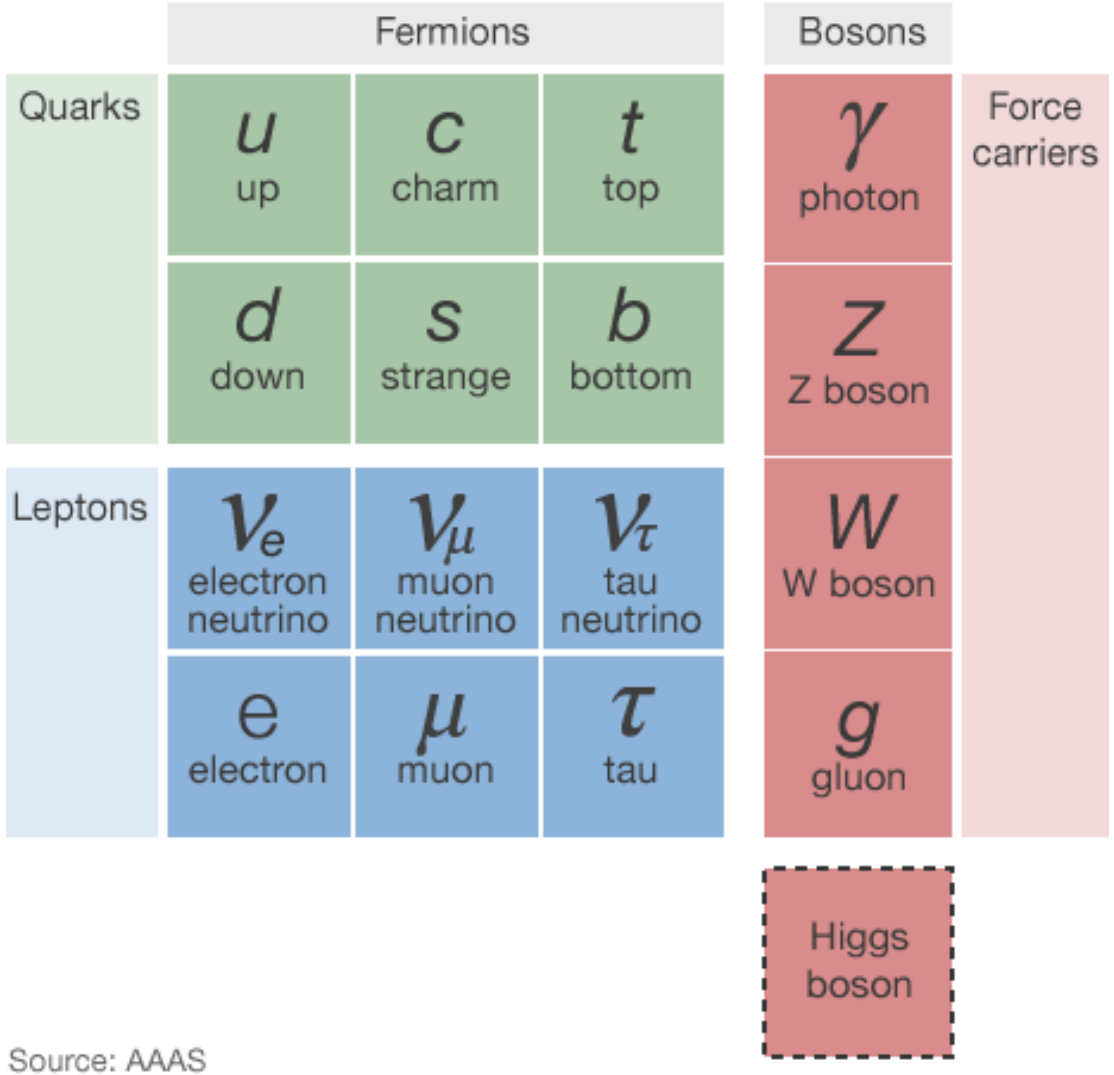
- I raggi cosmici
- Gli acceleratori di particelle

Durante questa esperienza abbiamo svolto due attività:

- Rivelazione di raggi cosmici con RPC e scintillatori
- Analisi di collisioni protone-protone raccolte dal rivelatore ATLAS a LHC

Il Modello Standard

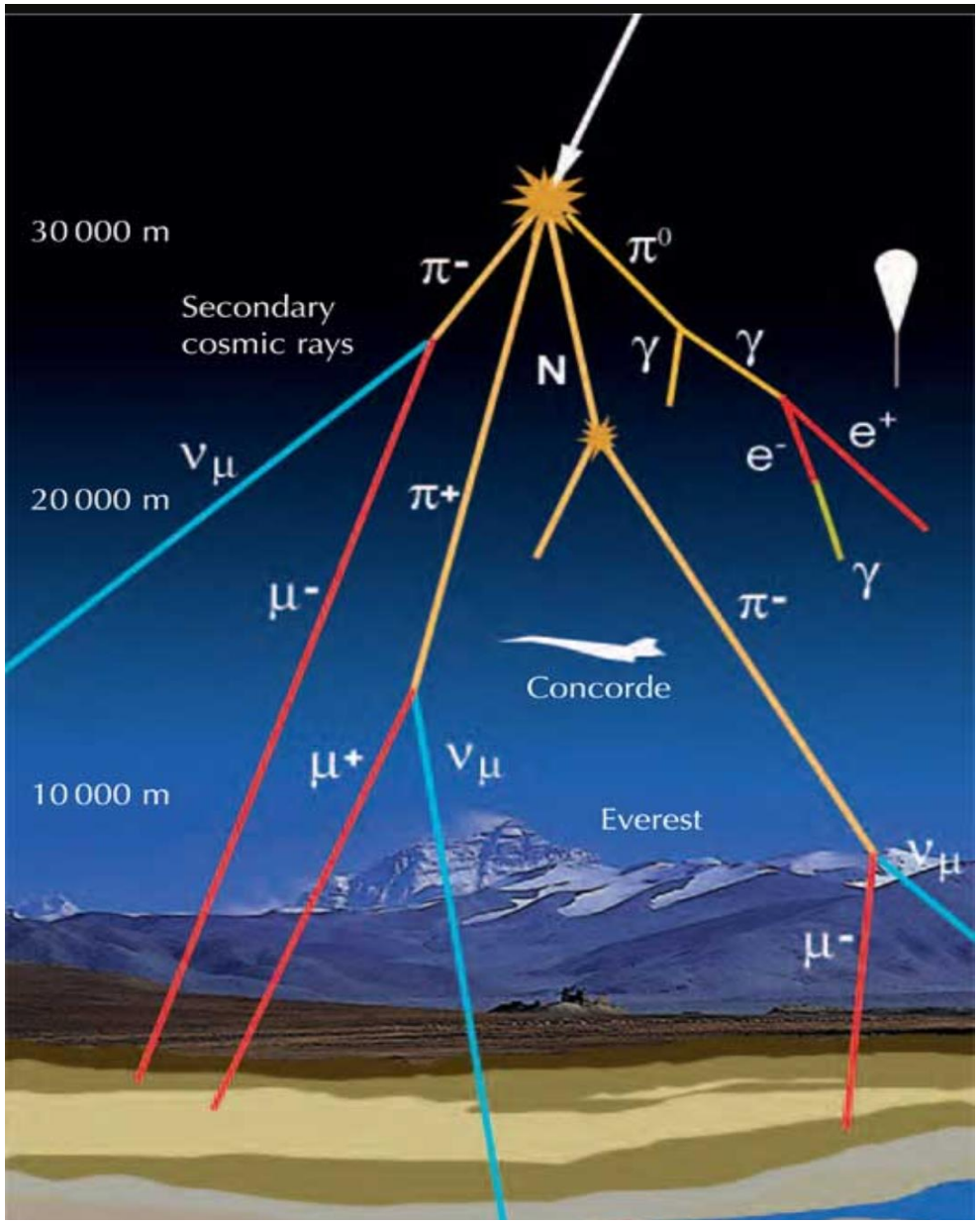
- Il Modello Standard è la teoria che descrive tutte le particelle elementari e tre delle quattro interazioni fondamentali note: l'interazione forte, elettromagnetica e debole.
- Esse sono mediate rispettivamente da gluoni, fotoni e bosoni W e Z (particelle con spin intero).
- I quarks e i leptoni sono i costituenti della materia e hanno spin semi-intero.
- I quarks sono confinati a stare in adroni, come protoni e neutroni.
- Il bosone di Higgs è la particella responsabile della massa di tutte queste particelle elementari.



Raggi cosmici

I raggi cosmici sono particelle energetiche provenienti dallo spazio esterno alle quali è esposta la Terra e qualsiasi altro corpo celeste in orbita spaziale.

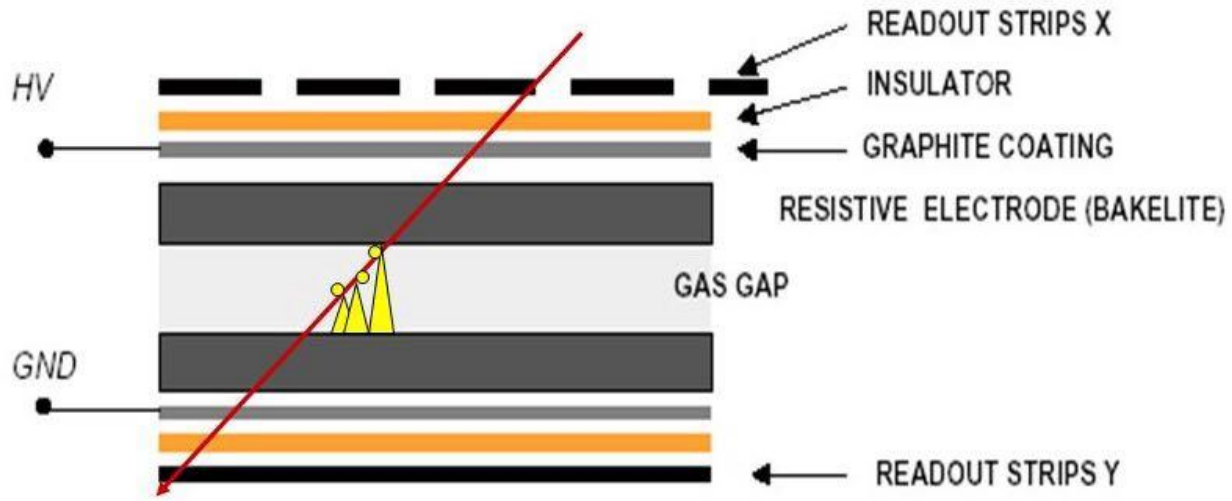
<u>Obiettivo dell'esperienza</u>: rivelare il passaggio di una particella carica tramite le coincidenze registrate da due tipi di rivelatori: RPC e scintillatori.

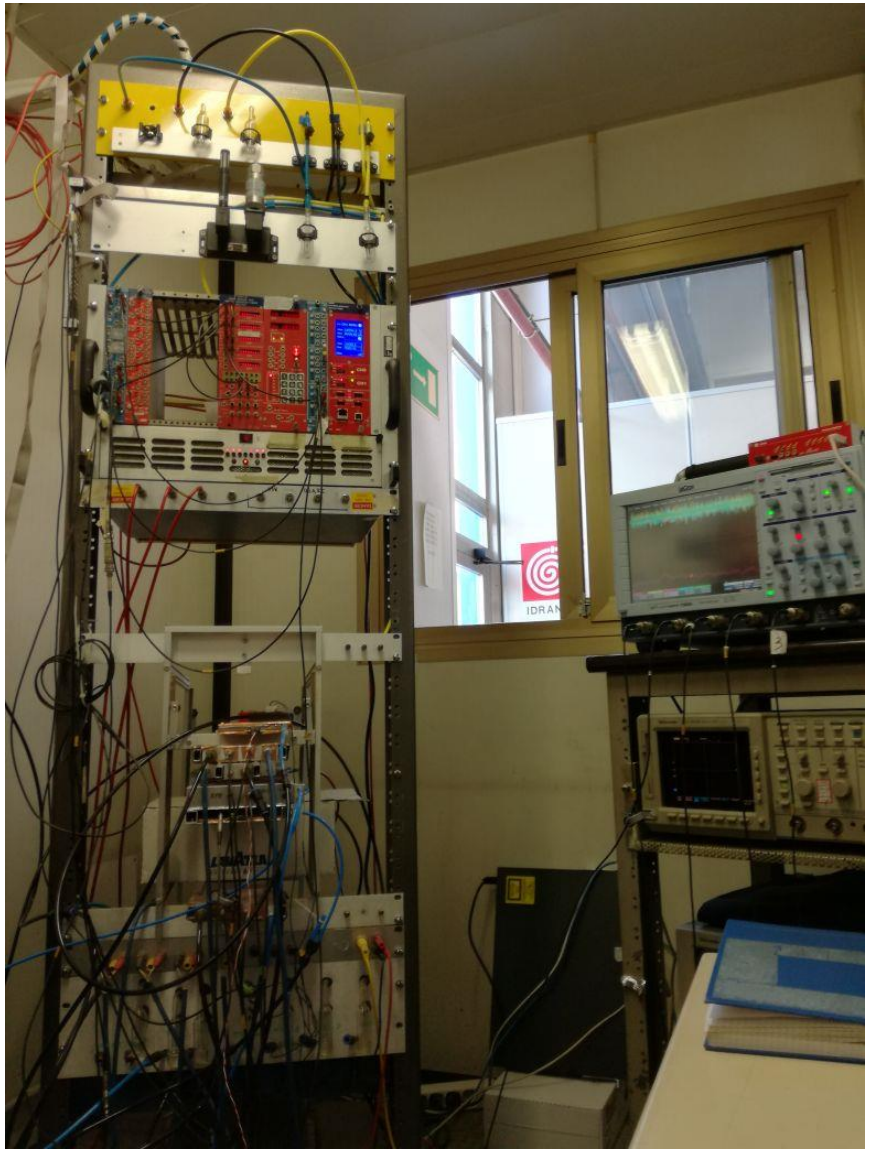


Strumentazione: rivelatore RPC

Il rivelatore RPC (Resistive Plate Chamber) sfrutta il fenomeno della ionizzazione di una miscela di gas indotta dal passaggio di una particella.

Al gas viene applicato un intenso campo elettrico, che moltiplica la carica primaria di ionizzazione per produrre un segnale misurabile.

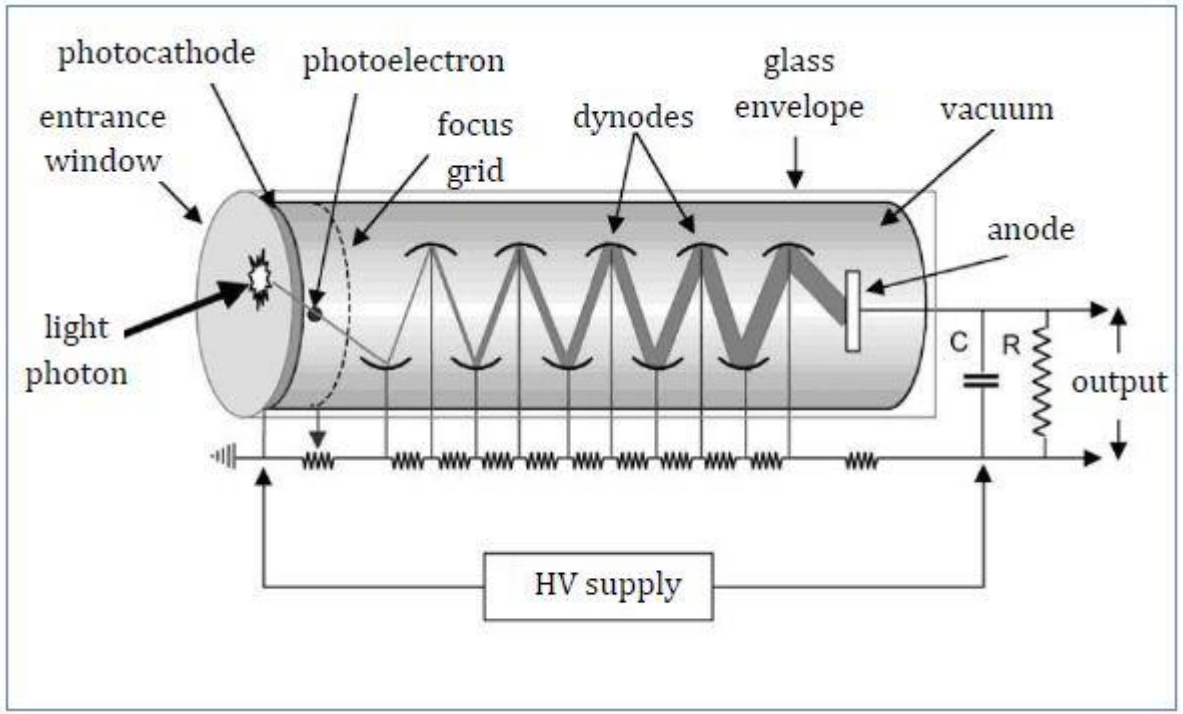


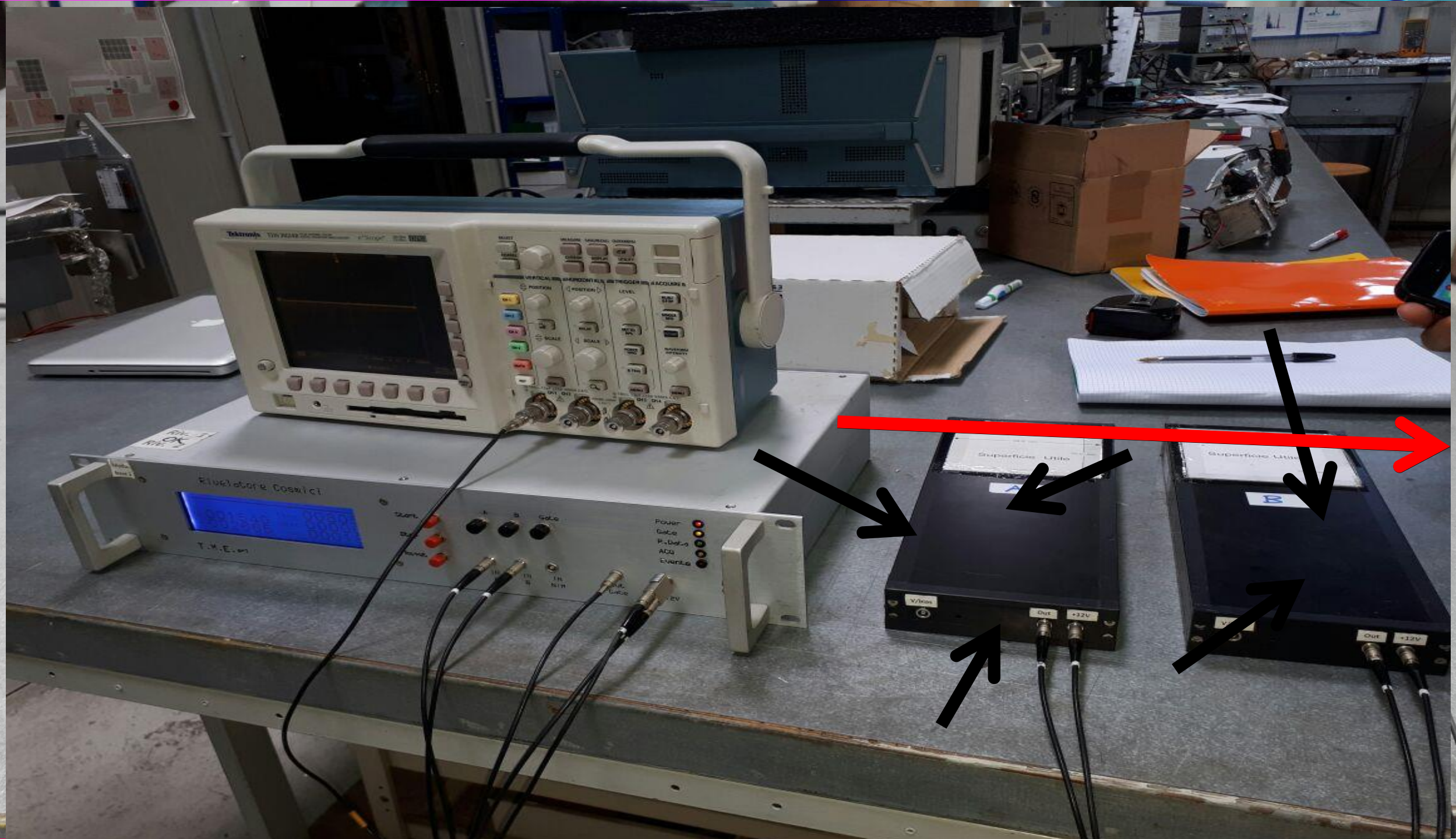


Strumentazione: rivelatore a scintillazione

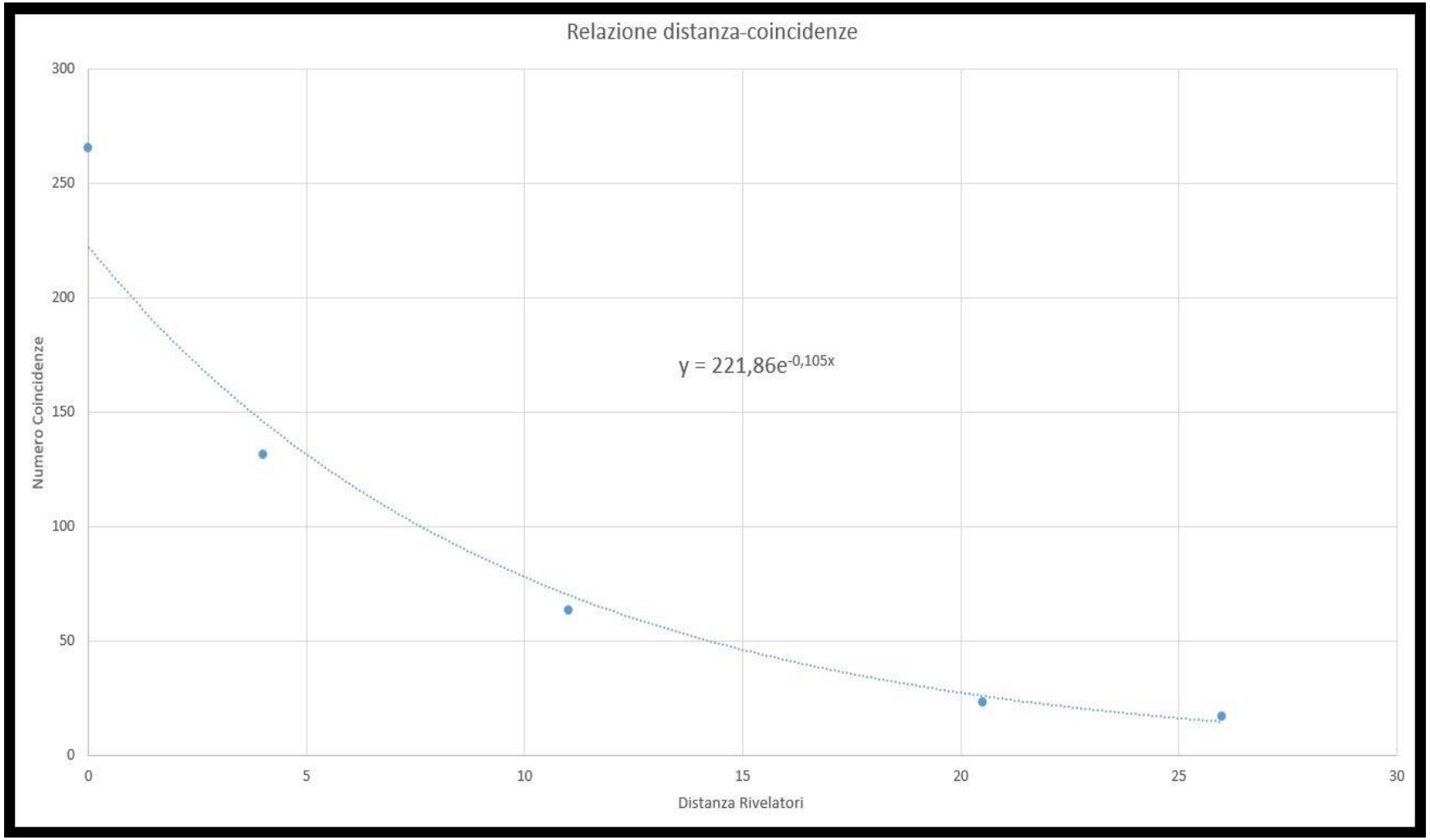
Il rivelatore usato per rivelare il passaggio di particelle è costituito da un materiale sensibile (scintillatore) e da un fotomoltiplicatore.

La particella che entra nello scintillatore trasferisce energia al materiale sensibile eccitandone gli atomi. La diseccitazione emette fotoni che vengono poi trasmessi tramite una guida di luce al fotomoltiplicatore dove, per l'effetto fotoelettrico, si liberano elettroni creando un segnale elettrico di risposta.



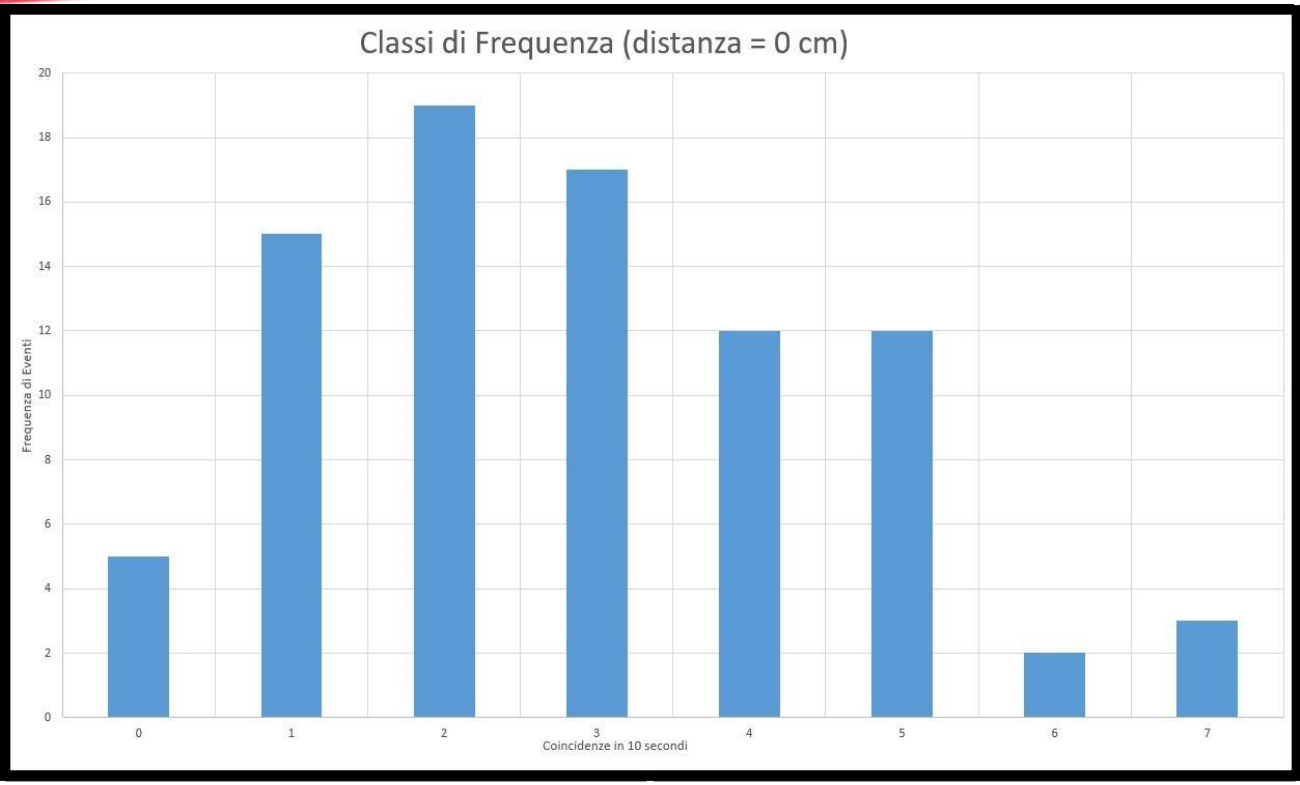

Tektronix
Rivelatore Cosmici
Power
Gate
Events
Superficie Utile
A
B
Out
+12V

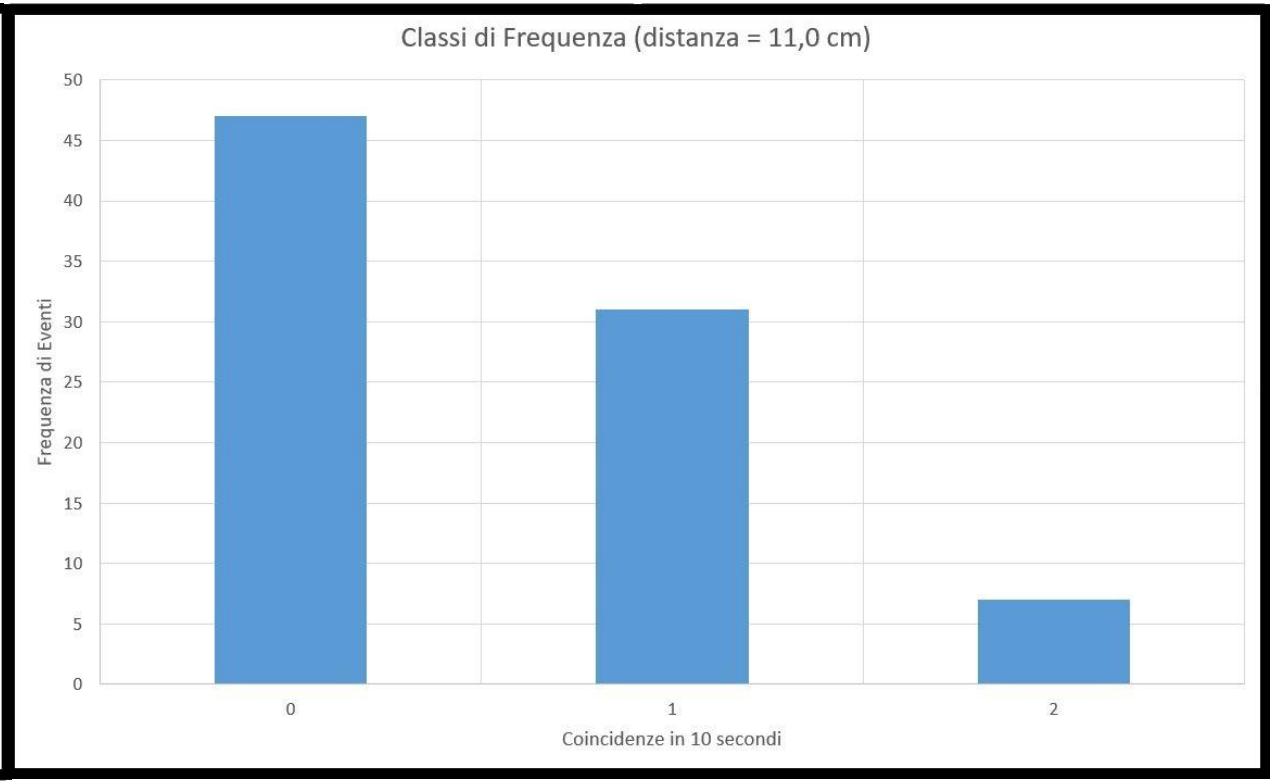
Raggi cosmici e rivelatori



È possibile notare che, in funzione della distanza e quindi dell'angolo solido tra i due rivelatori, varia notevolmente il numero di coincidenze rivelate, seguendo un andamento esponenziale.

Raggi cosmici e rivelatori

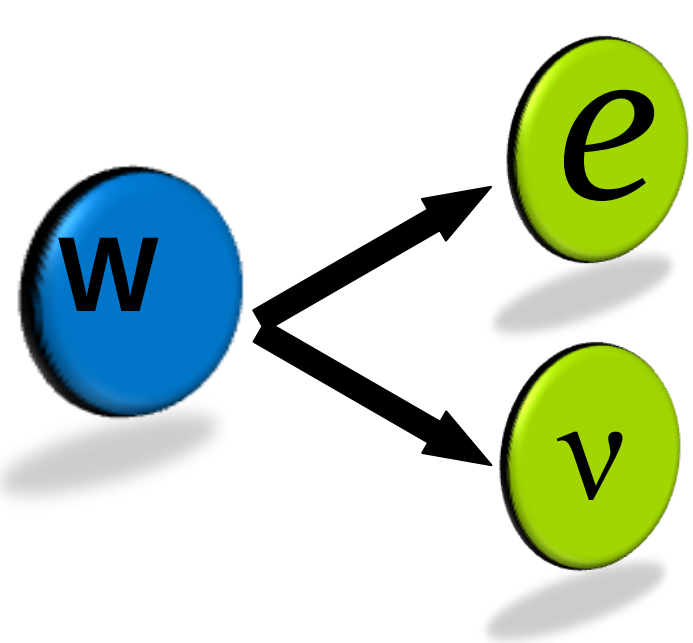


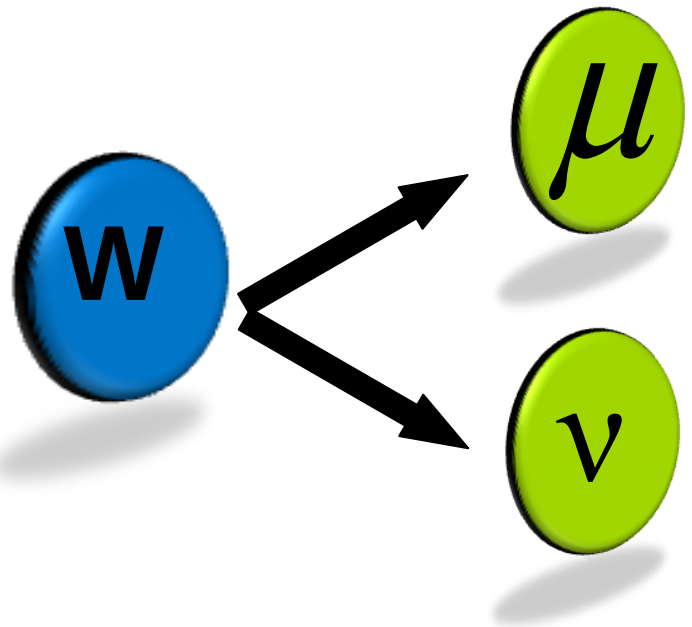


È evidente che gli eventi sono rari e casuali per il fatto che i due grafici seguono un andamento simile ad una curva di Poisson.

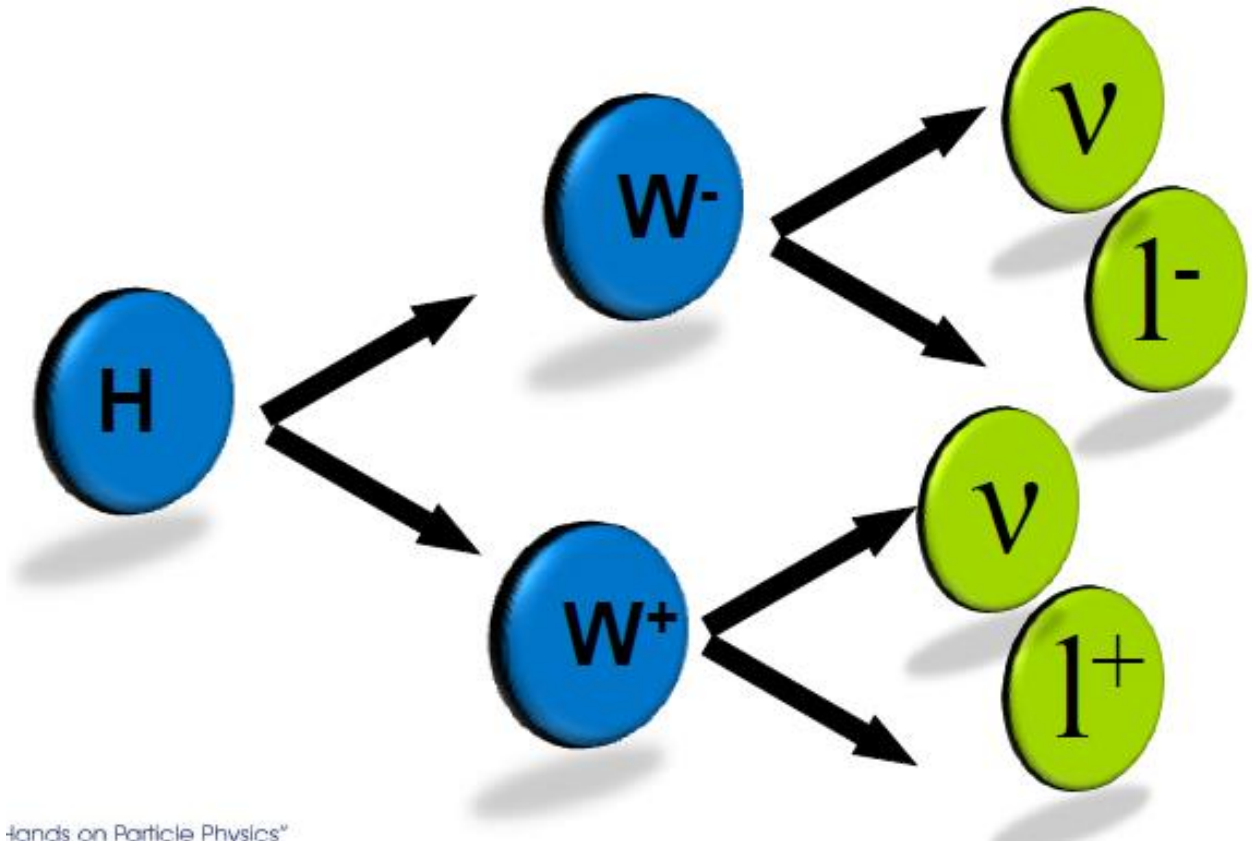
ALLA RICERCA DEL BOSONE W

Il bosone W, con una massa a riposo di 80 GeV, è uno degli intermediari dell'interazione elettrodebole. È una particella altamente instabile ($\tau = 3 \times 10^{-25} s$). Alcuni suoi possibili canali di decadimento sono:





DECADIMENTO DEL BOSONE DI HIGGS



Il bosone di Higgs è la particella responsabile della massa di tutte queste particelle elementari.
Il bosone di Higgs ha una massa di 125 GeV. Uno degli stati finali utilizzati per la sua rivelazione è quello di produzione di coppie di bosoni W, che a loro volta possono decadere in una coppia di leptoni (e, μ) e neutrini.

Obiettivi dell'esperienza:

- individuare il decadimento di un bosone W in una coppia leptone-neutrino
- Ricostruire l'eventuale produzione del bosone di Higgs che decade in due W

Acceleratori e ATLAS

LHC AL CERN DI GINEVRA

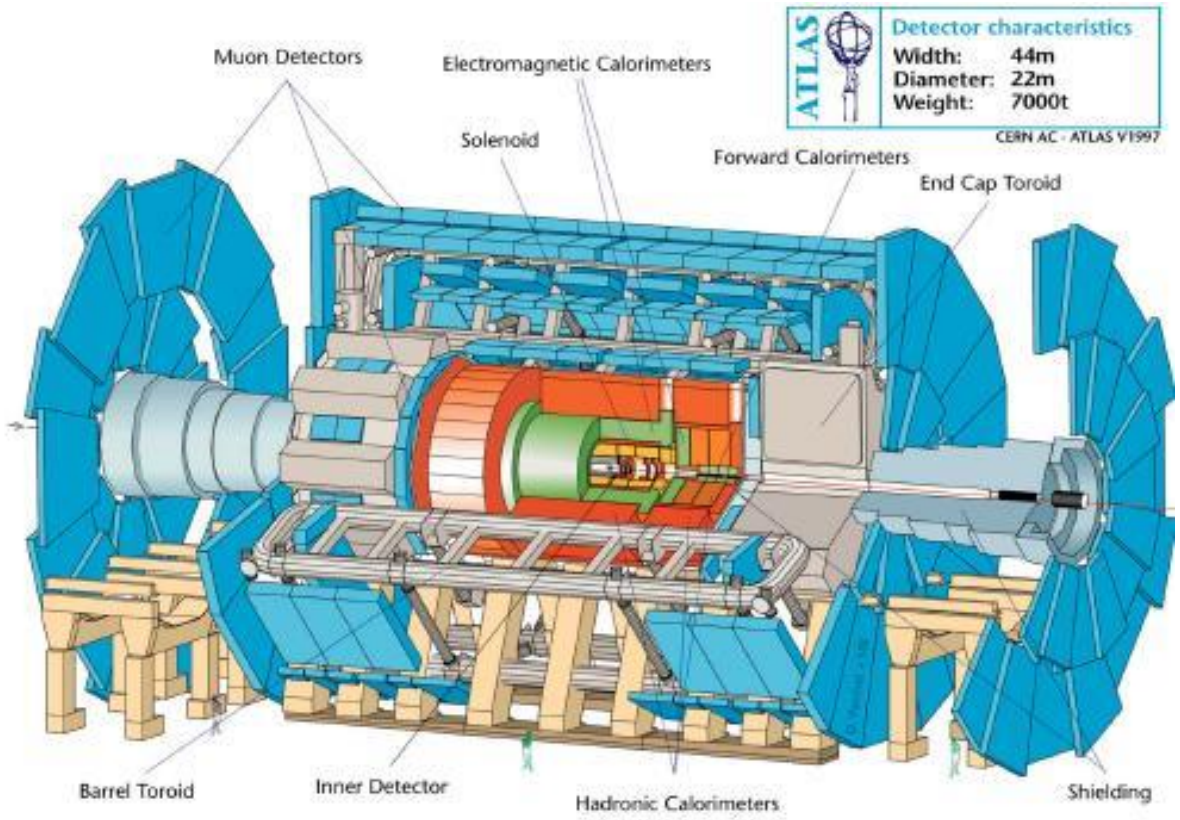
Un acceleratore di particelle è un dispositivo in grado di accelerare le particelle (pacchetti di protoni) innalzandone l'energia per poi farle collidere frontalmente. Dalla famosa formula $E=mc^2$, maggiore è l'energia disponibile nella collisione, maggiore sarà la probabilità di produrre particelle di massa elevata.

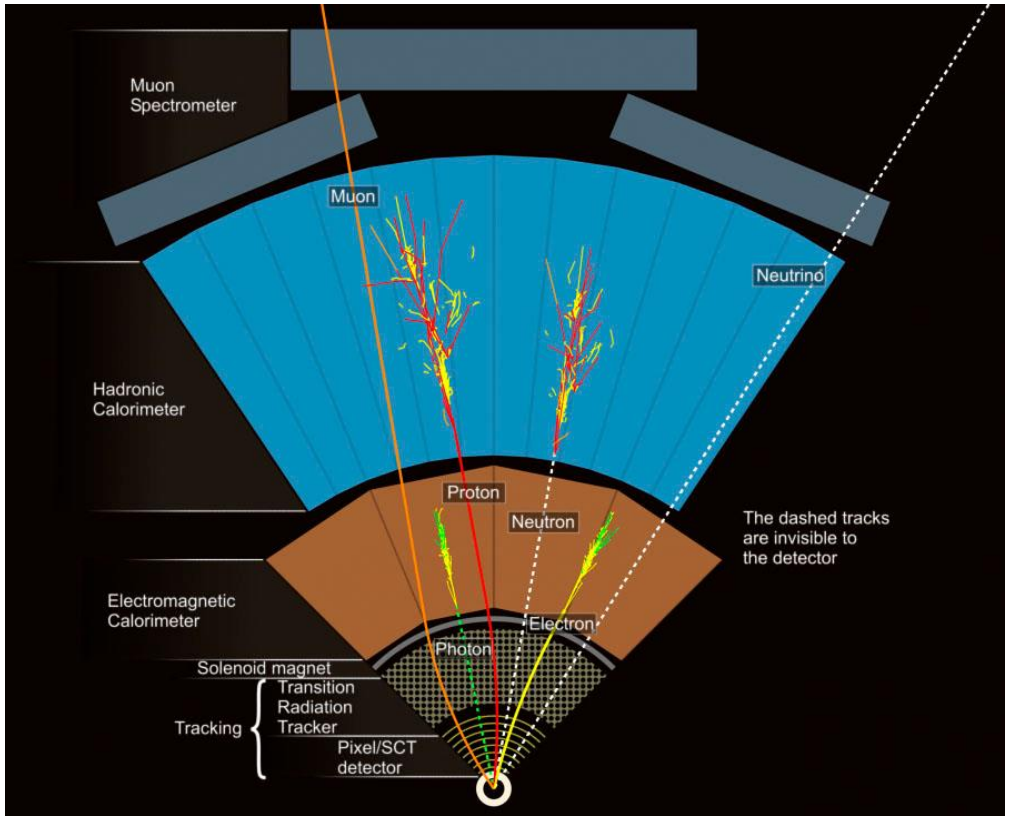
Il più grande e potente al mondo è l'LHC di Ginevra, sul quale sono posizionati 4 esperimenti di rivelazione di particelle, ognuno con funzioni e obiettivi diversi. Tra loro, il rivelatore ATLAS.

Acceleratori e ATLAS

ATLAS

ATLAS è un esperimento che si occupa della rivelazione delle particelle prodotte dalle collisioni. E' costituito da una struttura «a cipolla» formato da tracciatori e calorimetri in grado di rivelare (e fermare) le diverse particelle che vengono prodotte.

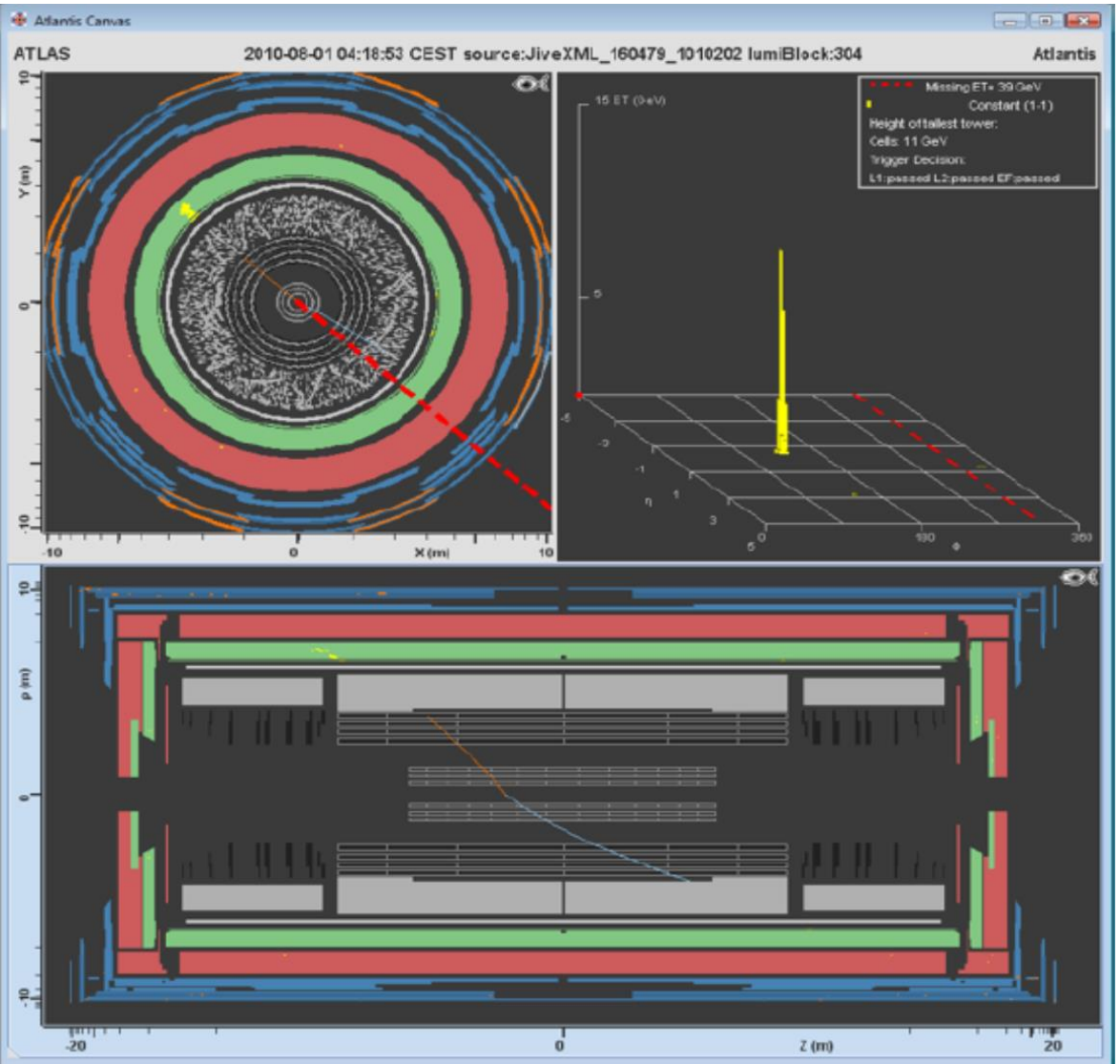


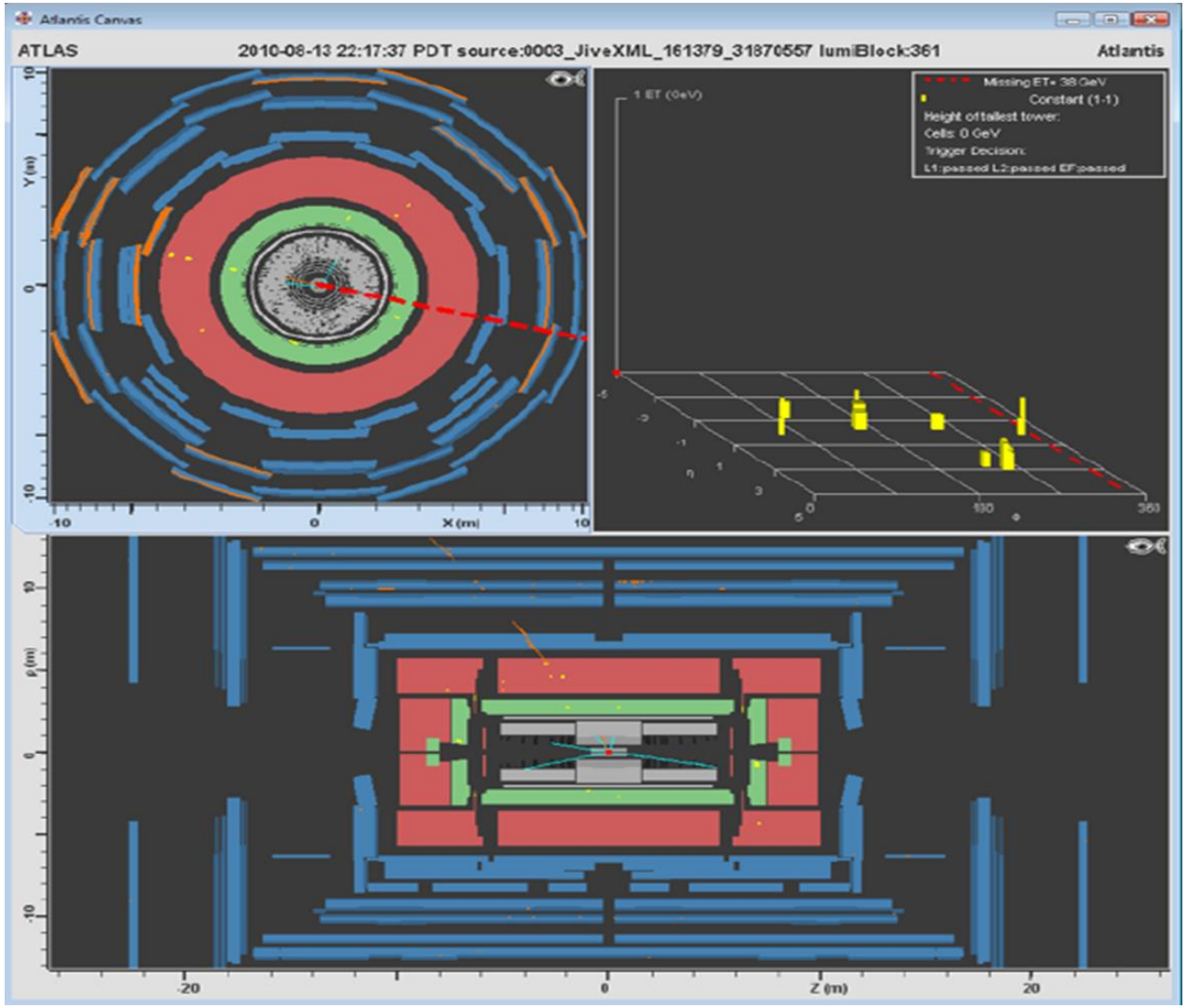


Acceleratori e ATLAS

Che faccia ha un bosone W in ATLAS?

$W \rightarrow e + \nu_e$





$W \rightarrow \mu + \nu_\mu$

Acceleratori e ATLAS

Procedura:

- Analizzare dati reali raccolti da ATLAS
- Individuare gli eventi con segnature interessanti
- Ricostruire i due decadimenti del bosone W in elettroni e muoni
- Misurare il rapporto di produzione W^+ / W^-
- Cercare l'eventuale produzione di un bosone di Higgs decaduto in due W

ATLAS: 1.50 ± 0.03

NOSTRA MISURA: 1.80 ± 0.20

Total #	W → ... + ν				Background	WW	WW event numbers a								
711	e^+	e^-	μ^+	μ^-			no. 1		no. 2		no. 3		no. 4		
							event no	angle	event no	angle	event no	angle	event no	angle	evei
group A	14	6	4	1	18	1	43	146.3							
group B	10	5	3	4	28	0									
group C	5	2	2	4	29	7	9	0	11	0	16	18.9	27	178.6	29
group D	8	3	7	5	24	3	12	32.3	20	87.4	21	163.5			
group E	5	1	3	4	13	1	27	27.7							
group F	21	4	0	0	21	4	26	0	30	0	35	0	50	0	
group G	4	2	1	3	5	2	2	132.6	4	115.4					
group H	15	6	0	0	8	1	29	0							
group I	8	7	13	3	18	1	44	147							
group J	11	6	7	2	21	3	31	131.7	33	136.2	48	125.2			
group K	9	6	4	3	26	2	22	170.74	48	176.75					
group L	3	11	12	4	17	3	31	3.7	43	222.7	47	288.8			
group M	7	9	4	3	26	1	22	176							
group N	11	5	14	2	15	3	11	27	25	232	37	94			
group O	8	1	4	3	7	6	7	94.4	8	154.5	14	104.8	23	243.3	24
group P	2	3	2	0	6	2	3	88.72	9	22.53					
group Q	3	4	10	8	22	3	9	136.4	16	354.2	36	88.6			
group R															
group S															
group T															
Total	144	81	90	49	304	43									
$\Sigma\|W^+\|,\Sigma\|W^-\|$	$\|W^+\|$	234	$\|W^-\|$	130	$\|W^+\| + \|W^-\|$	364									
Ratio		$\|W^+\|/\|W^-\|$		**1.80**	±	**0.20**									

Comparison with results of the ATLAS collaboration (from 2011):

Measurement of the W -> lnu and Z/gamma* -> ll production cross sections in proton-proton collisions at sqrt(s) = 7 TeV
with the ATLAS detector*) and Search for the Standard Model Higgs boson in the H→ WW(*)→ lvlv decay mode using
1.7 fb−1of data collected with the ATLAS detector at √s = 7 TeV **)

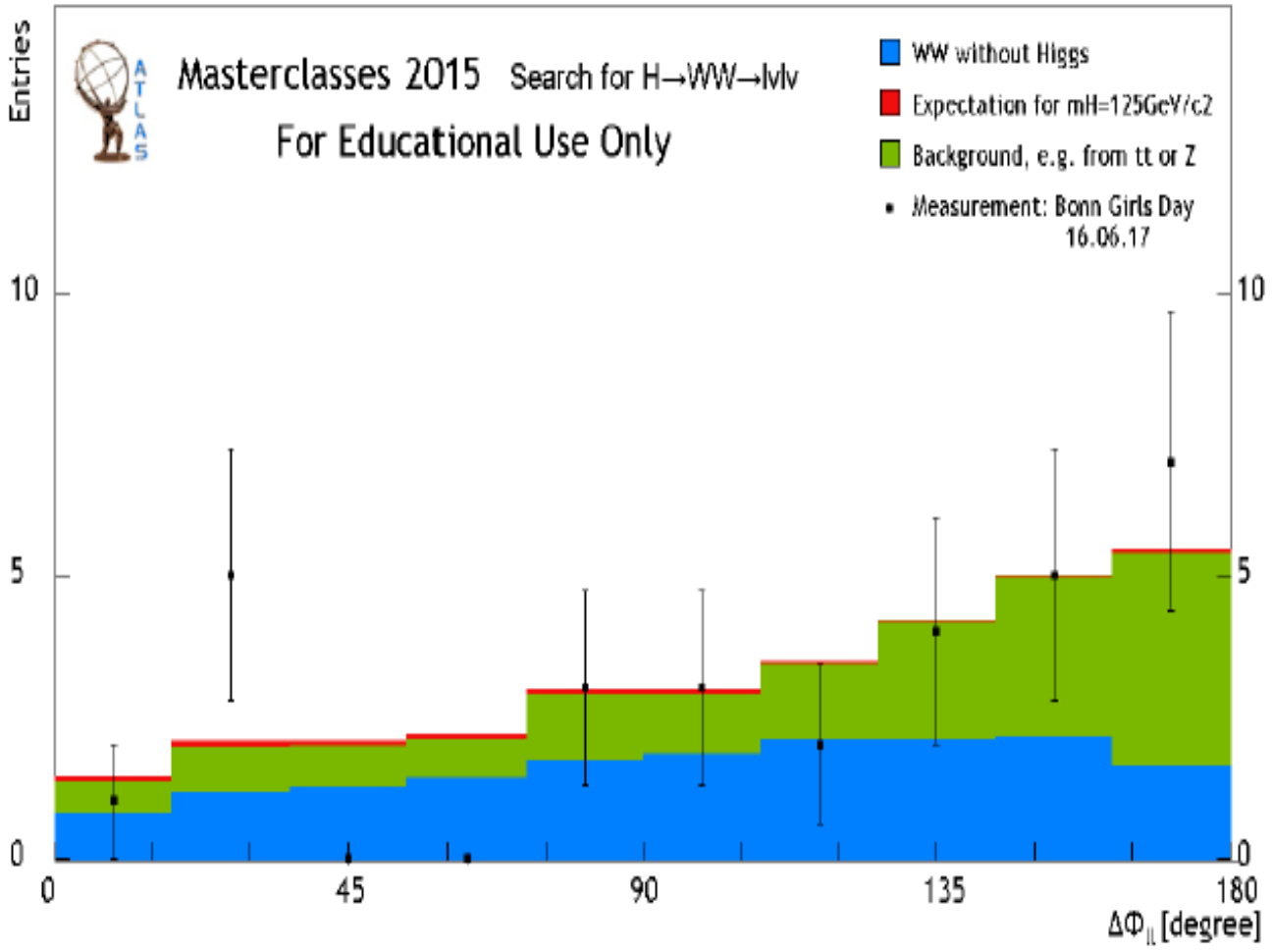
*) Authors: The ATLAS Collaboration (Submitted on 5 Dec 2011):
http://arxiv.org/abs/1109.5141.pdf
**) Authors: The ATLAS Collaboration (24 Aug 2011): ATLAS-CONF-2011-134

	W → ... + ν				Background	WW cand.
	e^+	e^-	μ^+	μ^-		
Total	77885	52856	84514	55234	21930	469
$\Sigma\|W^+\|,\Sigma\|W^-\|$	$\|W^+\|$	162399	$\|W^-\|$	108090	$\|W^+\| + \|W^-\|$	270489
Ratio		$\|W^+\|/\|W^-\|$		**1.50**	±	**0.03**

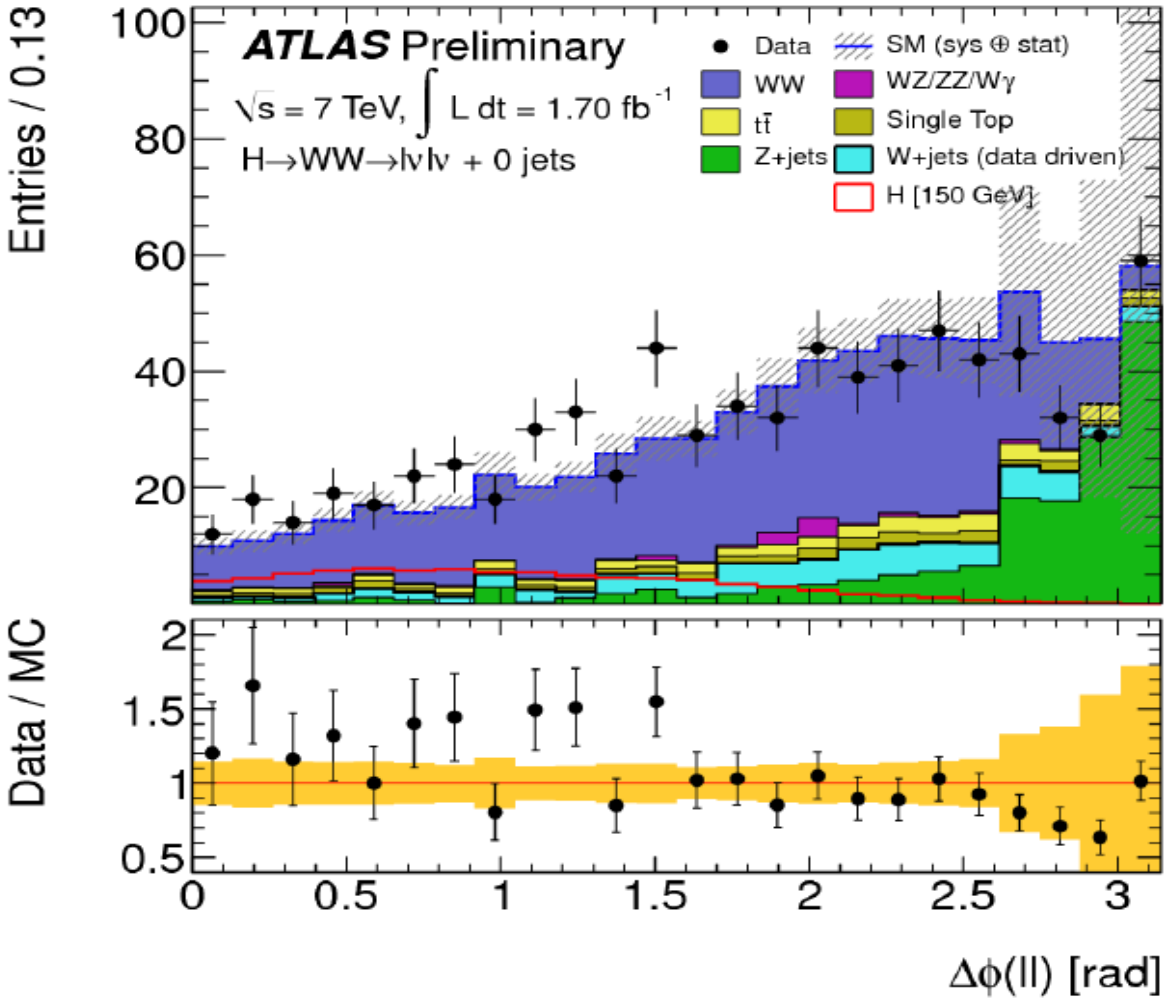
Acceleratori e ATLAS

Noi

Istogrammi WW



ATLAS



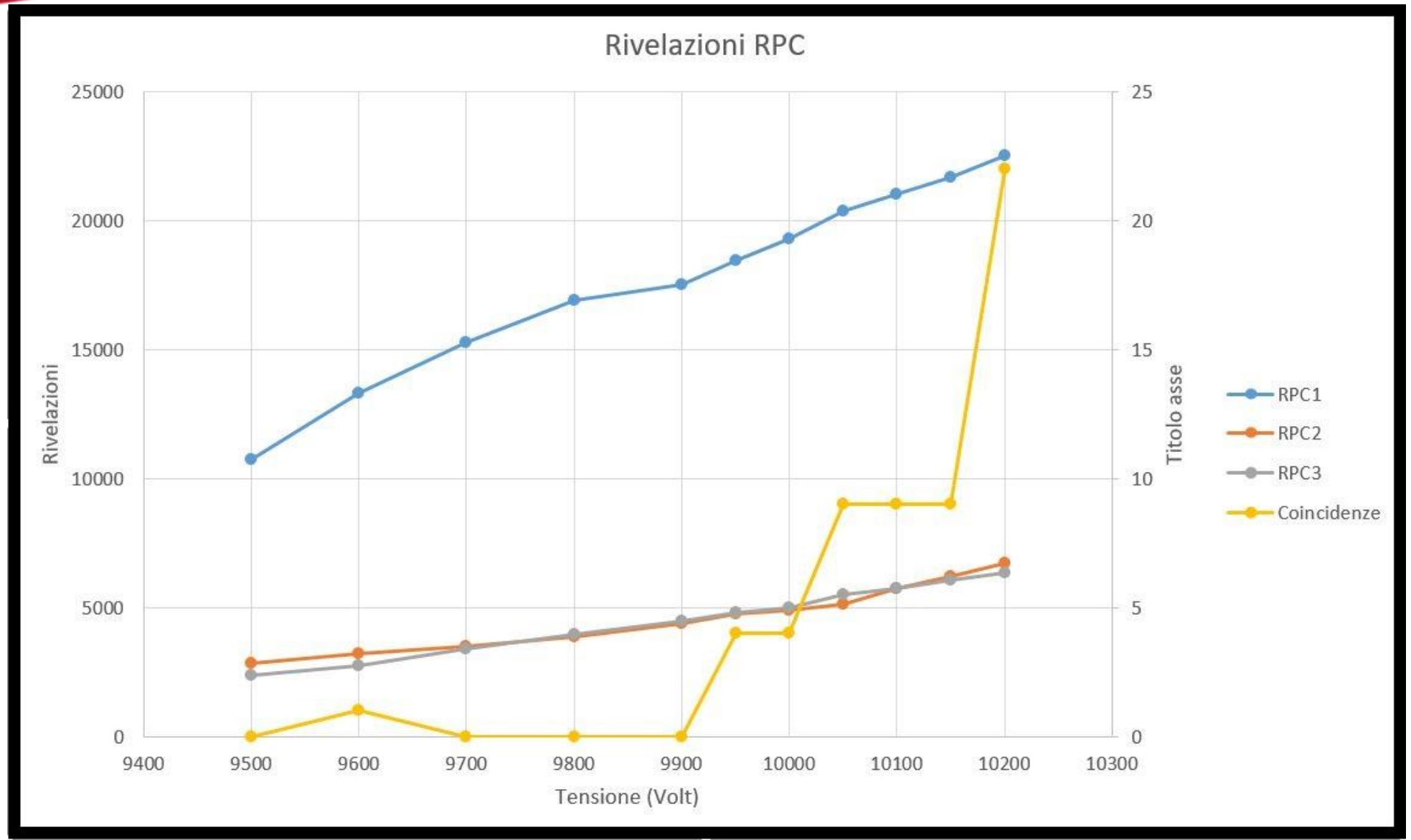
I punti neri rappresentano i dati raccolti.
In entrambi i grafici non c'è un'evidenza statisticamente significativa della produzione di un bosone di Higgs.

Conclusioni

In questi 5 giorni noi ragazzi abbiamo fatto proprio questo, ci siamo immersi nel mondo della fisica approcciandoci alla realtà con gli occhi di uno scienziato. Ci siamo addentrati in argomenti che vengono trattati in maniera forse troppo superficiale nel sistema scolastico e dalla cronaca nazionale, che meriterebbero un'attenzione maggiore per la loro attualità.

La realtà non è ciò che sembra

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Ringraziamo i professori Paolo Camarri, Umberto De Sanctis, Silvia Miozzi e Michele Pinamonti e tutti coloro che ci hanno assisitito nell'esperienza.

Raggi cosmici e rivelatori