



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI FERRARA  
- EX LABORE FRUCTUS -



# La Fisica dello Spin: i progetti EDM e CLAS12

Lavori in Corso a Fisica 2016, 23 novembre 2016

# Spin Group

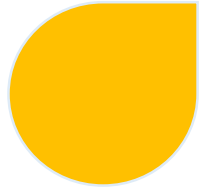
Referente del gruppo: prof. Paolo Lenisa

Ricercatori: dr. Giuseppe Ciullo, dr. Marco Contalbrigo

Dottorandi: Ilaria Balossino, Simone Basile, Matteo Turisini

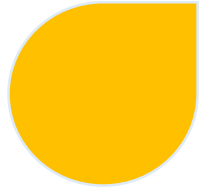
Assegnisti di ricerca: dr. Valentina Rolando, dr. Andrea Pesce, dr. Luca Barion  
dr. Aram Movsisyan, dr. Susanna Bertelli

# Spin Group : focus

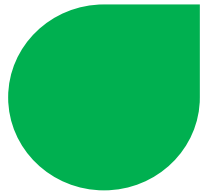


Studio dello spin del protone

# Spin Group : focus

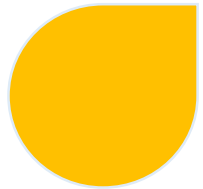


Studio dello spin del protone

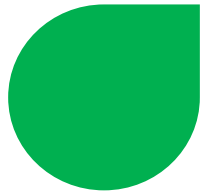


Studio delle simmetrie fondamentali

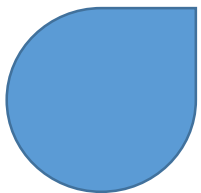
# Spin Group : focus



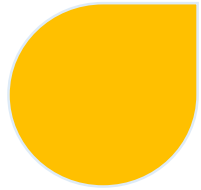
Studio dello spin del protone



Studio delle simmetrie fondamentali



Tecnologie della polarizzazione



# Studio dello spin del protone

## Fisica classica:

rotazione di un oggetto intorno al proprio asse  
(trottola, pianeti, stelle, galassie,...)

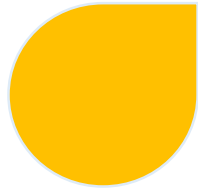


## Fisica quantistica:

- è una proprietà fondamentale di tutte le particelle
- ha le caratteristiche di un momento angolare
- conferisce proprietà magnetiche alle particelle (momento magnetico)
- definisce la natura (fermione o bosone) delle particelle:



W. Pauli and N. Bohr



# Studio dello spin del protone

## Fisica classica:

rotazione di un oggetto intorno al proprio asse (trottola, pianeti, stelle, galassie,...)

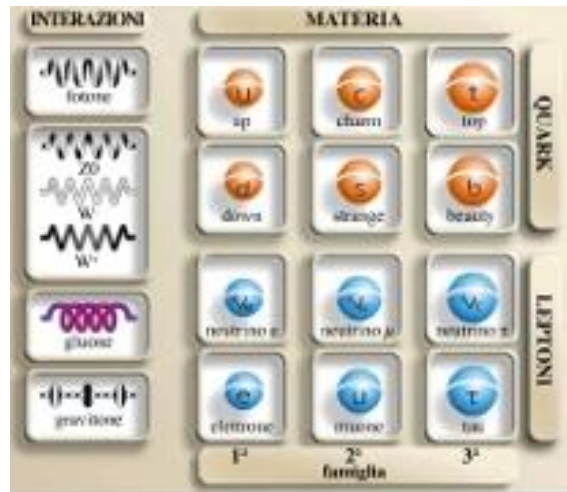


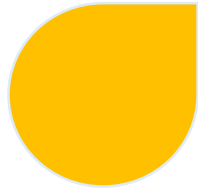
## Fisica quantistica:

- è una proprietà fondamentale di tutte le particelle
- ha le caratteristiche di un momento angolare
- conferisce proprietà magnetiche alle particelle (momento magnetico)
- definisce la natura (fermione o bosone) delle particelle:



W.Pauli and N.Bohr





# Studio dello spin del protone

## Fisica classica:

rotazione di un oggetto intorno al proprio asse (trottola, pianeti, stelle, galassie,...)

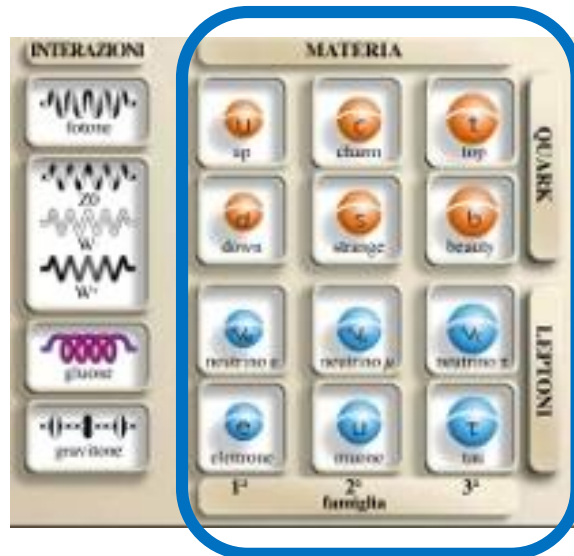


## Fisica quantistica:

- è una proprietà fondamentale di tutte le particelle
- ha le caratteristiche di un momento angolare
- conferisce proprietà magnetiche alle particelle (momento magnetico)
- definisce la natura (fermione o bosone) delle particelle:

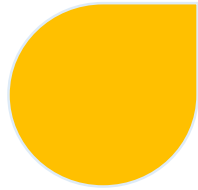


W.Pauli and N.Bohr



Fermioni: spin semi-intero  
*Fermi-Dirac*





# Studio dello spin del protone

## Fisica classica:

rotazione di un oggetto intorno al proprio asse  
(trottola, pianeti, stelle, galassie,...)

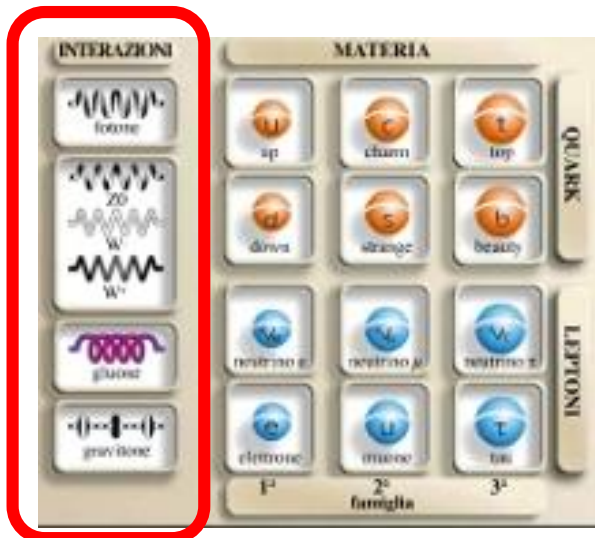


## Fisica quantistica:

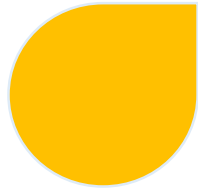
- è una proprietà fondamentale di tutte le particelle
- ha le caratteristiche di un momento angolare
- conferisce proprietà magnetiche alle particelle (momento magnetico)
- definisce la natura (fermione o bosone) delle particelle:



W.Pauli and N.Bohr



Bosoni: spin intero  
Bose-Einstein



# Studio dello spin del protone

## Fisica classica:

rotazione di un oggetto intorno al proprio asse (trottola, pianeti, stelle, galassie,...)

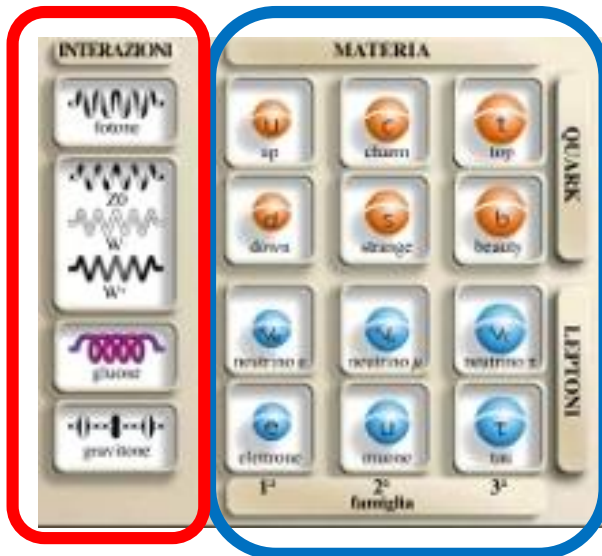


## Fisica quantistica:

- è una proprietà fondamentale di tutte le particelle
- ha le caratteristiche di un momento angolare
- conferisce proprietà magnetiche alle particelle (momento magnetico)
- definisce la natura (fermione o bosone) delle particelle:



W.Pauli and N.Bohr



Fermioni: spin semi-intero  
*Fermi-Dirac*

Bosoni: spin intero  
*Bose-Einstein*

$$\frac{1}{2} = \text{[Diagram of a proton with spin arrows]} \dots ?$$



# Studio dello spin del protone

View Menu

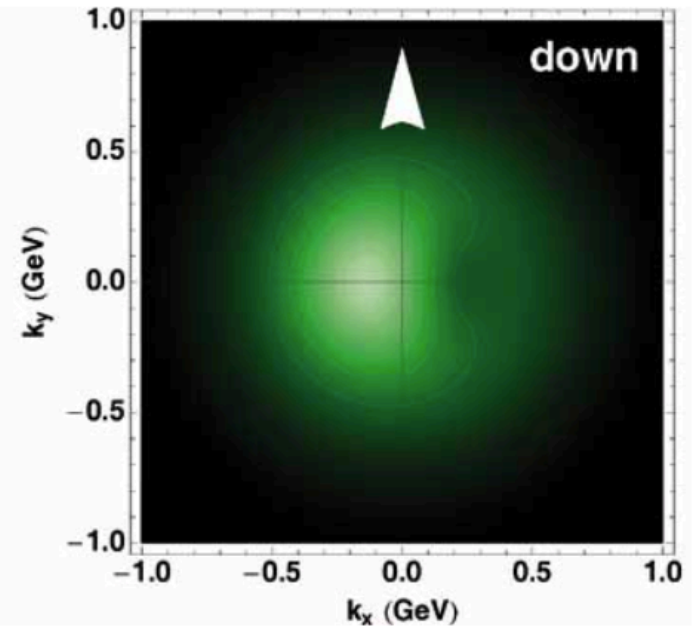
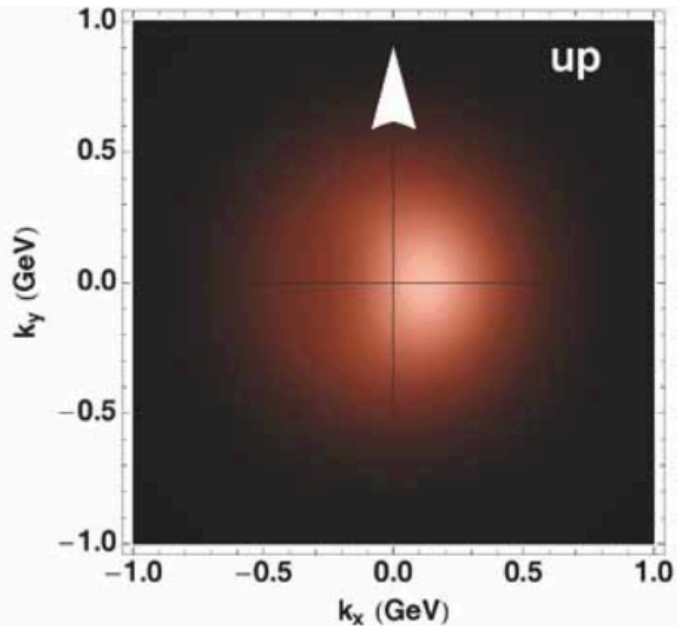
## SCIENZA IN PRIMO PIANO

### THE PROTON IN 3D

ALESSANDRO BACCHETTA<sup>1\*</sup>, MARCO CONTALBRIGO<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup> *Università di Pavia and INFN Pavia, Italy*

<sup>2</sup> *INFN Ferrara, Italy*



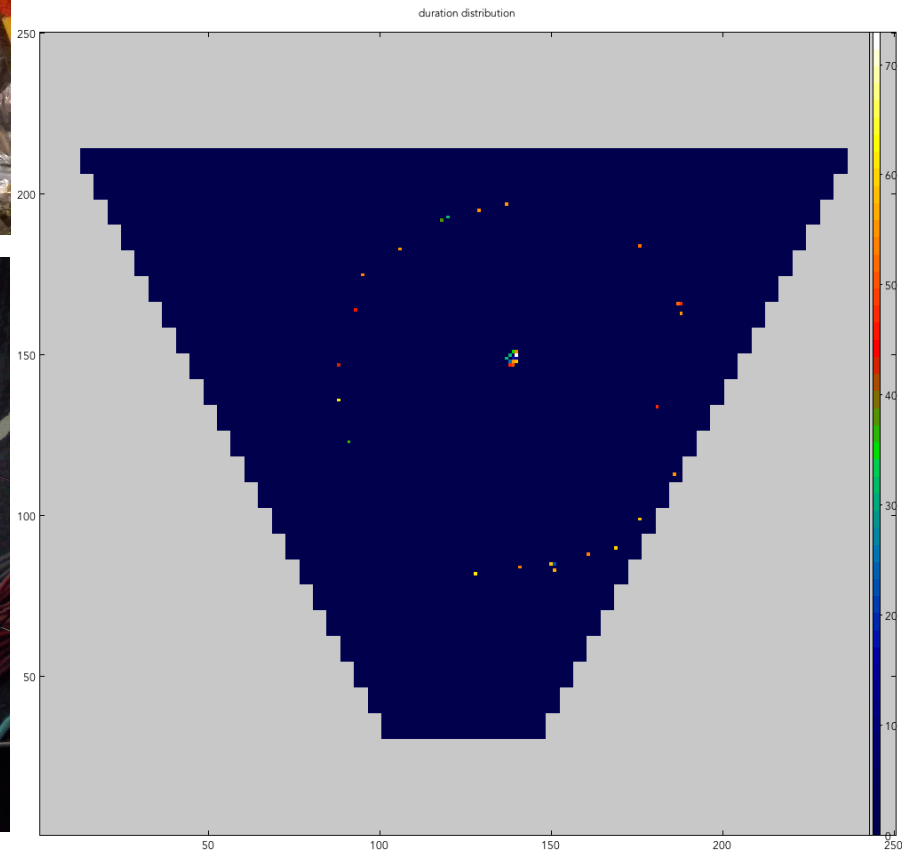


# Studio dello spin del protone



## Ring-Imaging Cherenkov

per identificare particelle e dedurne il sapore dei quark interagenti





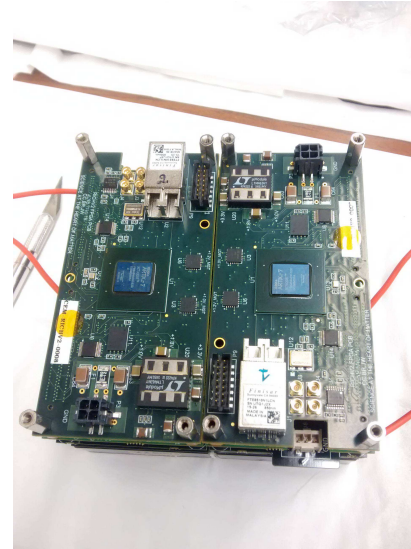
# Studio dello spin del protone

arXiv:1212.1701v2 [nucl-ex] 3 Feb 2013

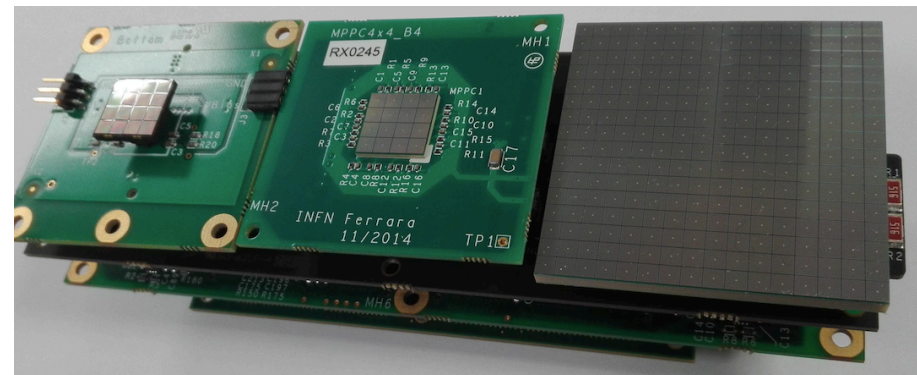
**Electron Ion Collider:  
The Next QCD Frontier**

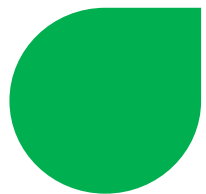
Understanding the glue  
that binds us all

## Nuova generazione di rivelatori




## Soluzioni per applicazioni





# Studio delle simmetrie fondamentali

*Electric Dipole Moments **EDM** e  
la ricerca dell'origine della materia*

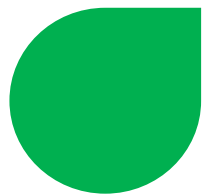


**MATTER dominated universe:**

$\frac{n_b}{n_\gamma}$  Baryon-to-photon ratio

Observed:  $6.19(15) \times 10^{-10}$   
*PDG July 2012*


SM expectation:  $\sim 10^{-18}$



# Studio delle simmetrie fondamentali

*Electric Dipole Moments **EDM** e  
la ricerca dell'origine della materia*

**ERC Advanced Grant**

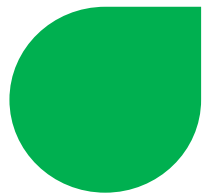


**MATTER dominated universe:**

$\frac{n_b}{n_\gamma}$  Baryon-to-photon ratio

Observed:  $6.19(15) \times 10^{-10}$   
*PDG July 2012*

SM expectation:  $\sim 10^{-18}$



# Studio delle simmetrie fondamentali

*Electric Dipole Moments **EDM** e  
la ricerca dell'origine della materia*

**ERC Advanced Grant**



**MATTER dominated universe:**

$\frac{n_b}{n_\gamma}$  Baryon-to-photon ratio

Observed:  $6.19(15) \times 10^{-10}$   
*PDG July 2012*

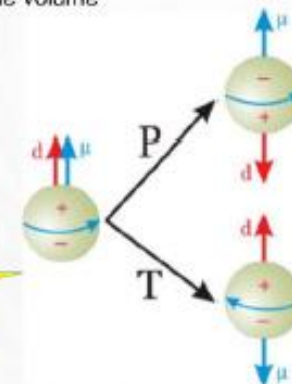
SM expectation:  $\sim 10^{-18}$

## EDM

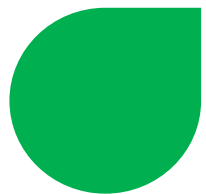
- Permanent **charge displacement** within the particle volume
- It must lie along the **spin axis**
- It **violates** both **P** and **T** asymmetries

Assuming conservation of the combined CPT symmetry

T violation = CP violation







# Studio delle simmetrie fondamentali

*Electric Dipole Moments **EDM** e  
la ricerca dell'origine della materia*

**ERC Advanced Grant**



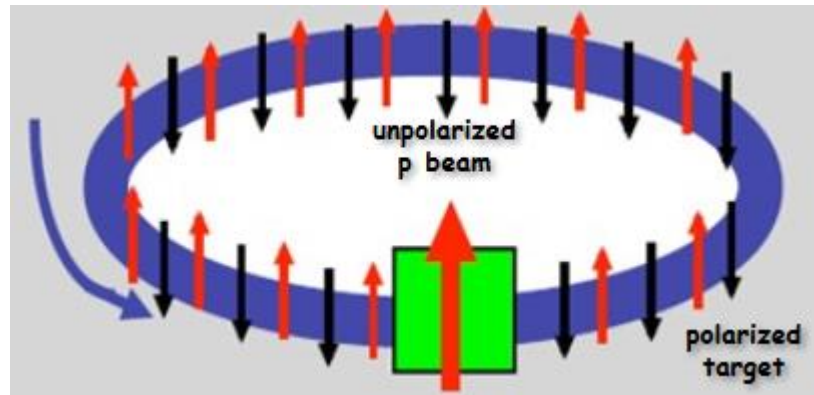
Aug 12, 2016

## **Storage ring steps up search for electric dipole moments**

The JEDI collaboration aims to use a storage ring to set the most stringent limits to date on the electric dipole moments of hadrons, describe Paolo Lenisa, Jörg Pretz and Hans Ströher.

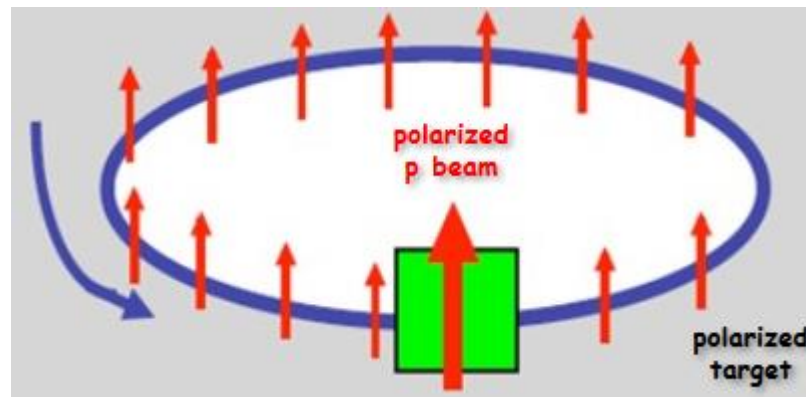
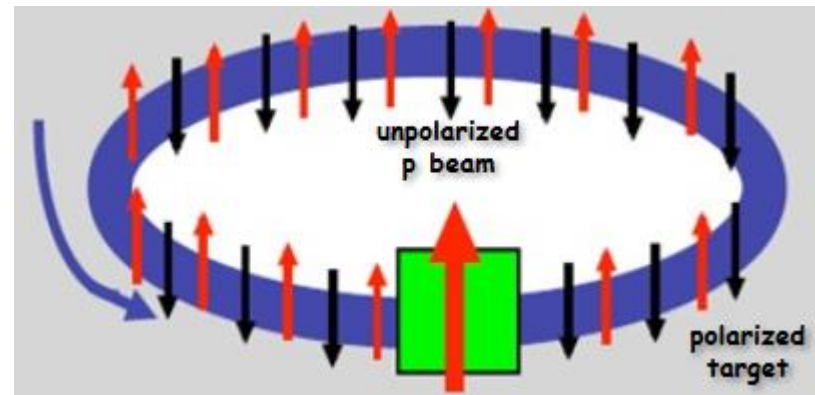


# Tecnologie della polarizzazione



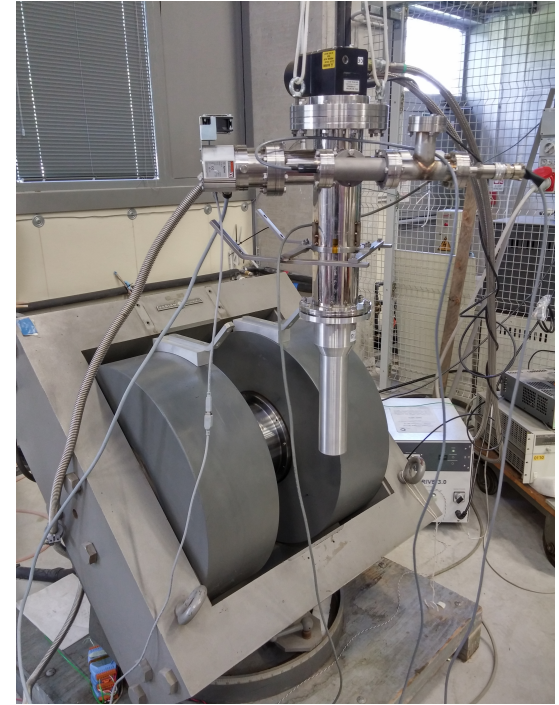
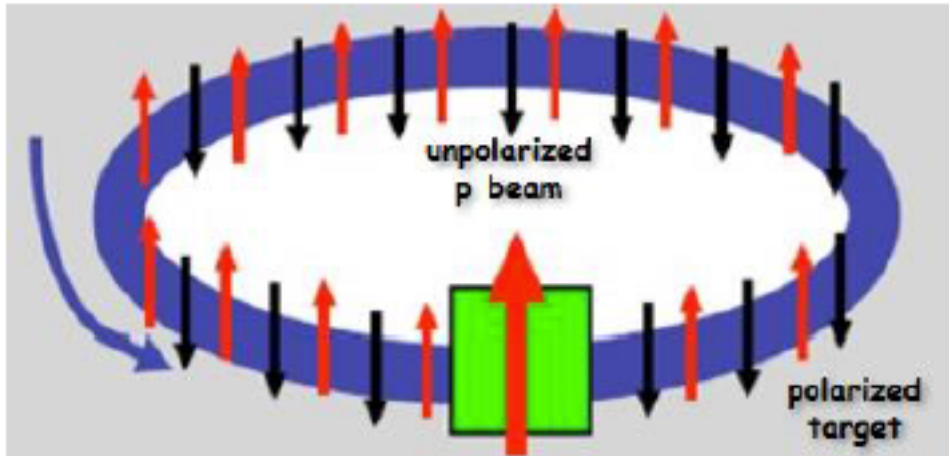


# Tecnologie della polarizzazione

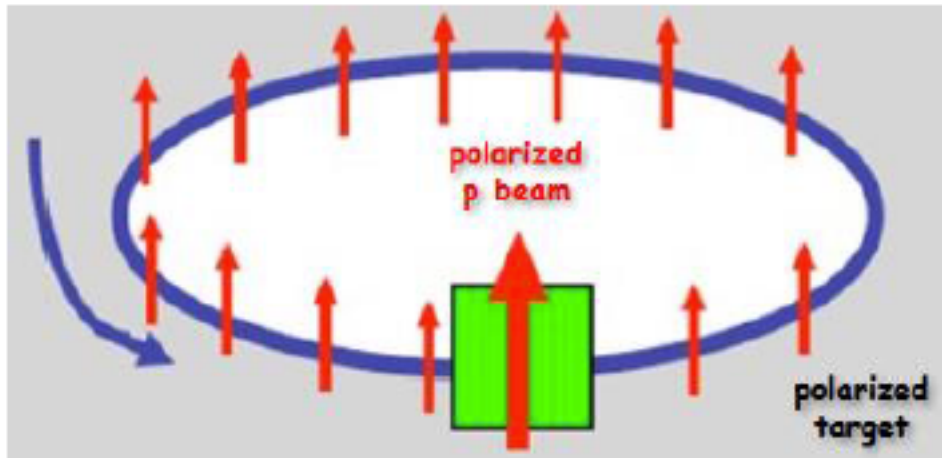




# Tecnologie della polarizzazione



Magneti a bulk di superconduttore



# Spin Towns



COoler SYNchrotron



Jefferson Lab

# Proposte di tesi

Sviluppo di rivelatori a semiconduttore per progetti @COSY  
Sviluppo rivelatori Cherenkov per progetti @Jlab

Fisica degli acceleratori: tecnologie per fasci e bersagli

Analisi dati per lo studio di interazioni fondamentali nei processi di scattering tra fasci e bersagli polarizzati

# Contatti

Paolo Lenisa  
stanza C206, [lenisa@fe.infn.it](mailto:lenisa@fe.infn.it)

EDM experiment:  
<http://www.fz-juelich.de/ikp/>

CLAS12 experiment:  
<http://wwwold.jlab.org/Hall-B/>