

Physics Education Research in “Modern Physics”. (For the Italian Secondary School)

The European / Italian Educational Policy

The main Task of my Activity

What is needed and what has been done

The Future of the Project

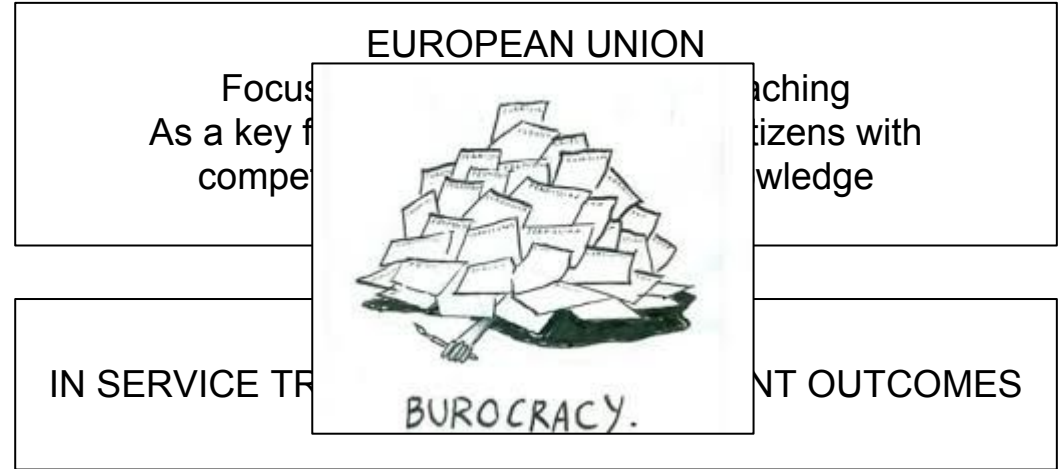
The European Educational Policy



Council Resolution 2008/C
319/08 of 21.11.08

Angrist & Lavy, 2001;
Darling-Hammond et al., 2005;
Rivkin, Hanushek, Kain, 2005;
Rockoff, 2004

Francesca Caena, *Quality in
Teachers' continuing
professional development*.
EUROPEAN COMMISSION,
2011



TEACHER'S CONTINUING PROFESSIONAL
DEVELOPMENT

The European Educational Policy



Council Resolution 2008/C
319/08 of 21.11.08

EUROPEAN UNION
Focuses on HIGH QUALITY Teaching
As a key feature to provide Young citizens with
competences as important as knowledge

Angrist & Lavy, 2001;
Darling-Hammond et al., 2005;
Rivkin, Hanushek, Kain, 2005;
Rockoff, 2004

IN SERVICE TRAINING improves STUDENT OUTCOMES



Francesca Caena, *Quality in
Teachers' continuing
professional development*.
EUROPEAN COMMISSION,
2011

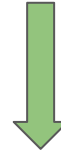
TEACHER'S CONTINUING PROFESSIONAL
DEVELOPMENT

The Italian Educational Policy



LEGGE 107 - July 2015

Nell'ambito degli adempimenti connessi alla funzione docente, la formazione in servizio dei docenti di ruolo è obbligatoria, permanente e strutturale.



DM 797 - October 2016

ADOZIONE del
**PIANO PER LA FORMAZIONE DEI DOCENTI
2016-2019**



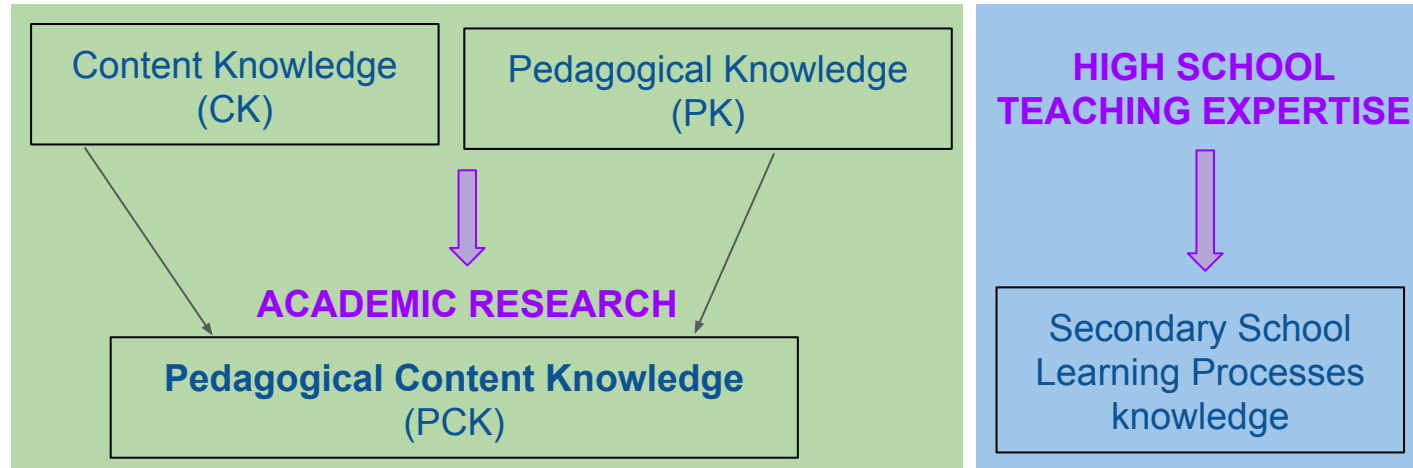
The main Task of my Activity

Nowadays in-service teachers Training Courses are also proposed by private Institutions / Associations

While

Teachers expect High-Quality Courses coming from Academic Environment

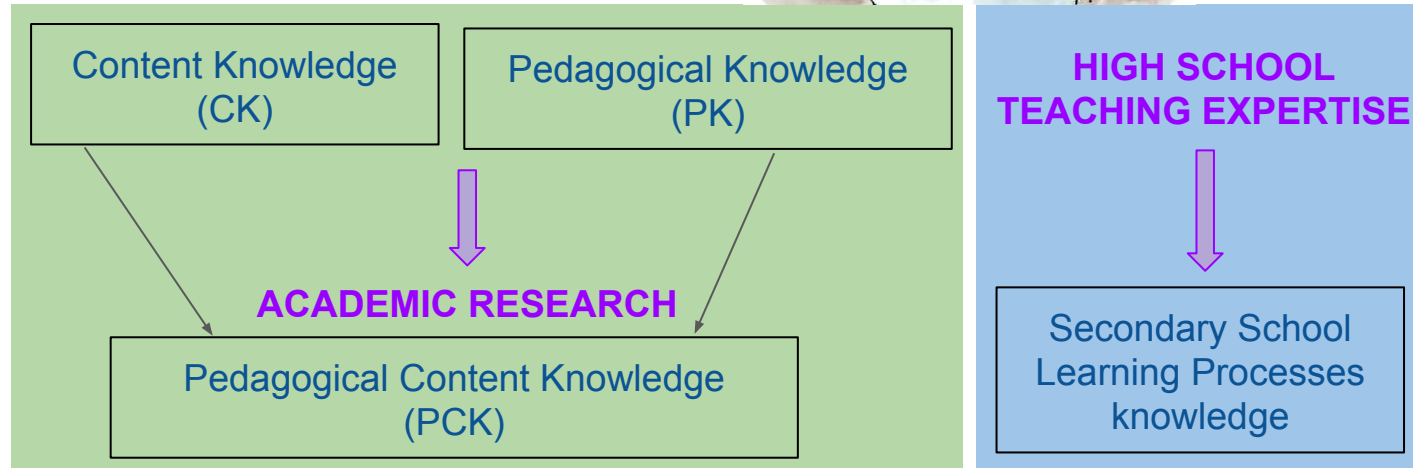
Key features



Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-31

The main Task of my Activity

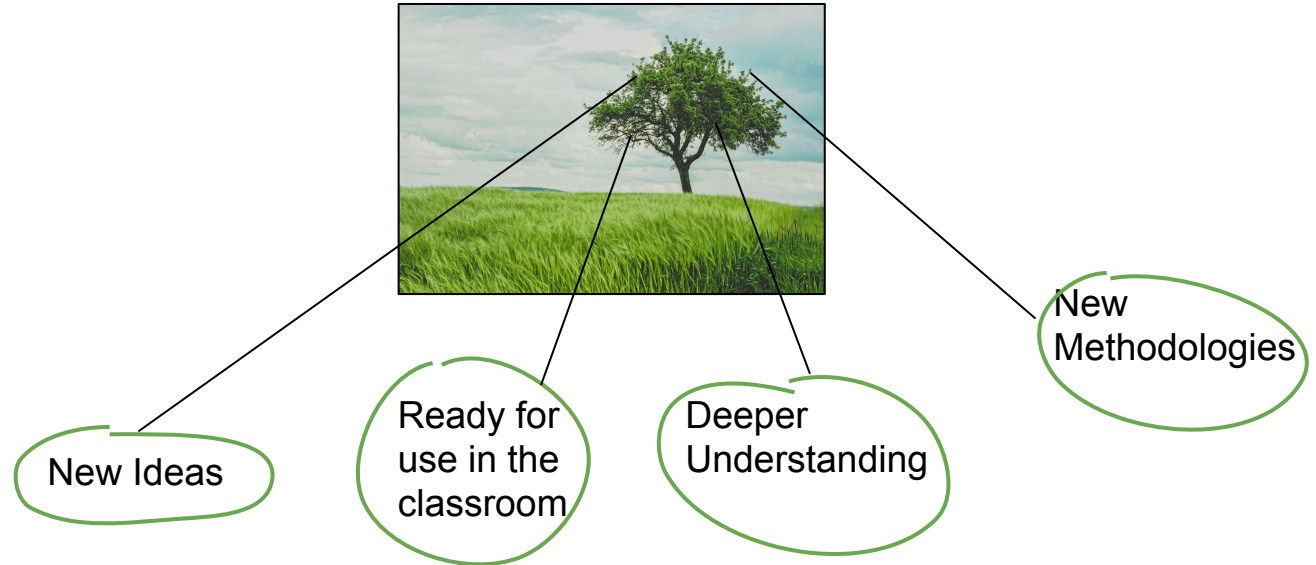
Building a Bridge ...



The main Task of my Activity

Offer to Secondary School Teachers

A lifelong and up to date Physics Training Service



The main Task of my Activity



EFFORT ESTIMATE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO

82 Scientific Secondary Schools
32 Classic Secondary Schools
68 ITI

Physics Teacher in Piedmont ~ 10^3 ,
Course Duration ~ 10h
Groups ~ 10 Teachers

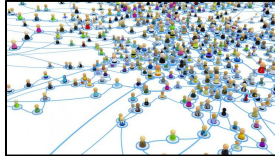
**TO DELIVER ONE TRAINING COURSE PER YEAR FOR EACH
GROUP WE NEED 100 COURSES**

What is needed and what has been done to build the **Bridge**



Research in new methods and approaches to introduce physics contents.

Research in Learner Centered teaching Strategies.



Establish a collaborative Network with other Physics Education Research Groups

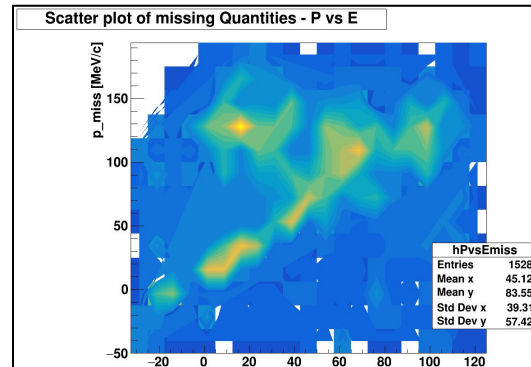
Establish a strong connection with Secondary Schools all over Piedmont

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

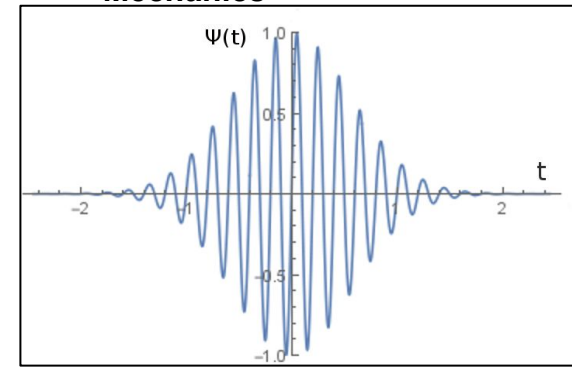
Research in innovative methods and approaches to introduce physics contents.

High **demand** in
Quantum Mechanics
and Special Relativity.

Training Course for Teachers
on **Special Relativity**

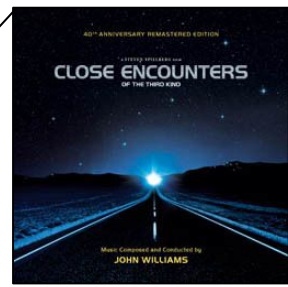
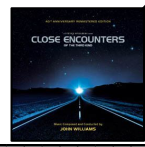


Training Course for
Teachers on **Quantum
Mechanics**



Training Course for
Teachers on **Quantum
Mechanics**

Heisenberg Uncertainty
Principle.



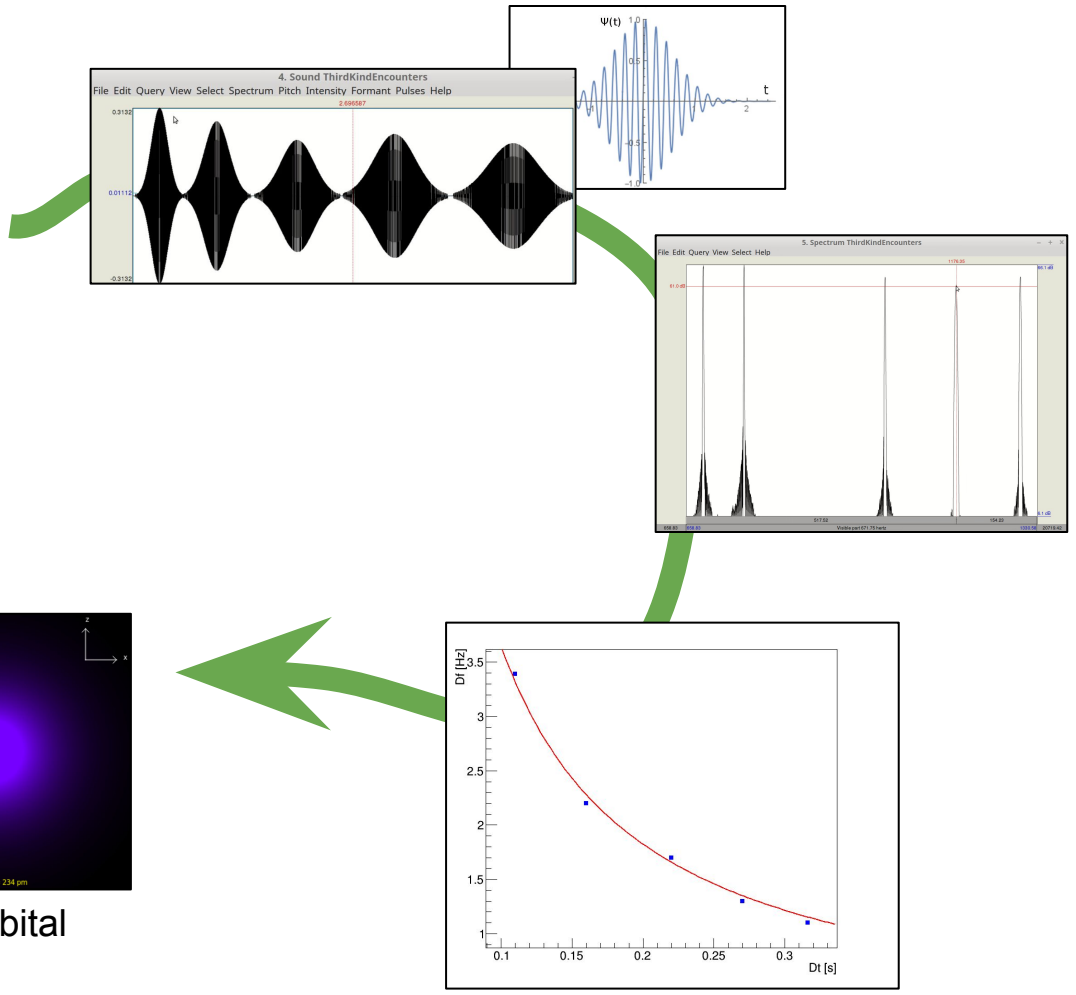
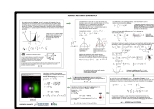
Electromagnetic radiation
quantization: Photons



Energy levels
Quantization with a straw

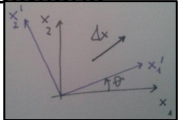


Action and Quantum
Mechanics

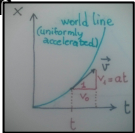


Training Course for Teachers on **Special Relativity**

Lorentz Invariants and 2D Euclidean Rotations



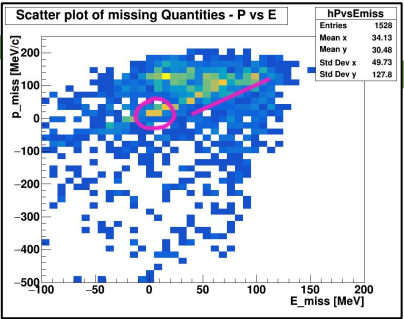
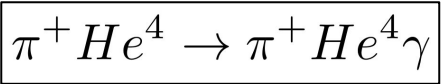
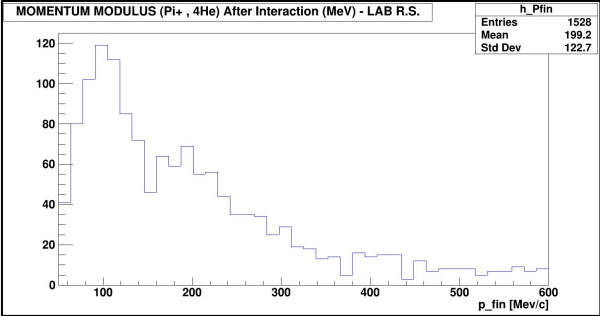
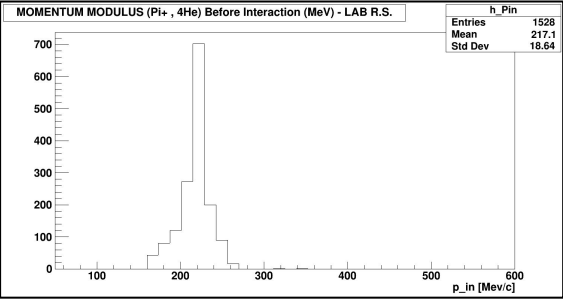
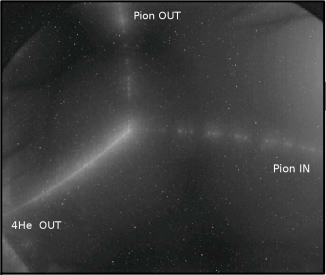
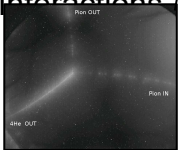
The Four-Velocity and Four-Momentum



Invariant Mass

$|p^\mu| = \sqrt{E^2 - p^2}$

Relativistic Kinematics as a discovery tool in Pion-⁴He Low Energy Interactions



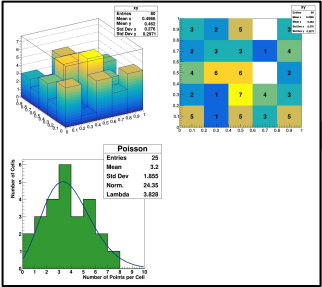
What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Research in innovative methods and approaches to introduce physics contents.

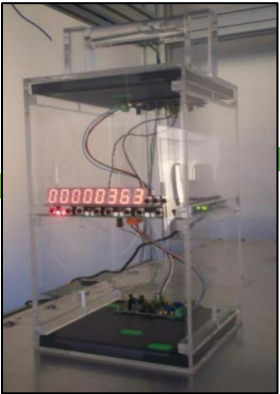
For the EEE Collaboration
(Cosmic Ray Physics and MRPC
Detectors)

Training Course on **Cosmic
Rays Physics.**

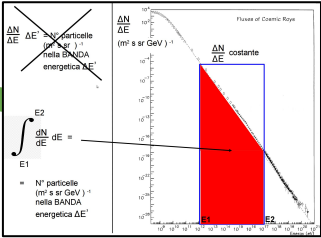




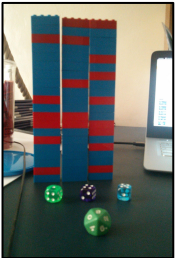
Poisson Statistics
and Cosmic Rays
Counts



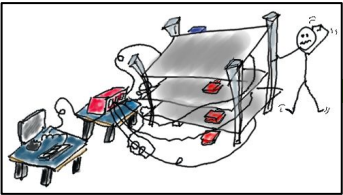
Cosmic Rays come
from above



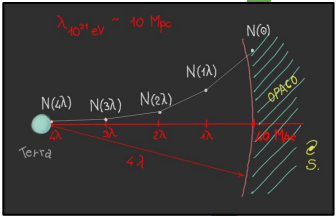
Cosmic Rays
Spectrum & rarity of
High Energy Cosmic
Rays



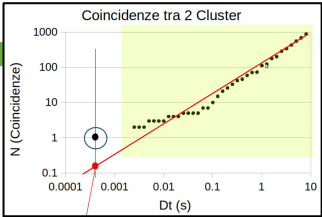
Coincidence
Technique in
Nuclear Physics
and Probability



EEE Detector operating
principles



Cross Section and
Universe Opacity



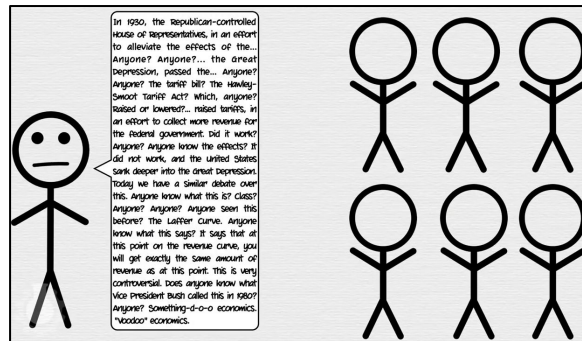
Large Distance Correlations

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Research in Learner Centered teaching Strategies.

M. Kryjevskaja
[*American Journal of Physics*](#), 82,
238-250 (2014).

“... a growing number of physics faculty recognize the potential benefits of **replacing some traditional instruction with learner-centered methods.**”



What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Research in Learner Centered teaching Strategies.

INQUIRY BASED SCIENCE EDUCATION (IBSE)

National Science Education
Standards, 1996 (US)

“ Inquiry is at the heart of science and science learning.”



Will be tested in October 2018



Tested in July 2018

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Research in Learner Centered teaching Strategies.

CONTINUOUS MONITORING OF STUDENT REASONING AND UNDERSTANDING

PhE


Home

- Teaching Quantum Mechanics (QM)
- Teaching Special Relativity (SR)
- Teaching Astro-Particle Physics (APP)
- Teaching Classic Physics (CP)
- Didattica della Relatività Speciale (RS)
- Da un esperimento di Fisica Nucleare alla RS
 - Così si fa in Fisica Nucleare

FORUM1

Acceleratore da Banco.
Considerazioni energetiche.

* Required



FASE A FASE B FASE C

FASE A. Sulla base delle tue conoscenze e di una riflessione personale scrivi le tue considerazioni energetiche sul processo di accelerazione della moneta dalla cima dell'acceleratore al piano di appoggio. Motiva la tua risposta evidenziando il ragionamento che hai fatto. *

Your answer

FASE B. Sulla base delle tue conoscenze e di una riflessione personale scrivi le tue considerazioni energetiche sul processo di accelerazione della moneta dalla cima dell'acceleratore al piano di appoggio. Motiva la tua risposta evidenziando il ragionamento che hai fatto. *

Your answer

FASE C. Prova a fornire una versione matematica della migliore risposta che hai dato alla domanda. *

Your answer

SUBMIT

Site in which a Google Forum is inserted.

The teacher can change the flow of the learning process according to the real-time results

Will be tested in October 2018 during the Student Course
“Special Relativity in Nuclear Reactions”

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Research in teaching Strategies.

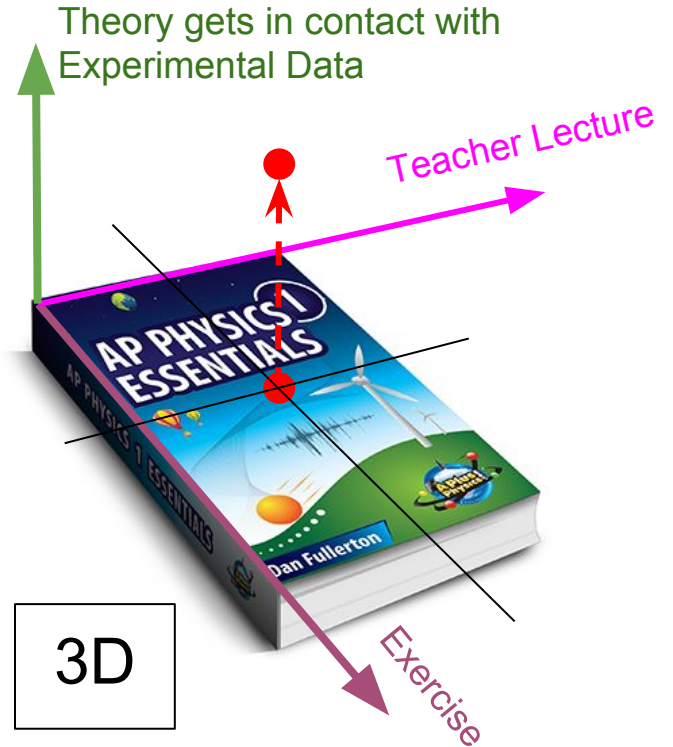
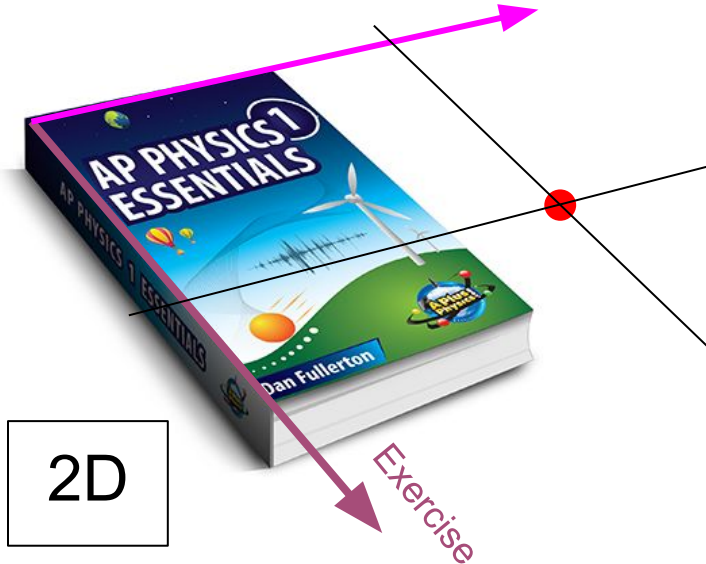
GOING 3-DIMENSIONAL
IN PHYSICS TEACHING

A beautiful example is
the in-Service
Teacher Course:

*"Special Relativity in
Nuclear Reactions"*

Data from ($\pi - ^4\text{He}$)
Collisions at PAINUC
Experiment

Will be tested with
Students in October
2018



What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Establish a collaborative Network with other Physics Education Research Groups



Galante et al. ,

“Close Encounters with Heisenberg: Uncertainty in the Secondary School”,

Submitted to Physics Education.



CONICET



Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Prof. Maria Fanaro



Dr. Marcelo Arlego

CONFERENCES:

Girep 2018 (San Sebastian) _____ submitted proceeding

15th Marcel Grossmann Meeting (Rome) _____ submitted proceeding

SIF 2018 (Rende)

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Establish a strong connection with Secondary Schools all over Piedmont

TRAINING COURSES FOR IN-SERVICE TEACHERS



Topic	Target	City	Participants
Quantum Mech.	In-Service Teachers	Andria	10
Special Relativity	In-Service Teachers	Andria	10
Special Relativity	In-Service Teachers	Moncalieri	26
Special Relativity	In-Service Teachers	Piacenza	15

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Establish a strong connection with Secondary Schools all over Piedmont

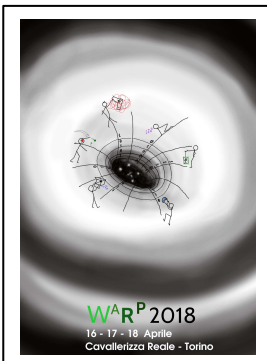
COURSES FOR STUDENTS



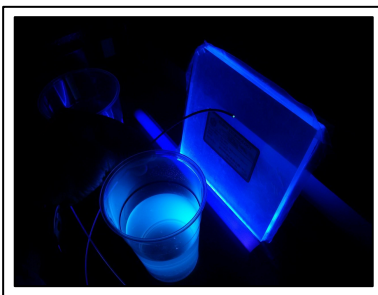
Topic	Target	City	Participants
Quantum Mech.	Students	Moncalieri	30
Quantum Mech.	Students from different Italian Regions	Marina di Massa	10
Cosmic Rays Phys.	Students	Torino	60
Cosmic Rays Phys.	Students	Torino	20
Cosmic Rays Phys.	Students from Piacenza	Torino	23
Cosmic Rays Phys.	Students	Bardonecchia	47



I C D 2018



WARP 2018



h Bar

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Establish a strong connection with Secondary Schools all over Piedmont

OUTREACH ACTIVITIES

Title	Target	City	Participants
International Cosmic Day 2018	Students	Torino (Aula Magna Phys. Dep.)	150
WARP 2018 (3 days School of Physics)	Students / Teachers	Torino (Cavallerizza Reale)	250 / 15
h - bar (Physics experiments at the Bar)	Students	Torino	60
The Physics "Tovagliette"	Students / Teachers	/	/

What is needed and what has been done to build the **Bridge**

Establish a strong connection with Secondary Schools all over Piedmont

Physics "Tovagliette"
(Action in Quantum Mech.)

AZIONE E MECCANICA QUANTISTICA

Per capire cosa sia l'azione serve il concetto di integrale. Per noi l'integrale di una funzione sarà un'area delimitata dal grafico della funzione stessa. Useremo funzioni di secondo grado nella variabile tempo (t). Quindi, ci interessa imparare a valutare l'area individuata da una parabola. In questa sezione lo faremo nel più dolce e breve tempo possibile.

L'area tra 0 e t, sottesa dalla grafico della parabola, è 1/3 dell'area del rettangolo in cui è inscritto l'arco di parabola.

$$A_1 = \int_0^t t^2 dt = \frac{1}{3} t \cdot t^2 = \frac{t^3}{3}$$

Colazione a Monte Carlo!

Su un tovagliolo disegna un quadrato come quello in figura e inserisci l'arco di parabola $y = t^2$. Prendi una bustina di zucchero di canna o spargi con distribuzione uniforme, sia per di grandi sul quadrato.

Il rapporto tra il numero n di granelli interni all'area sottesa dalla parabola e il numero N di granelli all'interno del quadrato dovrà essere uguale a rapporto tra l'area della parabola e quella del quadrato.

$$\frac{n}{N} = \frac{1}{3}$$

Consideriamo il moto di un corpo di massa 1 kg lanciato verso l'alto con velocità iniziale $v_0 = 2 \text{ m/s}$ all'istante $t = -1 \text{ s}$. Supponiamo che esso sia sottoposto all'azione di un'accelerazione gravitazionale di 2 m/s^2 . I numeri sono scelti in modo da avere calcoli semplici.

L'equazione oraria è $x(t) = -t^2 + 1$.
 $m = 1 \text{ kg}$, $g = 2 \text{ m/s}^2$,
 $v(t) = -2t$.

Questa è la traiettoria Newtoniana nello spazio-tempo.

Generiamo una famiglia di traiettorie intorno alla traiettoria Newtoniana (linee rosse).

Definita la traiettoria nello spazio-tempo effettivamente seguita dal corpo, generiamo una serie di traiettorie differenti intorno ad essa:

$$x(t) = (4+\epsilon)(-t^2+1) \quad \text{con } \epsilon \in [-1, 1]$$

Le traiettorie dei corpi nello spazio tempo sono quelle che minimizzano l'azione.

Ora definiamo una grandezza fisica, che indicheremo con la lettera **S** e chiameremo **Azione**.

T rappresenta l'energia cinetica del corpo. V l'energia potenziale. T e V assumono valori diversi in ogni istante tra -1 e 1. Sono funzioni del tempo t, se ne può dunque calcolare l'area tra l'inizio e la fine del moto.

$$S = \int_{-1}^1 (T - V) dt$$

L'azione è l'area della differenza tra T e V valutata tra due istanti del moto.

Calcoliamo l'azione di questo moto per una traiettoria della famiglia appena generata. Prima la componente cinetica S_T e poi quella potenziale S_V .

$$S_T = \int_{-1}^1 T dt = \int_{-1}^1 2(4+\epsilon)^2 t^2 dt = 2(4+\epsilon)^2 \int_{-1}^1 t^2 dt = \frac{8}{3}(4+\epsilon)$$

$$S_V = \int_{-1}^1 V dt = \int_{-1}^1 2(4+\epsilon) dt = 2(4+\epsilon) \int_{-1}^1 1 dt = \frac{8}{3}(4+\epsilon)$$

L'azione è **minima** per $\epsilon = 0$, cioè nel caso della traiettoria Newtoniana.

Calcoliamo l'ordine di grandezza dell'azione di un sistema Microscopico.

Atomo di Idrogeno (H , $n=3$, $l=1$)

$$L \sim \frac{1}{3} \text{ nm} \cdot \text{m} \sim 10^{-30} \text{ Kg}$$

$$v = \sqrt{\frac{Kq^2}{m r}} \sim \sqrt{\frac{20^9 \cdot 10^{-38}}{10^{-30} \cdot 10^{-9}}} \sim 10^6 \text{ m/s}$$

$$S \sim p L \sim m v L$$

$$S \sim 10^{-30} \text{ Kg} \cdot 10^6 \text{ m/s} \cdot 10^{-30} \text{ m} = 10^{-54}$$

La **Meccanica Quantistica** subentra alla fisica classica quando l'azione del sistema è paragonabile al valore della costante di Planck

$$h \sim 10^{-34} \text{ Js}$$

Calcoliamo l'ordine di grandezza dell'azione di un sistema Macroscopico **Massa - Molla**

frequenza $\sim 1 \text{ Hz}$
 Periodo $\sim 1 \text{ s}$
 $L \sim 0.5 \text{ m}$
 $m \sim 0.1 \text{ Kg}$

$$S \sim p L \sim m v L$$

In un periodo T la massa percorre $2L = 1 \text{ m}$.
 $v = 1 \text{ m/s}$.

$$S \sim 0.1 \text{ Kg} \cdot 1 \text{ m/s} \cdot 0.5 \text{ m} = 0.05 \text{ Js}$$

Le unità di misura dell'azione **S** sono: **(Energia)x(Tempo)**, $J \cdot s$. Possiamo notare che moltiplicando la quantità di moto p (l'impulso) per una lunghezza L otteniamo una grandezza che ha le dimensioni di un'azione:

$$p = m v, \quad L \rightarrow p L$$

Forza

$$K_g \frac{m^2}{s^2} = K_g \frac{m}{s^2} \cdot m = J \cdot s$$

Si può fare di meglio, si può dimostrare matematicamente che, moltiplicando l'impulso di un sistema per la lunghezza tipica del sistema stesso, si valuta l'ordine di grandezza dell'azione del sistema.


pl ~ AZIONE del SISTEMA


LORENZO GALANTE **EDU**


What is needed and what has been done to build the **Bridge**


Establish a strong connection with Secondary Schools all over Piedmont

Physics "Tovagliette" (Lorentz Transforms)









LE TRASFORMAZIONI DI LORENTZ

■ La velocità della luce è la stessa in tutti i sistemi di riferimento inerziali. Le trasformazioni che mandano le coordinate di un osservatore inerziale in quelle di un altro, mantenendo costante la vel. della luce, sono :

$$\begin{pmatrix} t' \\ x' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta \\ -\gamma\beta & \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t \\ x \end{pmatrix} \quad \text{TR. LORENTZ}$$

lasciano invariato : $ds^2 = dt^2 - dx^2 = \eta$

Le (distanze)² e le (lunghezze)² dei vettori, nello spazio tempo, si calcolano con una metrica :

$\eta = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$

SPAZIO-TEMPO DI MINOWSKI

■ Ora dobbiamo chiudere il cerchio e mostrare come le trasformazioni chiamate "ROTAZIONI" di MINOWSKI siano proprio le trasformazioni di LORENTZ che collegano osservatori inerziali diversi.

Le "ROTAZIONI" di MINOWSKI danno :

$$\begin{aligned} t' &= \cosh \phi \cdot t - \sinh \phi \cdot x \\ x' &= -\sinh \phi \cdot t + \cosh \phi \cdot x \end{aligned}$$

Se consideriamo i punti $x=0$ nel nuovo sistema di coordinate, abbiamo :

$$0 = -\sinh \phi \cdot t + \cosh \phi \cdot x \Rightarrow v = \tanh \phi$$

Ricordando che :

$$\cosh \phi = \frac{1}{\sqrt{1 - \tanh^2 \phi}}$$

e raccogliendo $\cosh \phi$ nelle "ROTAZIONI", si ha :

$$\begin{aligned} t' &= \gamma (t - \beta x) \\ x' &= \gamma (x - \beta t) \end{aligned}$$

cioè le TRASFORMAZIONI DI LORENTZ.

■ Nello spazio Euclideo la situazione è analoga. Le lunghezze² dei vettori si calcolano con il Teorema di PITAGORA, cioè con una metrica che differisce per un segno "+" da quella di MINOWSKI :

$$\Delta x'^2 = \Delta x^T \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \Delta x = \Delta x^T \mathbb{1} \Delta x$$

Come nello spazio di MINOWSKI, abbiamo trasformazioni che lasciano invariato le lunghezze² dei vettori, anche nello spazio Euclideo abbiamo trasformazioni analoghe.

Saranno trasformazioni R che cambiano le coordinate :

$$\begin{pmatrix} \Delta x' \\ \Delta y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}, \text{ ovvero } \Delta x' = R \Delta x,$$

lasciando invariato le distanze :

$$\Delta x'^2 = \Delta x^T R^T \mathbb{1} R \Delta x = \Delta x^T \mathbb{1} \Delta x$$

R, quindi, deve soddisfare la relazione :

$$R^T \mathbb{1} R = \mathbb{1}$$

Le trasformazioni che soddisfanno la condizione di INVARIANZA sono le ROTAZIONI :

$$R = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

GRUPPO SO(3) per ROTAZIONI S.P. Speciali, ($\det R = +1$)
 O: Ortogonale, $R^T = R^{-1}$

■ La ricerca delle trasformazioni che lasciano invariate le lunghezze² può essere svolta nello spazio di MINOWSKI seguendo una procedura identica a quella seguita nello spazio EUCLIDEO. Semplicemente, al posto della metrica $\mathbb{1}$ si dovrà usare η .


La condizione di INVARIANZA sarà :

$$\lambda^T \eta \lambda, \text{ con } \Delta x' = \lambda \Delta x.$$

Le trasformazioni λ che la soddisfanno sono :

$$\lambda = \begin{pmatrix} \cosh \phi & -\sinh \phi \\ -\sinh \phi & \cosh \phi \end{pmatrix}$$

"ROTAZIONI" nello spazio di MINOWSKI.

LORENZO GALANTE 

The Future of the Project

- October 2018; Test of the Physics Course for Students “*Special Relativity in Nuclear Reactions*”. Data from (π - ^4He) Collisions at PAINUC Experiment.
- Statistical Analysis of the Test Results and estimate of the effectiveness of the methodologies.

RESEARCH ON THE INTRODUCTION OF PHYSICS CONTENTS

COURSE ON QUANTUM MECHANICS

COURSE ON SPECIAL RELATIVITY

COURSE ON COSMIC RAYS PHYSICS

RESEARCH ON PEDAGOGICAL METHODS APPLIED TO
PHYSICS TEACHING

INQUIRY BASED SCIENCE LEARNING

CONTINUOUS MONITORING OF
UNDERSTANDING

3D PHYSICS TEACHING

INTERNATIONAL COLLABORATION

UNICEN & UNLP (ARGENTINA)

DELIVERY AND TEST OF TRAINING COURSES TO TEACHERS
AND STUDENTS