

Axial-Vector Form Factor

- Misura diretta AVFF mai effettuata prima
 - Scambio di corrente debole carica $p(\vec{e}, n)\nu_e$
 - Cinematica totalmente vincolata (elastico)
 - Neutrone rivelato, tutto il resto soppresso
 - Sezione d'urto > 0 solo per left-handed $\vec{e}$
-
- Nuovi vincoli per le GPD
 - Riduzione sistematiche misure neutrini

- Letter of Intent → PAC52: raccomandazioni
 - Opportunità unica per misura AVFF, il meno noto dei FF del protone
 - Di grande rilevanza/interesse per misure neutrini (e.g. DUNE)
 - PAC incoraggia sviluppo proposta completa (Monte Carlo, rivelatore, costi). Osserva che, se dimostrata a $Q^2=1 \text{ GeV}^2$, apre campagna misure sistematiche a più valori di Q^2 .

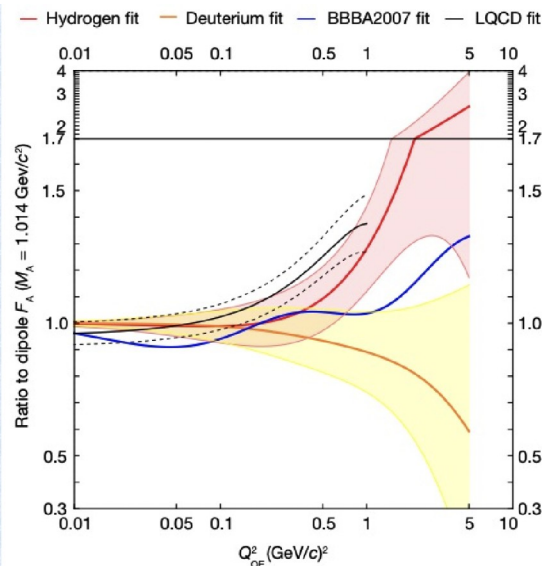
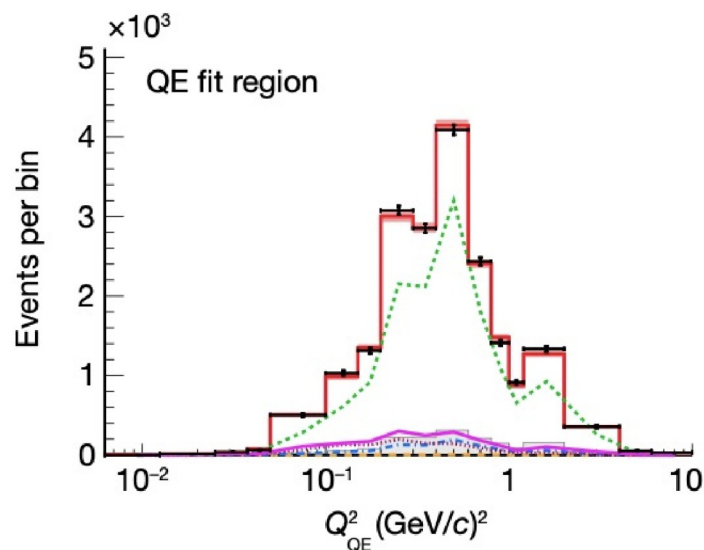
- Experiment full proposal → PAC53

In lavorazione da circa un anno: 1) motivazioni in dettaglio; 2) formalismo e controllo teorico; 3) set-up sperimentale; 4) Monte Carlo; 5) beam time, costs, Collaboration.

Distribuzione di carica e magnetizzazione (f.f. elettromagnetici)

Struttura assiale legata alla distribuzione di spin $\rightarrow$ AVFF: il fattore di forma del nucleone meno conosciuto sperimentalmente

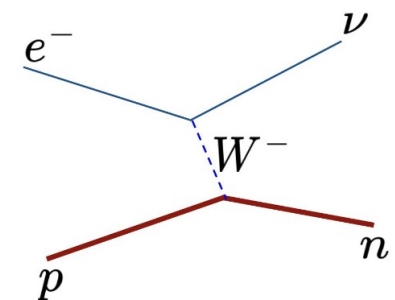
- I soli dati sperimentali su AVFF derivano da scattering di neutrini: dati (1980, eccetto Minerva, 2023), con scarsa statistica, affetti da errori sistematici (incertezza flusso di neutrini, scarsa chiusura cinematica, correzioni nucleari).



D'altra parte, anche i modelli teorici, inclusi fit z-expansion e LQCD, mostrano grande variabilità e indeterminazione.

(T. Cai et al., Nature 614, 48, 2023)

$$e^- + p \longrightarrow n + \nu$$



$$\langle n | A_\mu^+(0) | p \rangle = \bar{u}_{S_n}(\vec{p}_n) \left(\gamma_\mu \gamma_5 F_A(q^2) + i \frac{q_\mu \gamma_5 F_P(q^2)}{m_\pi} \right) u_{S_p}(\vec{p}_p)$$

AVFF contribuisce alla sez. d'urto $\sim 67\%$

F_P soppresso di un fattore m_e/m_N

Bonus da elicit  del fascio

$$\left. \frac{d\sigma_{pn}}{dQ^2} \right|_\lambda = (1 - \lambda) \left. \frac{d\sigma_{pn}}{dQ^2} \right|_{unp}$$

$$\lambda = \pm 1 \begin{cases} \text{right handed} \\ \text{left handed} \end{cases}$$

Concetto della misura

- come se fosse uno scattering elastico

$$E_{beam}^{rec} = \frac{E_n + (M_p^2 + M_n^2)/2M_p}{1 + (P_n \cos \theta_n - E_n)/M_p}$$

- rivelazione del neutrone di rinculo con alta risoluzione temporale (100 ps)

- soppressione di tutti i fondi EM ($\sigma_{EM}/\sigma_v \sim 10^7$)

Overview esperimento

- 40 cm LH2 target, collimated to 7.5 cm
- 75 uA beam - longitudinally polarized
- 50 days, $E = 2.2 \text{ GeV}$, $Q^2 = 1 \text{ GeV}^2$

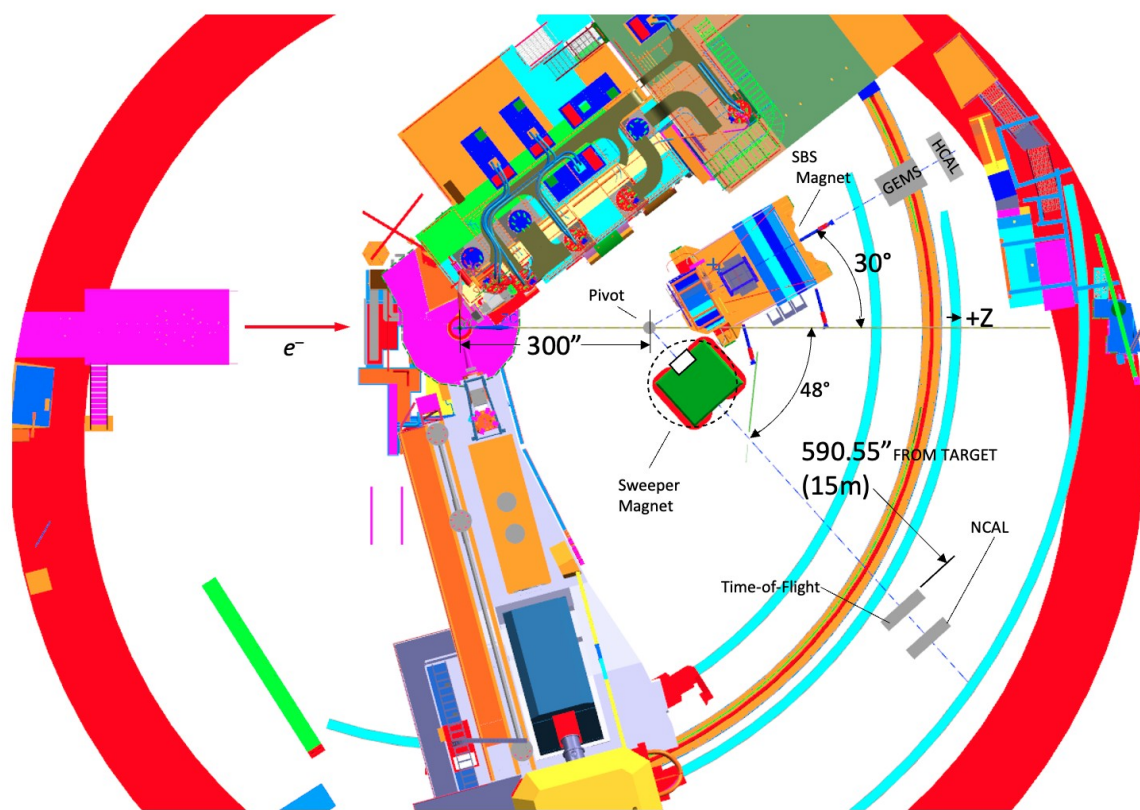
Processi dominanti da controllare

- elastico ep ($> 100 \text{ kHz}$) sweep magnet
- $\gamma p \rightarrow \pi^+ n$ (reduced to 0.14 Hz)
- $p \rightarrow n$ charge exchange

...

Dove? **Hall C**

- Neutron arm:
TOF+NCAL
- e^- , π^+ (VETO) arm: (SBS)
+GEM+HCAL



Analisi dei tassi di conteggio attesi
applicando triggers, collimatori, shielding
per la soppressione dei fondi porta a:

Tasso $e p \rightarrow n \nu$:	0.01 Hz
Tasso totale fondi:	0.64 Hz

Beam request: 50 days, 75 uA, 16 ns pulse structure,
2.2 GeV, 85% polarization

Risultati attesi:

- Cross Section Uncertainty $\sim 16\%$
- Uncertainty in $F_A \sim 16\%$

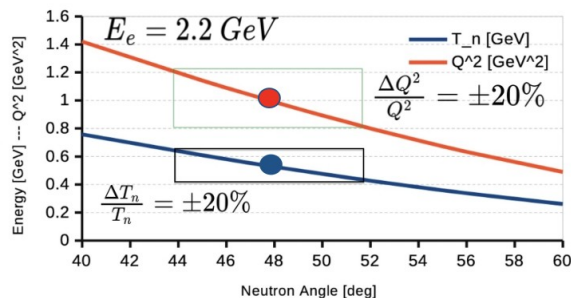
Rivelatori neutron arm TOF / NCAL

Il lato neutroni dell'esperimento conterrà:

- 1 Tm sweeping magnet per protoni e particelle cariche di bassa energia
- un muro di plastici 2 m * 8 m * 60 cm per i neutroni (sigmaTOF ~ 100 ps)
- un calorimetro NCAL per il trigger e l'energia del neutrone (soglia 200 MeV, 15 m, 70 msr)

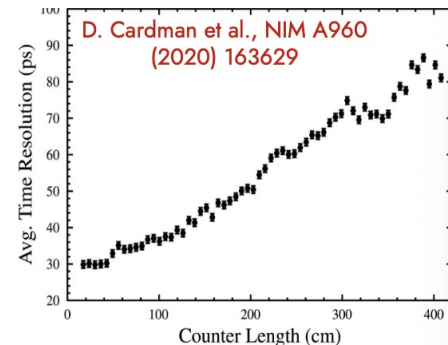
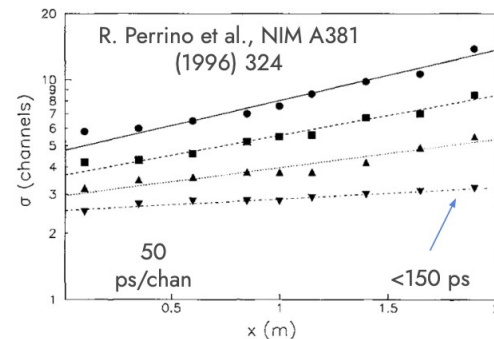
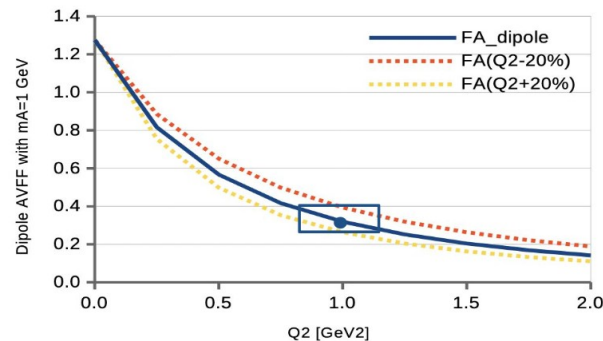
New equipment highlight: The neutron TOF

Energy and squared momentum acceptance



In this acceptance range:

- dipole FF variation ~15 %
- cross section by factor ~1.5

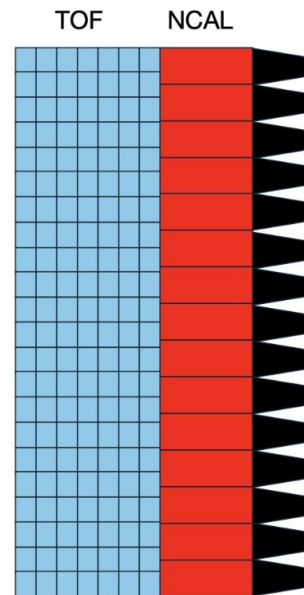


Single counter:

- BC408 6x6x200 cm (W x H x L)
- Readout by PMTs at both ends
- Design based on CLAS12 forward TOF (demonstrated $\sigma_t < 100 \text{ ps}$)

Full neutron wall:

- 11 horizontal layers (66 cm depth)
- 140 single counter/layer (8 m)
- ~2000 PMTs



Stato attuale

- > PAC53 submission deadline: **May 5th, 2025**.
- > Proposta in fase finale di scrittura
- > Attività corrente: Weekly Monte Carlo meetings – Advanced level
- > Prototipi TOF: 7 scintillatori tipo-CLAS12 + PMT a Jlab
- > Se approvata, richiesta fondi MRI per TOF+NCAL (possibile NCAL a Brookhaven)
- > Collaborazione attuale: 56 membri (Jlab, Temple, W&M, Shandong, INFN, UVa, ANL, MSU,...)

- > Attuale adesione INFN:
(R. Perrino, L. Girlanda, G. Co', E. Cisbani, O. Benhar, A. Filippi, M. Mirazita, S. Tomassini)

- > **Segnali incoraggianti:**
Laureanda magistrale Univ. La Sapienza ha vinto **borsa per soggiorno di studio a JLab12 su questo progetto** (D. GE n.14287, Bando n. 27321 CSN3)

- > La bozza del proposal sarà presto 'undisclosed' e verrà fatta circolare: **"WE WANT YOU"**