

06 Maggio 2009
Congressino INFN/Roma

Prospettive di ricerca al JLab

E. Cisbani / ISS

M. Capogni / Enea

F. Cusanno

S. Frullani / ISS

F. Garibaldi / ISS

F. Ghio / ISS

F. Meddi / Sapienza

G.M. Urciuoli

S. Colilli

R. Fratoni

F. Giuliani

M. Gricia

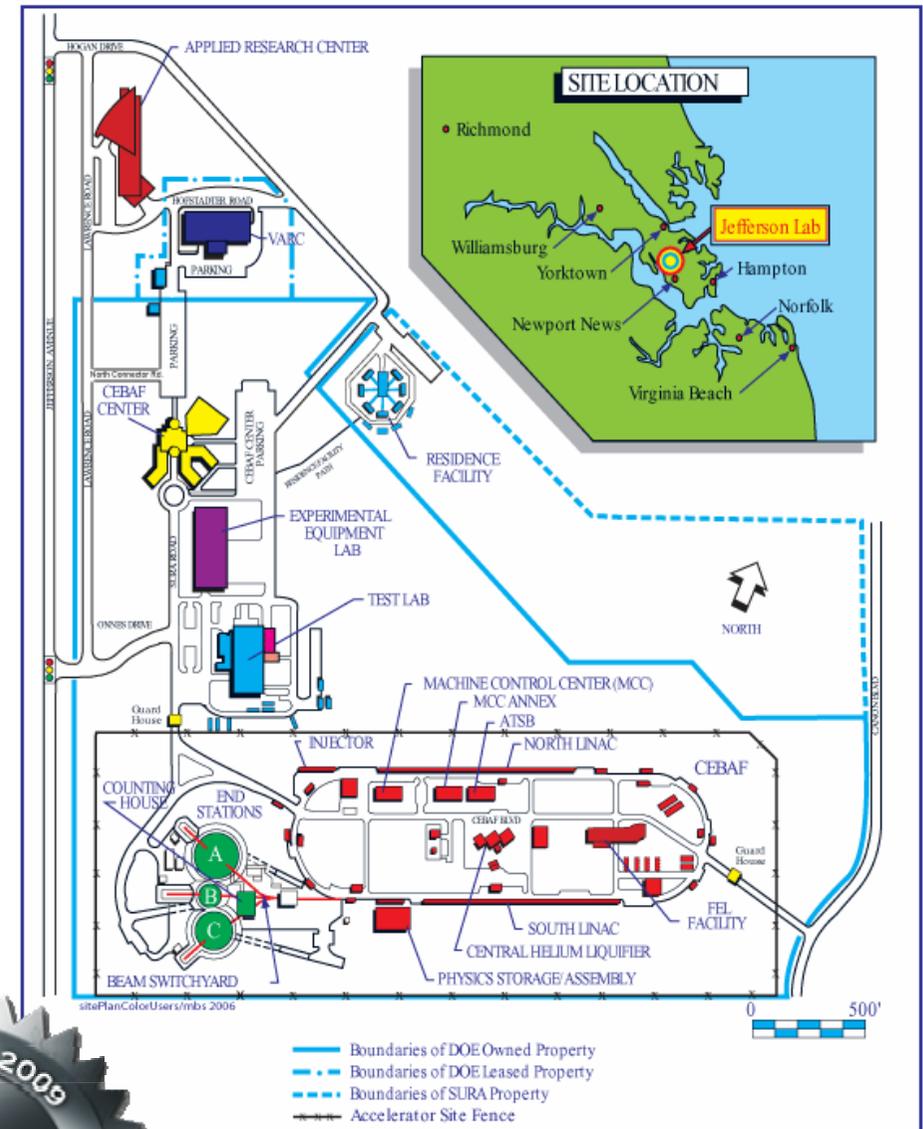
M. Lucentini

F. Santavenere

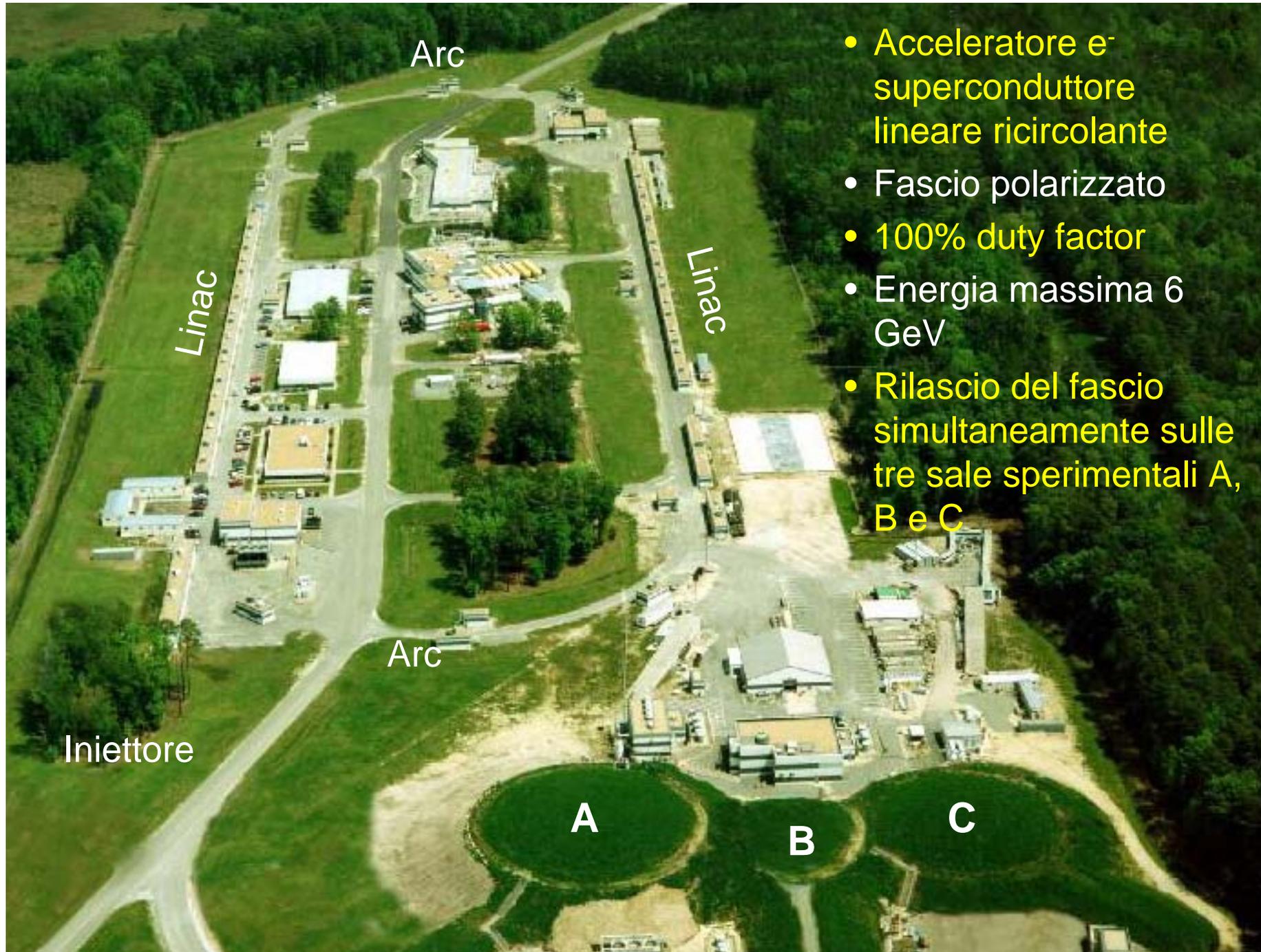
- Introduzione al Jefferson Laboratory
- Alcuni esempi rilevanti di fisica
- Coinvolgimento del gruppo di Roma

Thomas Jefferson National Laboratory

- Newport News / Virginia / USA (3 ore Washington DC)
- Finanziamento DOE + Enti Locali (no MOF!)
- Direttore: H. E. Montgomery (ex associate director for research al Fermilab)
- **2000 Utenti internazionali**
- Ricerca fondamentale con acceleratore di elettroni e 3 sale sperimentali
- Ricerca applicata con FEL ed altre facility minori
- La collaborazione italiana JLab12 raccoglie circa 30 ricercatori da 6 sezioni INFN
- www.jlab.org

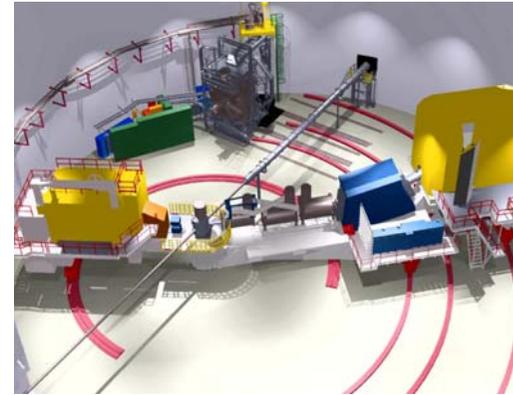
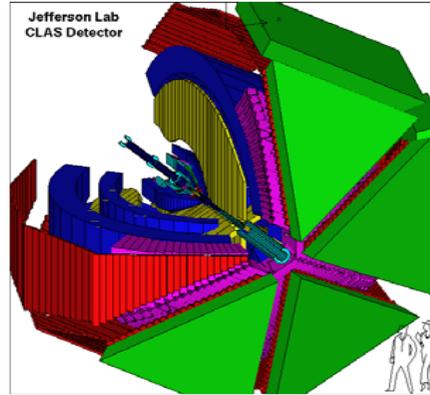
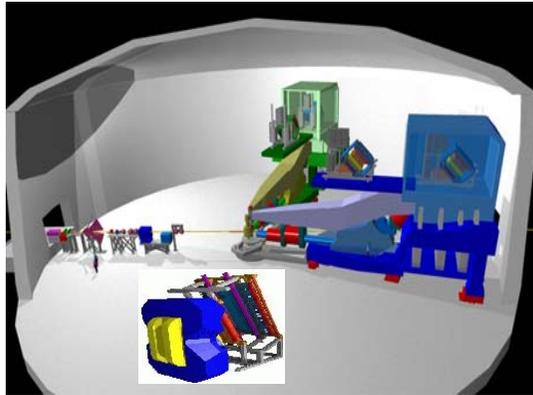


Acceleratore CEBAF oggi



- Acceleratore e^- superconduttore lineare ricircolante
- Fascio polarizzato
- 100% duty factor
- Energia massima 6 GeV
- Rilascio del fascio simultaneamente sulle tre sale sperimentali A, B e C

Sale sperimentali complementari, oggi



Hall A	Hall B/CLAS	Hall C
<p>Two High Momentum Resolution + one large angular acceptance spectrometers</p> <p>Dedicated neutron and gamma detectors</p>	<p>Large acceptance</p> <p>High multiplicity reconstruction</p> <p>Six coils Toroidal field</p>	<p>Two Asymmetric spectrometers</p> <p>High momentum range and high resolution</p> <p>Dedicated detectors</p>
<p>High beam currents ($>100 \mu\text{A}$), lumi $10^{37} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$</p>	<p>Tagged real photons beam</p>	<p>High beam currents ($>100 \mu\text{A}$), lumi $10^{37} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$</p>
<p>^3He T/L Polarized target, high flexibility unpol. from H to Pb</p>	<p>NH_3/ND_3 Polarized long. target</p>	<p>NH_3/ND_3 Polarized long. target, high flexibility unpol. from H to Pb</p>
<p>Large and flexible installations</p>		<p>Large and flexible installations</p>

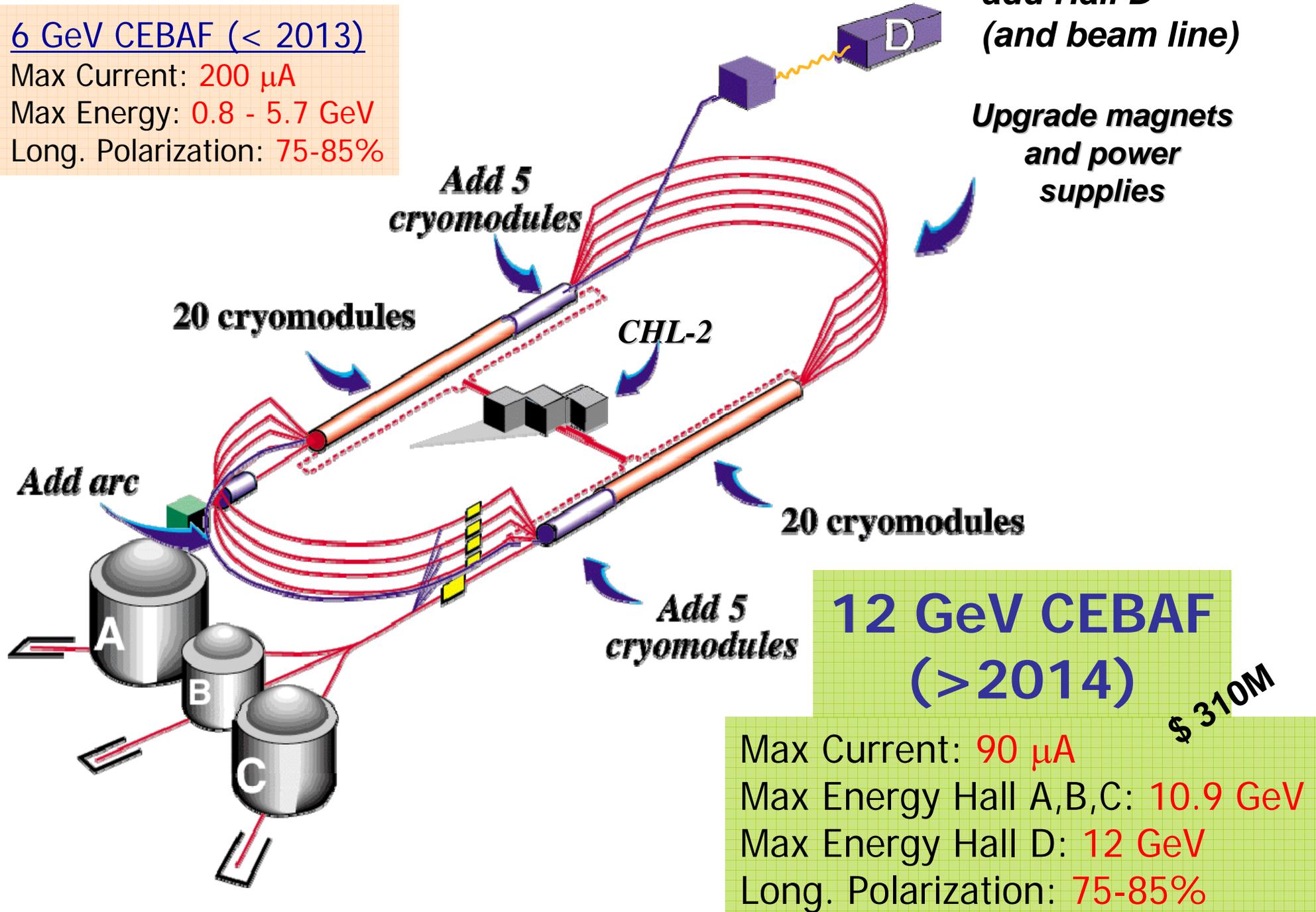
Acceleratore CEBAF tra 5 anni

6 GeV CEBAF (< 2013)

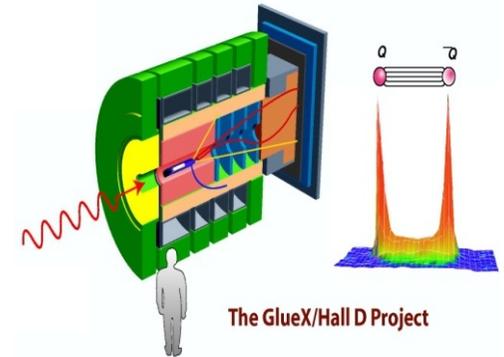
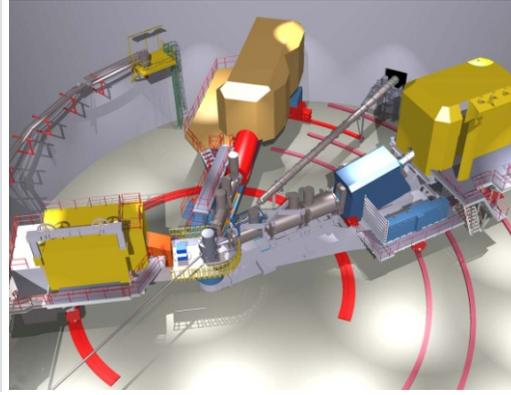
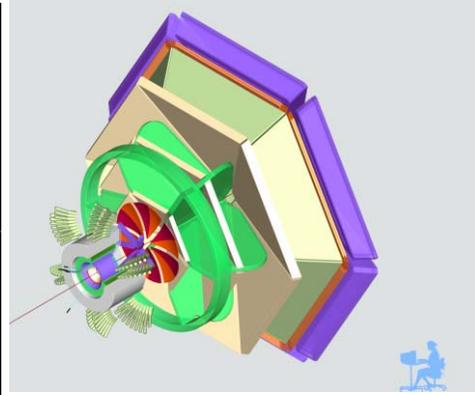
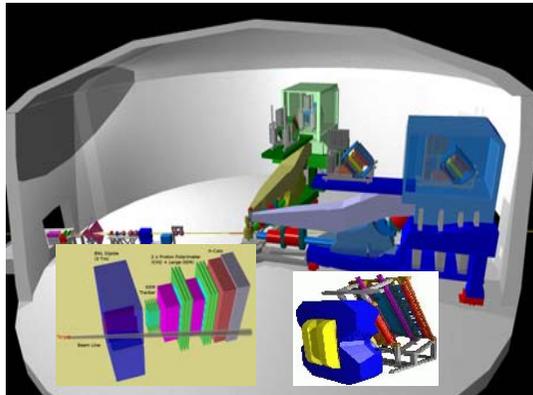
Max Current: 200 μA

Max Energy: 0.8 - 5.7 GeV

Long. Polarization: 75-85%



Sale sperimentali dopo il 2014



Hall A	Hall B/CLAS12	Hall C	Hall D/GLUEX
<p>+ 1 large angular and momentum, high lumi spectrometer with hadron ID</p> <p>New beam line</p>	<p>New large acceptance detector with recoil detector (possibly extended hadron ID)</p>	<p>+ “super high” momentum spectrometer</p>	<p>Excellent hermetic coverage,</p> <p>Solenoid field</p> <p>High multiplicity reconstruction</p>
<p>+ lumi $10^{38} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$</p>	<p>+ improved tagger for real photons</p>		<p>10^8 linearly polarized real, 9 GeV, photons/s</p>
<p>+ higher targets thickness</p>	<p>+ trans. polarized H/D target</p>		
<p>hallweb.jlab.org</p>	<p>www.jlab.org/Hall-B</p>	<p>www.jlab.org/Hall-C</p>	<p>www.jlab.org/Hall-D</p> <p>www.gluex.org</p>

Fisica Sperimentale al JLab con 12 GeV

- ✓ **Gluonic Excitations and the Origin of Confinement** (Exploration of QCD in the Non-perturbative Regime)
 - Existence and properties of exotic mesons
- ✓ **PVES and PVDIS** (Symmetry test in nuclear physics)
 - Precision Tests of the Standard Model
 - Spontaneous Symmetry Breaking
- ✓ **Unified and Detailed Description of Hadron Structure**
 - Valence Quark Structure and Spin Dependent Parton Distributions
 - New view of hadron structure via the Generalized Parton Distributions (GPDs) accessed in Exclusive Reactions
 - Form Factors at high Q^2 , improve knowledge of charge and current in the nucleons – constraints on the GPDs
- ✓ **The Physics of Nuclei**
 - The Quark Structure of Nuclei (resolving the EMC effect)
 - The Short-Range Behavior of the N-N Interaction and Its QCD Basis
 - Quark propagation through Nuclear Matter (hadronization)

Origine del confinamento in QCD

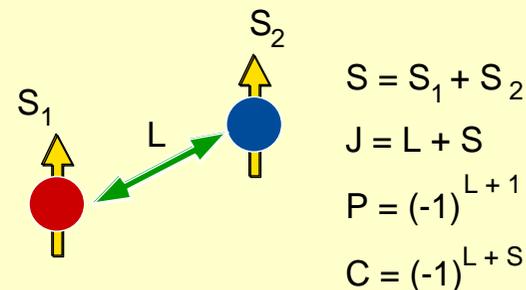
I mesoni leggeri sono stati di due quark (q-qbar)
 I numeri quantici del mesone sono determinati dai numeri quantici della coppia q-qbar

I quark in tali mesoni sono sorgenti di un flusso di carica di colore intrappolato in un tubo (stringa) che collega i due quark.

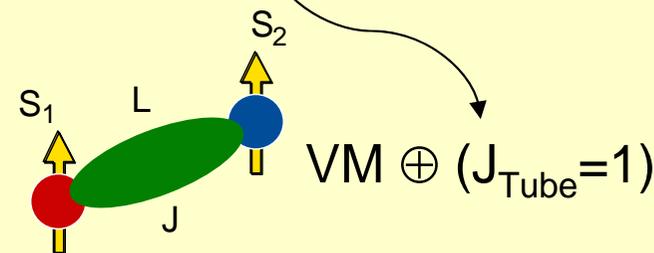
La formazione del tubo di flusso è legata alla auto-interazione dei gluoni attraverso la loro carica di colore (stati ibridi q-g-qbar)

I numeri quantici del mesone ibrido sono determinati dai numeri quantici della coppia q-qbar ed eventuali stati eccitati del tubo di flusso gluonico

Tra questi, alcuni sono peculiari dei modi di eccitazione del tubo di flusso



J^{PC}		L		
		0	1	2 ...
S	0	0 ⁻⁺	1 ⁺⁻	2 ⁻⁺ ...
	1	1 ⁻⁻	2 ⁺⁺	3 ⁻⁻ ...

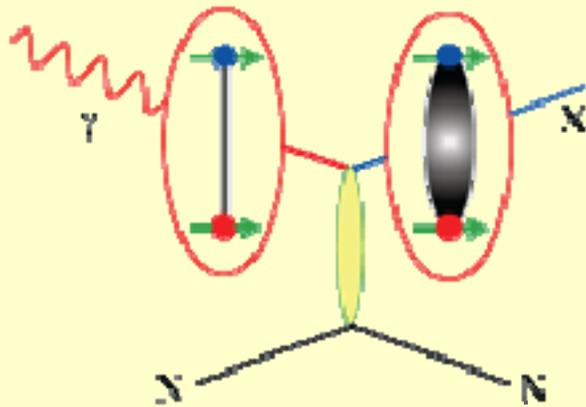


$$J_{\text{hybrid}}^{PC} = \begin{cases} 0^{-+} & 1^{+-} & 2^{-+} \\ \mathbf{0^{+-}} & \mathbf{1^{-+}} & \mathbf{2^{+-}} \end{cases}$$

mesoni esotici

Confinamento: Ricerca di Mesoni Ibridi Esotici

- Uso di fotoni polarizzati linearmente (8-9 GeV) che possono fluttuare in mesoni vettori
- I mesoni vettori interagiscono con il nucleone
- I mesone diffuso (energie fino a 2.5 GeV) può risultare in un mesone ibrido esotico



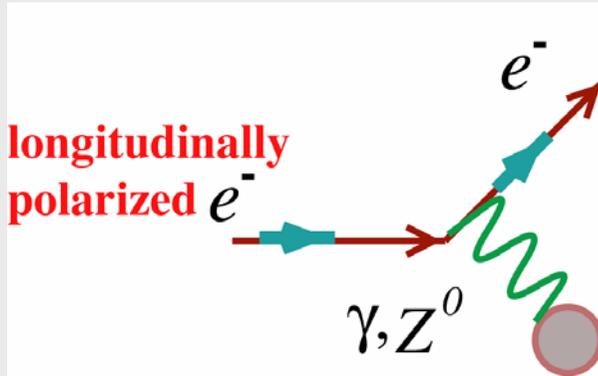
$$X = \begin{cases} f_1 \eta \rightarrow KK\eta \rightarrow \mathbf{KK\pi\pi\pi} \\ b_1 \pi \rightarrow \omega\bar{\pi} \rightarrow \mathbf{\pi\pi\bar{\pi}\pi} \\ \rho\pi \rightarrow \mathbf{\pi\pi\pi} \end{cases}$$

- ✓ Uso di rivelatore a grande accettazione per particelle cariche e neutre
- ✓ Necessità di alta luminosità e quindi supporto di alta acquisition-rate
- ✓ Partial-wave analysis dei dati

Programma fondamentale della nuova sala D/GlueX ed in parte della futura sala B/CLAS12

Esperimenti di Violazione della Parità

- Misura accurata della asimmetria nei processi elastici (e DIS) di elettroni polarizzati longitudinalmente su nucleone non polarizzato

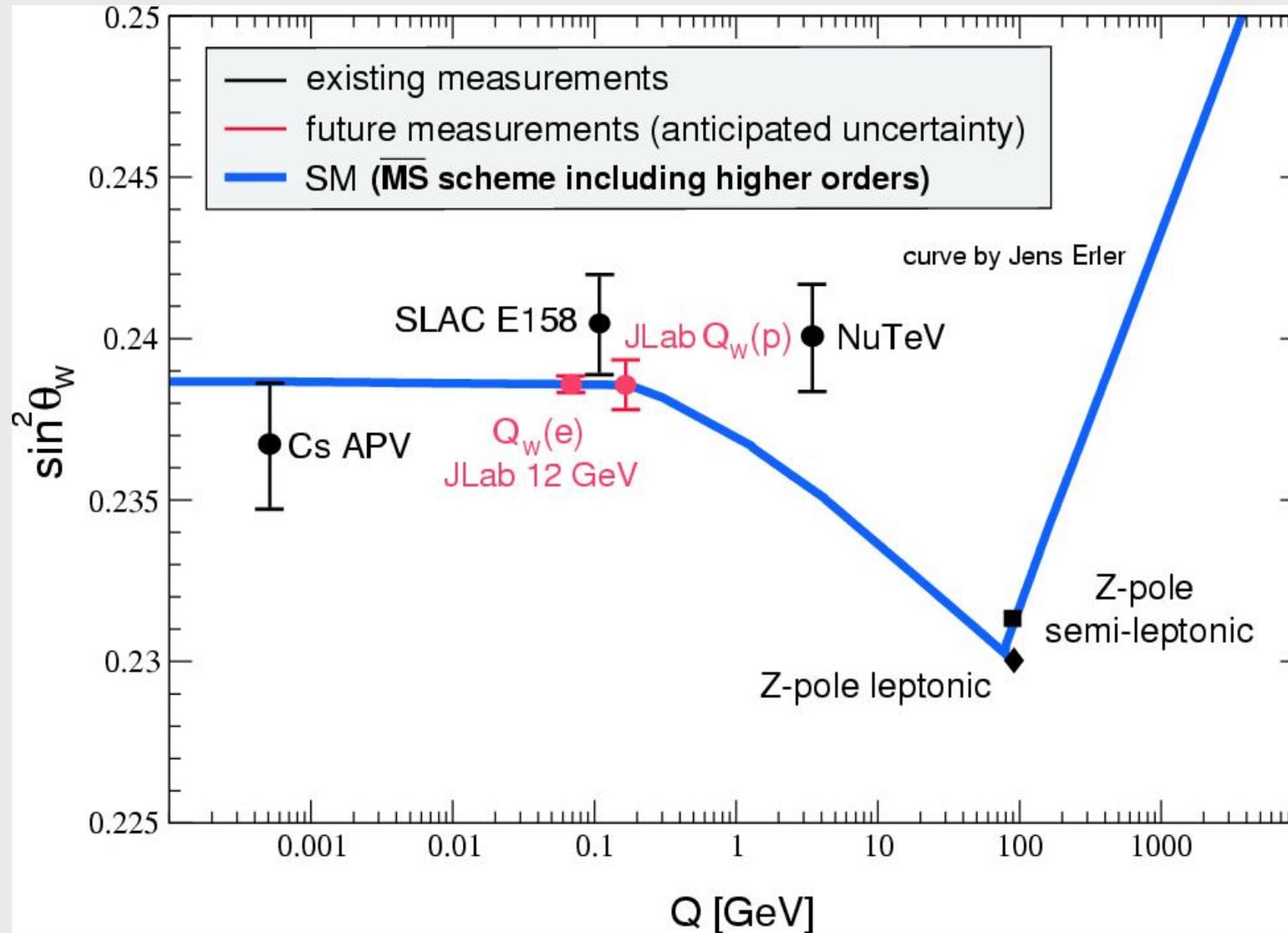


$$\sigma \propto |A_{Z^0} + A_\gamma|^2$$

$$-A_{LR} = A_{PV} = \frac{\sigma_\uparrow - \sigma_\downarrow}{\sigma_\uparrow + \sigma_\downarrow} \sim \frac{A_{Z^0}}{A_\gamma} \sim \frac{G_F Q^2}{4\pi\alpha} \left[1 - 4 \sin^2 \theta_W + \dots \right]$$

- Accesso alle costanti di accoppiamento deboli elettroni-quark (u/d) delle correnti neutre, ovvero alla corrente debole del protone, ovvero all'angolo di mixing debole
- Pone limiti su esistenza di nuova fisica
- Permette la misura del contributo dei quark s ai fattori di forma del protone

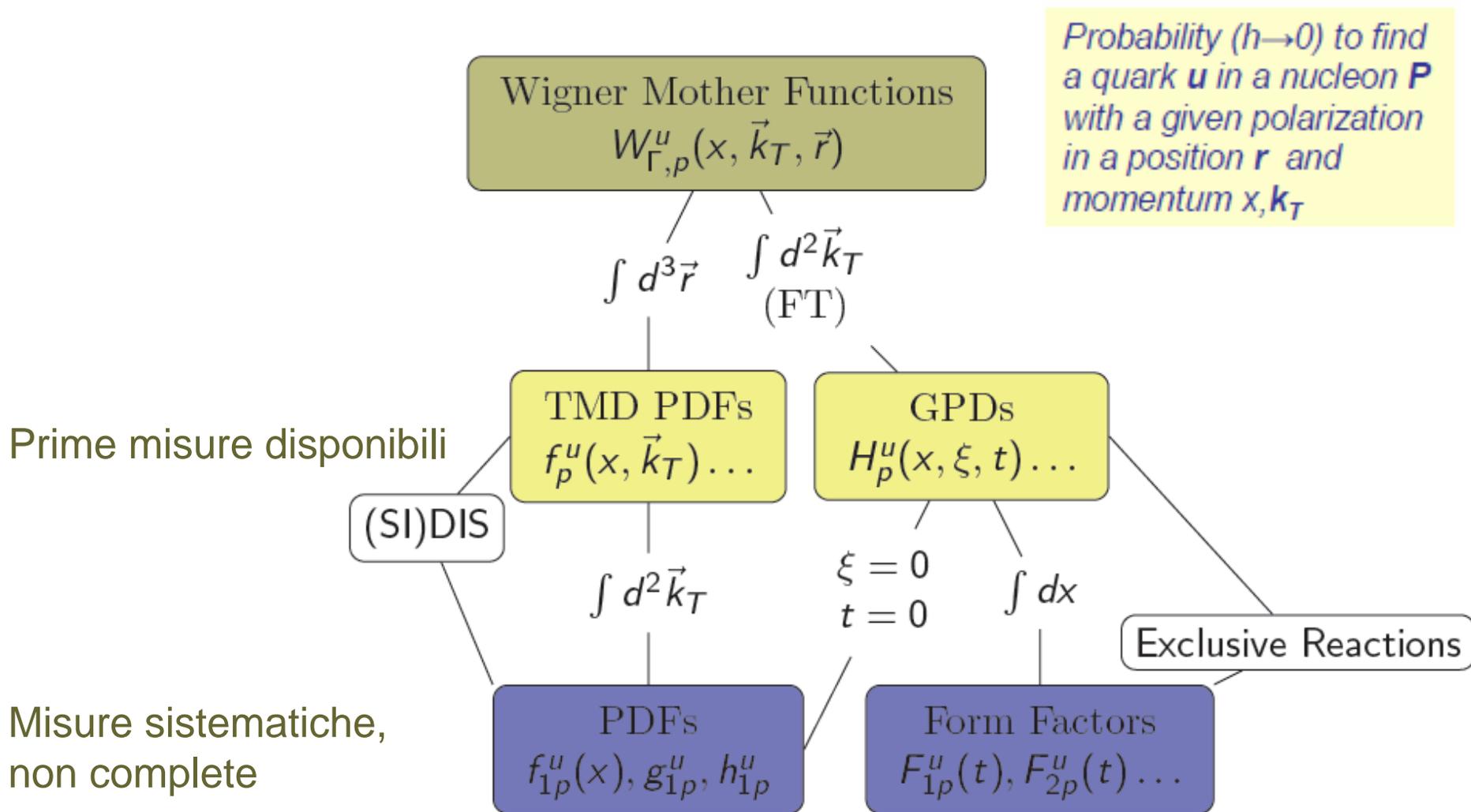
Violazione di Parità, un esempio: l'angolo di mixing



Programma rilevante della sala C ed in parte della sala A

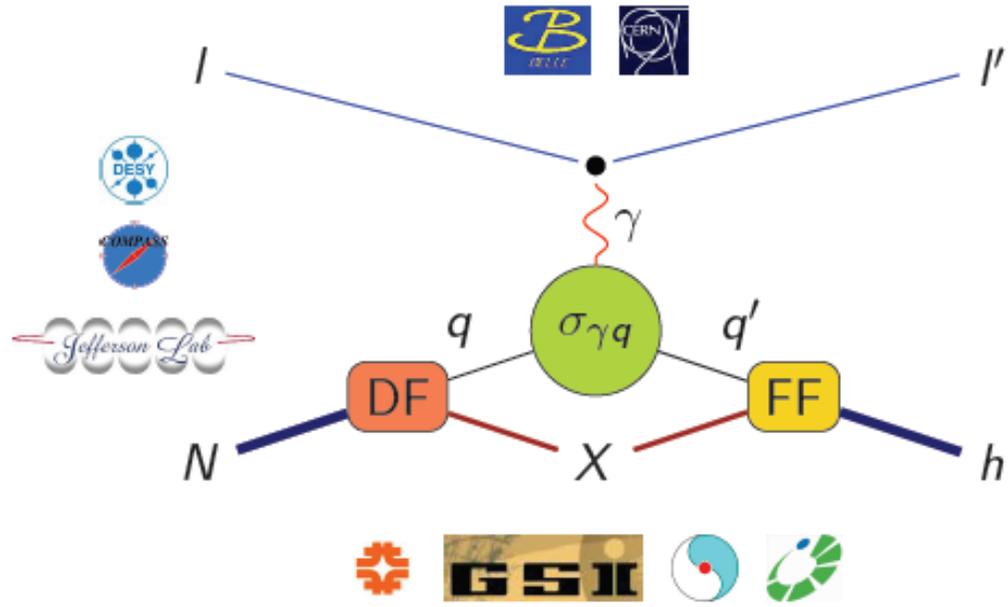
**Impegno Sanità/Roma
(vedi poster)**

Struttura del nucleone



Impegno Sanità/Roma

SIDIS e le funzioni di distribuzione dei quark



Q^2 γ 4-momentum
 x q long. mom. fraction
 k_{\perp} q trans. momentum
 K_{\perp} q' trans. momentum
 z h energy fraction
 $P_{h\perp}$ h trans. momentum

 Long: \parallel to γ
 Trans: \perp to γ

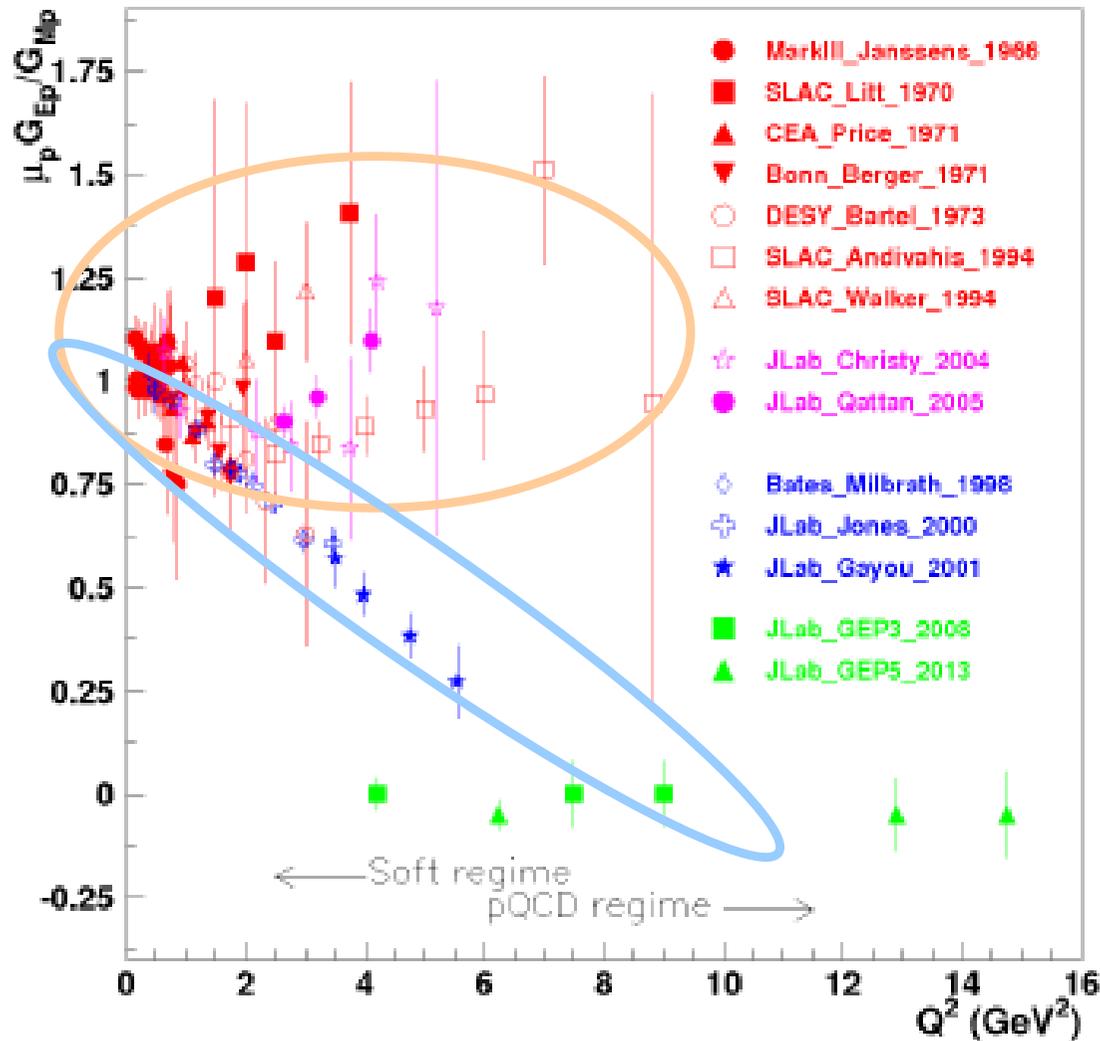
Nucleon/Hadron description at lowest twist

N	q			\otimes	h			q
	U	L	T		U	L	T	
U	$f_1(x)$		$h_{1\perp}^{\perp}(x, k_{\perp})$		$D_1(z)$		$D_{1T}^{\perp}(z, K_{\perp})$	U
L		$g_1(x)$	$h_{1L}^{\perp}(x, k_{\perp})$			$G_1(z)$	$G_{1T}(z, K_{\perp})$	L
T	$f_{1T}^{\perp}(x, k_{\perp})$	$g_{1T}(x, k_{\perp})$	$h_1(x), h_{1T}^{\perp}(x, k_{\perp})$		$H_1^{\perp}(z, K_{\perp})$	$H_{1L}^{\perp}(z, K_{\perp})$	$H_1(z), H_{1T}^{\perp}(z, K_{\perp})$	T

SIDIS cross section linear combination of convolutions of DF's and FF's, modulated by sin/cos of azimuthal angles

- Nelle sale A e B si stanno conducendo e su condurranno misure accurate e estensive per misurare le TMD al leading twist e PDF ad ordini superiori.

Fattori di forma del protone



$$\frac{d\sigma}{d\Omega} \propto G_{Ep}^2 + \frac{\tau}{\varepsilon} G_{Mp}^2$$

Separazione Rosenbluth.

L'approssimazione di singolo fotone scambiato non sembra adeguata

$$\mu \frac{G_{Ep}}{G_{Mp}} = -\mu \frac{P_t}{P_l} \frac{(E_{beam} + E_e)}{2M_p} \tan \frac{\theta_e}{2}$$

Trasferimento di polarizzazione dalla sonda elettronica al protone diffuso elasticamente

← Misure previste

Impegno Sanità/Roma

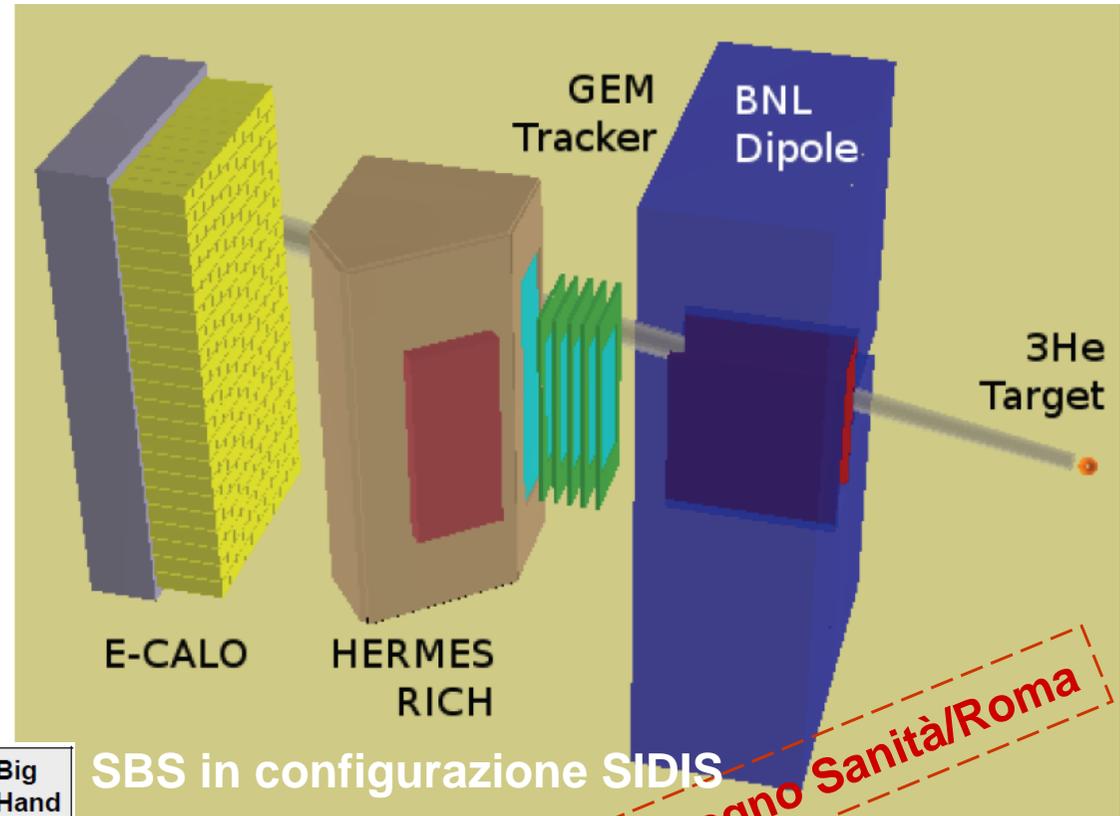
Misura ad alto Q^2 (15 GeV^2) con tecnica del trasferimento di polarizzazione in diffusione elastica e+p.

Test per molti modelli fenomenologici.

Permette di studiare la regione di transizione tra la descrizione non- e perturbativa della QCD. (Sale A e C principalmente coinvolte)

Nuova strumentazione per sala A

- Gli esperimenti sulla struttura dei nucleoni TMD (SIDIS) e FF (scattering elastico) richiedono un nuovo spettrometro:
 - a larga accettazione (angolo e momento)
 - in grado di supportare luminosità di $10^{38} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$



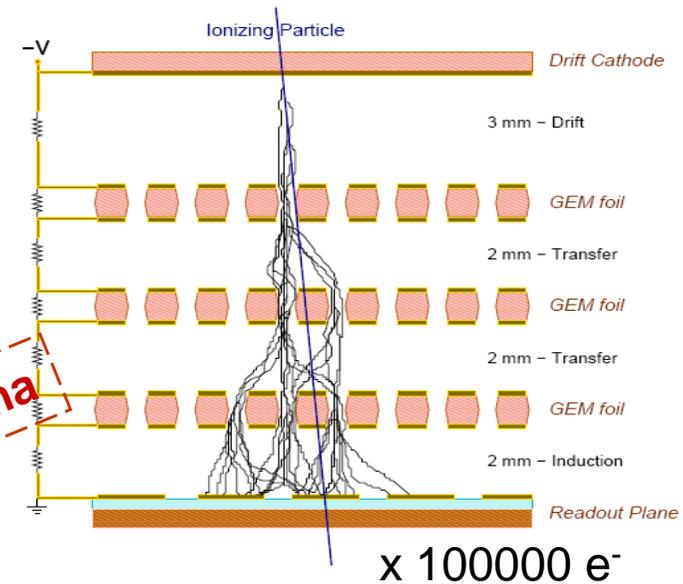
	Front tracker	Pol. GEM	Pol. SiF	Had calo	Elec calo	Big Ben	Big Bite	RICH a/gas	BB Calo	Big Hand
GEP	X	X	X	X	X	X				
GEN		X(BB)				X	X		X	X
GMN		X(BB)				X	X		X	X
SSA	X (BB)	X		X		X	X	X,a	X	
A1n	X (BB)	X		X		X	X	X,gas	X	
A(Q ²)	X (BB)	X		X		X	X	X,gas	X	
RCS	X	X	X	X	X	X				
e,e'p	X (BB)	X	*X	X		X	X	*X,a	X	
T:u/d	X (BB)	X		X		X	X	X,gas	X	
SRC	X (BB)	X		X		X	X			X
e,e'φ	X (BB)	X		X		X	X	X,a	X	

Collaborazione internazionale attiva per la realizzazione del nuovo spettrometro (SBS) riconfigurabile secondo le necessità sperimentali

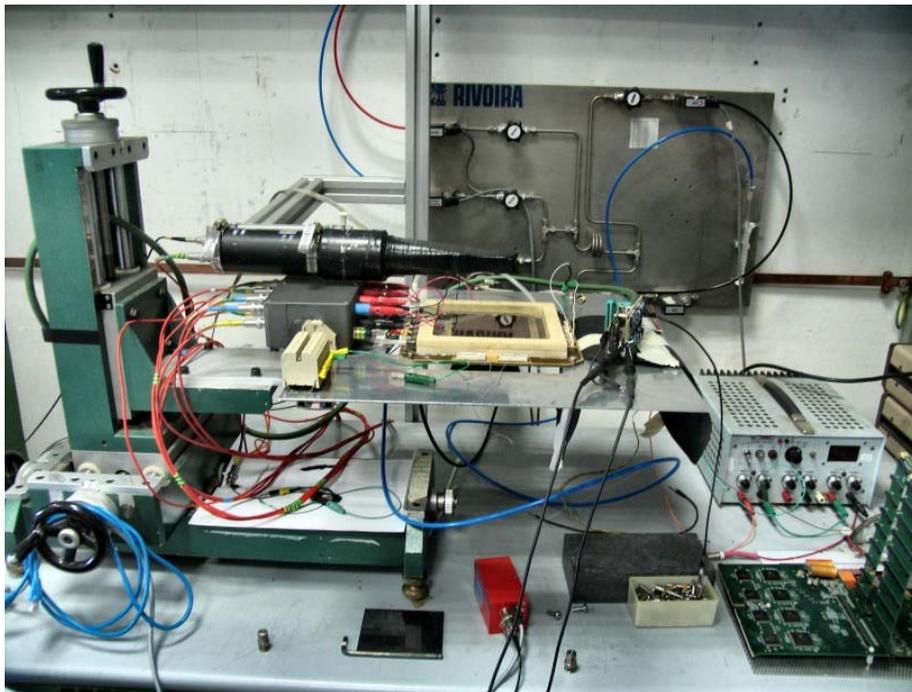
hallaweb.jlab.org/12GeV/SuperBigBite/

Tracciatore GEM per SBS

- In grado di supportare alta luminosità (background di 500 kHz/cm²)
- Risoluzione spaziale < 100 μm
- Area utile 40x100 cm²
- Compatto e modulare (riconfigurabile)



Impegno Sanità/Roma



- Simulazione tracciatore, sviluppo algoritmi di ricostruzione eventi e test primo prototipo in corso
- Prevista realizzazione di un telescopio prototipo per test sotto fascio
- Sviluppo elettronica di readout
- Coinvolgimento di gruppi delle sezioni di Bari, Catania e Genova

Asymptotic Freedom

Small Distance
High Energy

Perturbative QCD
DIS Scattering
Parton models

Confinement

Large Distance
Low Energy

Strong QCD
Spectroscopy
Phenomenological Models

+ Test Modello Standard

$$\sigma \sim \text{QED} \otimes \text{QCD}$$

JLab
offers

High luminosity
Polarization (initial and final states)
High beam stability
Complementary Equipments
Dedicated, optimized detectors

www.iss.infn.it/webg3/cebafe