

Pavia, 11 maggio 2021

Consuntivi esperimenti GR3

AEGIS

ALICE

ASACUSA

FAMU

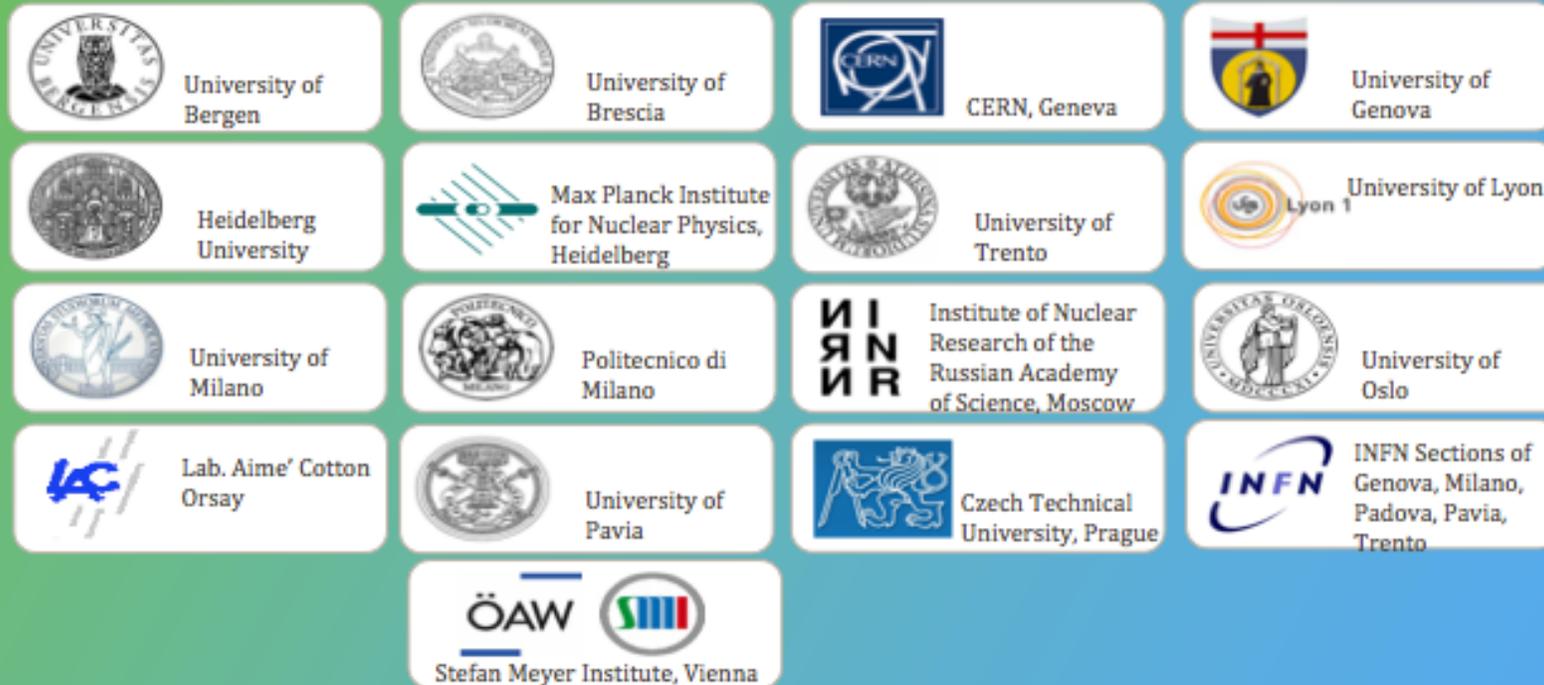
JLAB12

MAMBO

N-ToF

AEGIS

AEGIS COLLABORATION



PAVIA & BRESCIA GROUP

Germano Bonomi
Davide Pagano
Alberto Rotondi
Nicola Zurlo (coord.)
Antonietta Donzella

AEgIS Method

Capture of antiprotons from the CERN-AD
Cooling of the trapped antiprotons

Positronium (e^+e^-) production by e^+ on SiO_2
Ps laser excitation to Rydberg state

Interaction of Ps^* with the antiproton cloud



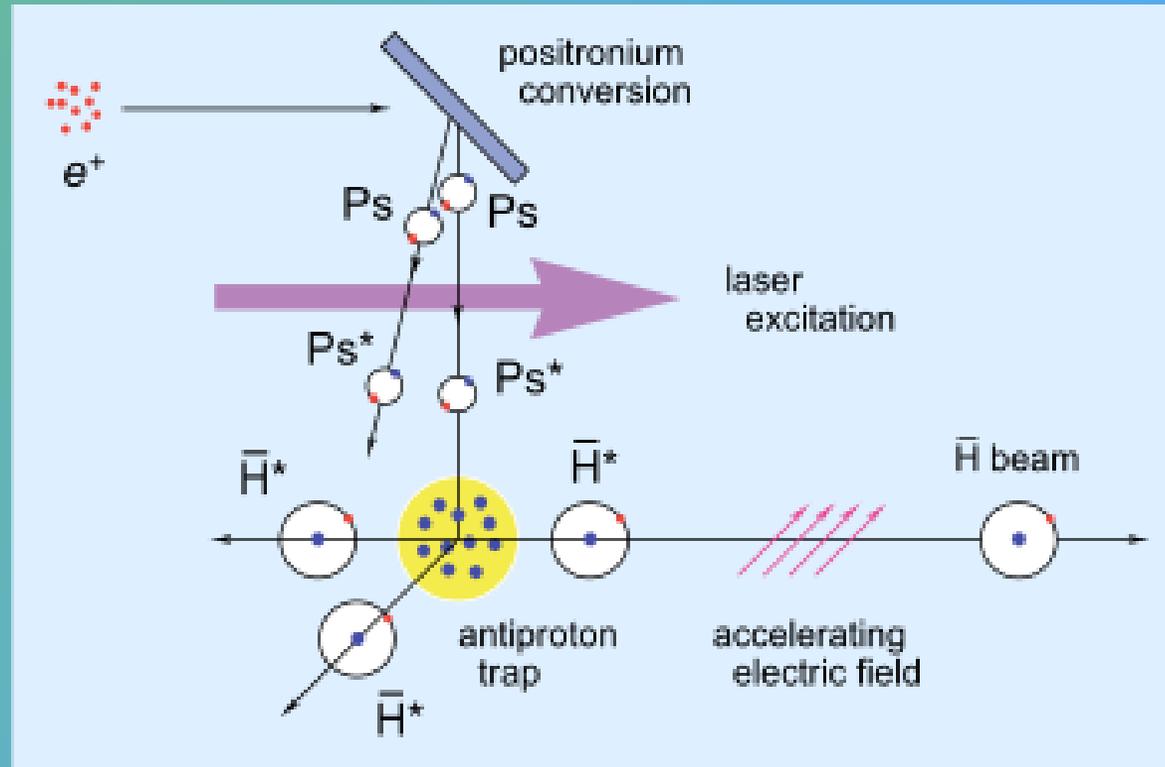
Positronium charge exchange reaction

First proposed by [B.I. Deutch et al., Proceedings of The First Workshop on Antimatter Physics at Low Energy, 371 \(1986\).](#)

same charge exchange reaction with a similar technique based on Rydberg cesium performed by

ADVANTAGES

- Large cross section $\sigma \propto (n_{\text{Ps}})^4$
- Narrow and well defined band of final states ($n_{\text{H}} \approx \sqrt{2}n_{\text{Ps}}$, with a rms of few units)



Antihydrogen will eventually be accelerated and fly toward a "moiré deflectometer"

NEWS IN 2020

- 1) No antiproton BEAM in 2020
- 2) A few on-site activities ongoing
- 3) The paper about the first pulsed antiHydrogen production by charge exchange has been PUBLISHED eventually
- 4) Data analysis is still in progress to publish other results



COMMUNICATIONS PHYSICS

ARTICLE

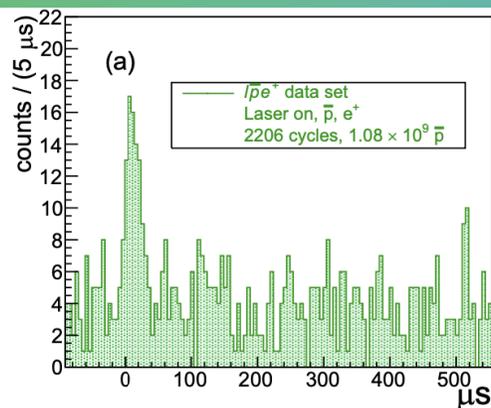
<https://doi.org/10.1038/s42005-020-00494-z>

OPEN



Pulsed production of antihydrogen

Claude Amsler¹, Massimiliano Antonello^{2,3}, Alexander Belov⁴, Germano Bonomi^{5,6}, Roberto Sennen Brusa^{7,8}, Massimo Caccia^{2,3}, Antoine Camper⁹, Ruggero Caravita^{8,9}, Fabrizio Castelli^{3,10}, Patrick Cheinet¹¹, Daniel Comparat¹¹, Giovanni Consolati^{3,12}, Andrea Demetrio¹³, Lea Di Noto^{14,15}, Michael Doser⁹, Mattia Fani^{9,14,15}, Rafael Ferragut^{3,16}, Julian Fesel⁹, Sebastian Gerber⁹, Marco Giammarchi³, Angela Gligorova¹, Lisa Theresa Glöggler⁹, Francesco Guatieri^{7,8}, Stefan Haider⁹, Alexander Hinterberger⁹, Alban Kellerbauer¹⁷, Olga Khalidova⁹, Daniel Krasnický¹⁵, Vittorio Lagomarsino¹⁵, Chloé Malbrunot⁹, Sebastiano Mariazzi^{7,8}, Viktor Matveev⁴, Simon Müller¹³, Giancarlo Nebbia¹⁸, Patrick Nedelec¹⁹, Lilian Nowak⁹, Markus Oberthaler¹³, Emmanuel Oswald⁹, Davide Pagano^{5,6}, Luca Penasa^{7,8}, Vojtech Petracek²⁰, Luca Povolo^{7,8}, Francesco Prelz³, Marco Prevedelli²¹, Benjamin Rienäcker⁹, Ole Røhne²², Alberto Rotondi^{6,23}, Heidi Sandaker²², Romualdo Santoro^{2,3}, Gemma Testera¹⁵, Ingmari Tietje⁹, Valerio Toso^{3,16}, Tim Wolz⁹, Pauline Yzombard^{17,26}, Christian Zimmer^{9,22,24} & Nicola Zurlo^{6,25}



ARTICLE

COMMUNICATIONS PHYSICS | <https://doi.org/10.1038/s42005-020-00494-z>

Table 1 Summary of the measured counts.

Sample X	\bar{H}_{cycle}	\bar{p} number N_X	Counts in the S interval n^S	Cosmic ray counts in the S interval n_{u}^S	Counts in the C interval n^C	Excess counts (S interval), normalized to N_{lpe^+} $\left(n^S - n_{\text{u}}^S \frac{\Delta T^S}{\Delta T^C} \right) \frac{N_{\text{lpe}^+}}{N_X}$	\bar{H} number
lp	3498	$(1.58 \pm 0.01) \times 10^9$	42.0 ± 6.5	17.0 ± 0.3	528 ± 23	13.7 ± 4.5	
p̄e ⁺	1211	$(6.08 \pm 0.07) \times 10^8$	16.0 ± 4.0	5.8 ± 0.1	278 ± 17	1.7 ± 1.6	
lpe ⁺	2206	$(1.08 \pm 0.01) \times 10^9$	79.0 ± 8.9	10.7 ± 0.2	475 ± 22	59.2 ± 8.9	45.6 ± 10.0

The table reports, for each sample, the number of experimental cycles \bar{H}_{cycle} , the number of antiprotons N_X , where X stands for lp, p̄e⁺, lpe⁺, the number of counts n^S measured in the corresponding 25- μ s-long S region, and the mean number n_{u}^S of counts due to cosmic rays in the S region calculated from an independent measurement of the cosmic rate with the adopted analysis cuts. As discussed in the main text, the value of n_{u}^S is not directly used in the extraction of the H signal: it is reported here for clarity. Column 6 shows the number of counts in the C region. Column 7 reports the excess of counts in the S region, obtained as the difference between n^S and the number of counts n^C rescaled to the S region time length, normalized to the number of antiprotons measured in the sample lpe⁺. This excess of counts is consistent with zero only for the sample p̄e⁺, while it is positive for both the sample lp (because of p losses due to the laser-induced outgassing) and lpe⁺, where in addition, we have H production. The detected number of H is obtained as the difference between the normalized excess of counts in the lpe⁺ and lp samples.

A Large Ion Collider Experiment



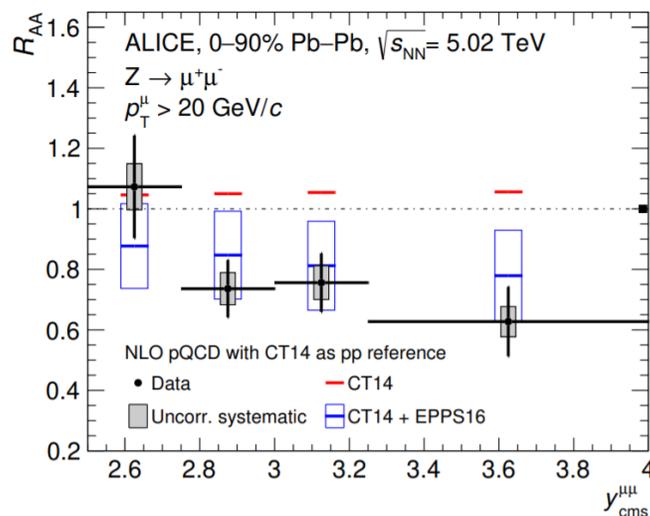
ALICE

Gianluigi Boca, Germano Bonomi, Susanna Costanza, Ramona Lea*, Davide Pagano, Alberto Rotondi, Nicolò Valle, Marta Urioni*, Nicola Zurlo

* da fine 2020

Misura della produzione di bosoni Z in Pb-Pb

- Calcolo di sezione d'urto di produzione $Z \rightarrow \mu\mu$ e del fattore di modificazione nucleare in funzione della centralità (dati Pb-Pb di Run2, ad energia $\sqrt{s_{NN}} = 5$ TeV)
- Pubblicazione su Journal of High Energy Physics (JHEP 2009 (2020) 076)
- Collaborazione nella stesura dell'articolo di review dei risultati di ALICE di Run2: sezione sulla produzione di bosoni elettrodeboli.
- Presentazione a congresso SIF 2020: “*Electroweak bosons production in heavy ion collisions with ALICE*”: pubblicazione su Il Nuovo Cimento in corso.



PUBLISHED FOR SISSA BY SPRINGER

RECEIVED: June 9, 2020

ACCEPTED: August 6, 2020

PUBLISHED: September 10, 2020

Z-boson production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 8.16$ TeV and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV



ALICE
 The ALICE collaboration

Commissioning Inner Tracking System (ITS)

- Collaborazione nell'installazione delle risorse di calcolo per i test di analisi dati dell'ITS durante il commissioning in superficie (CERN, fino a maggio 2020 – simifellow N.Valle)
- Partecipazione ai turni di commissioning.
 - Gruppo PV/BS: 64 turni da 8 ore ciascuno coperti nel 2020.

Sviluppo Software

- Implementazione di software per la calibrazione e l'analisi dati del nuovo ITS
 - Test e debug della catena di distribuzione dati durante il readout
 - [In progress] Sviluppo di nuovi componenti del software O2 di ALICE, per la calibrazione e il controllo qualità (threshold e rumore) dei pixel dell'ITS

Low- p_T D^0 in pp @ 13 TeV

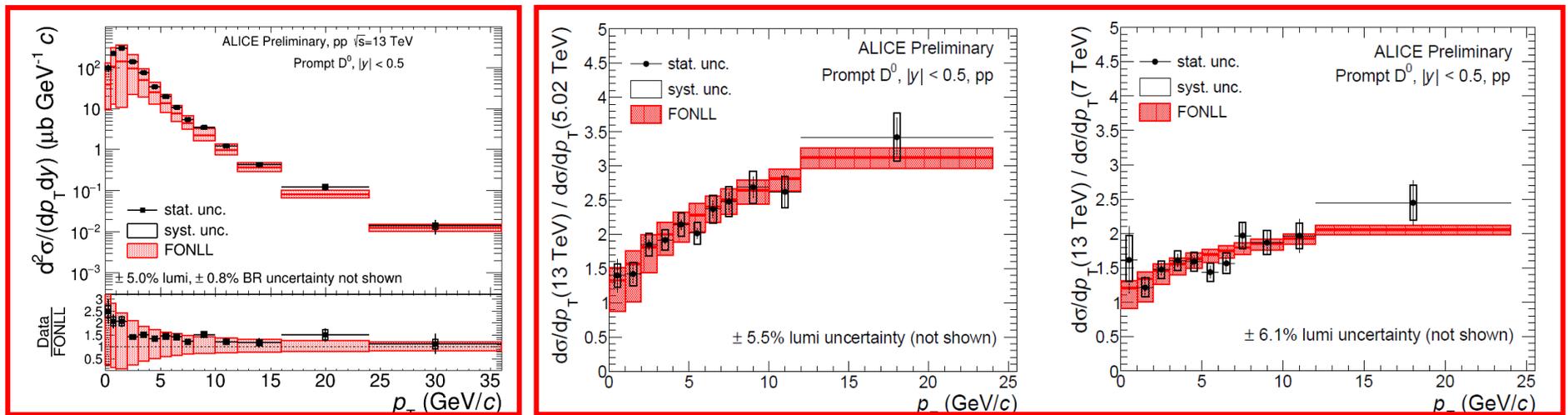
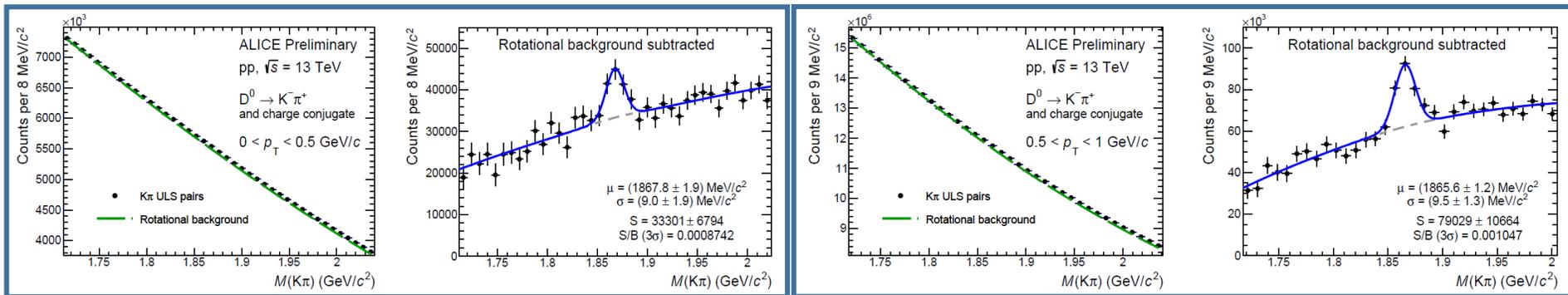
There are approved D^0 results (preliminaries 2017) in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV, down to $p_T = 1$ GeV/c, with a reduced data sample (2016kl dataset), obtained with an analysis based on the topology of the displaced secondary vertex.

Goal of the low- p_T analysis:

extend the yield measurement of D^0 at $\sqrt{s} = 13$ TeV to lower p_T , down to $p_T = 0$, with an analysis technique not based on topological selections, but on the invariant mass analysis of $K\pi$ pairs passing track quality selections, kinematical and particle identification cuts

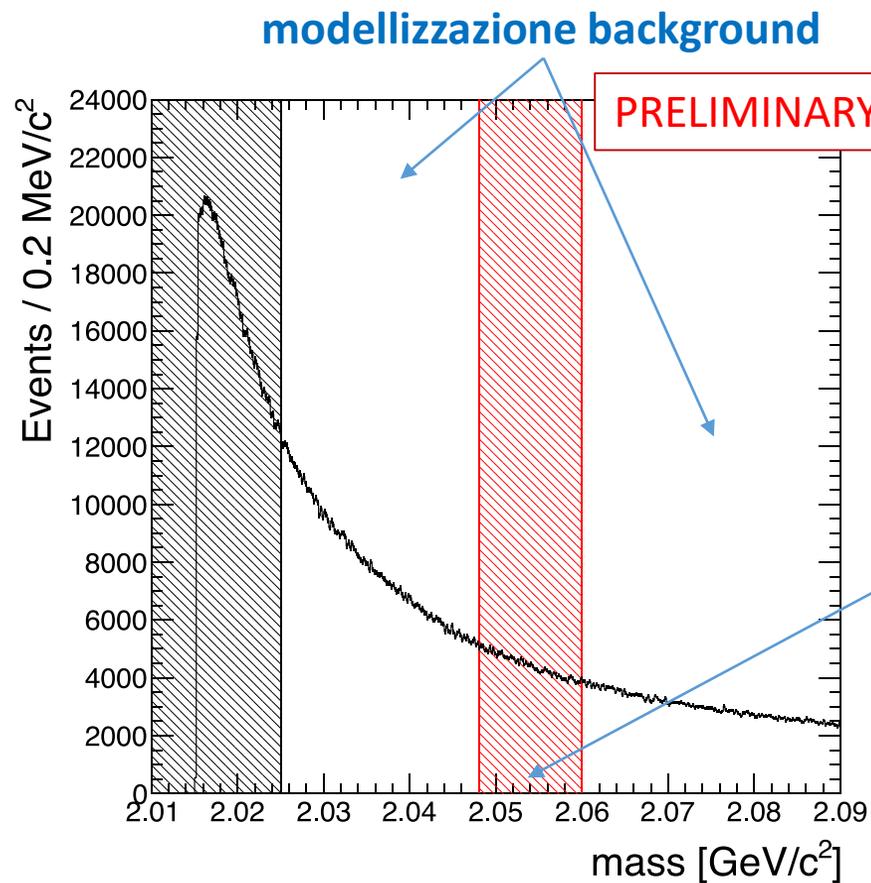
Results approved for preliminaries in $p_T = [0, 0.5]$ and $[0.5, 1]$ GeV/c

LOW- p_T D^0 in pp @ 13 TeV

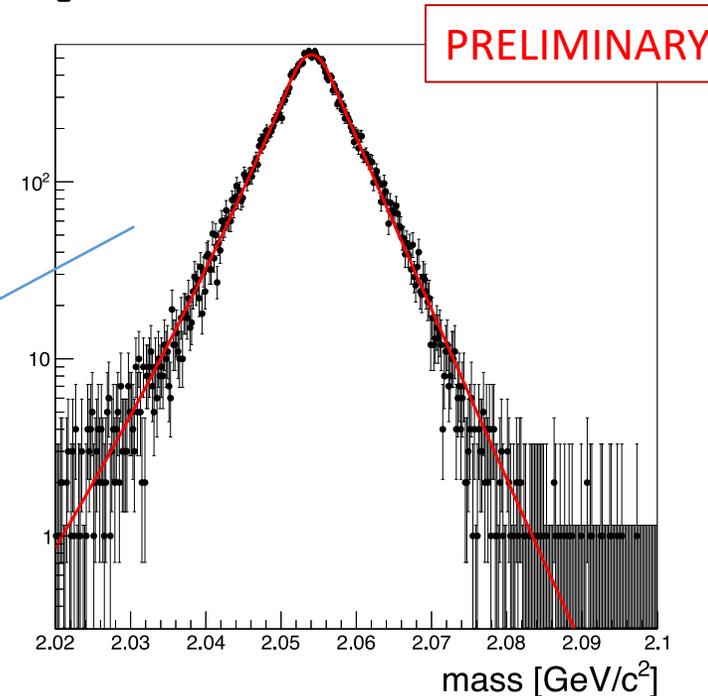


Search for the $\overline{\Lambda n}$ bound state in Pb–Pb collisions

- Il segnale $\overline{\Lambda n} \rightarrow \bar{d}\pi^+$ è ricercato mediante una shape analysis, usando il **Discrete profiling method** per tenere conto della non conoscenza della PDF del background

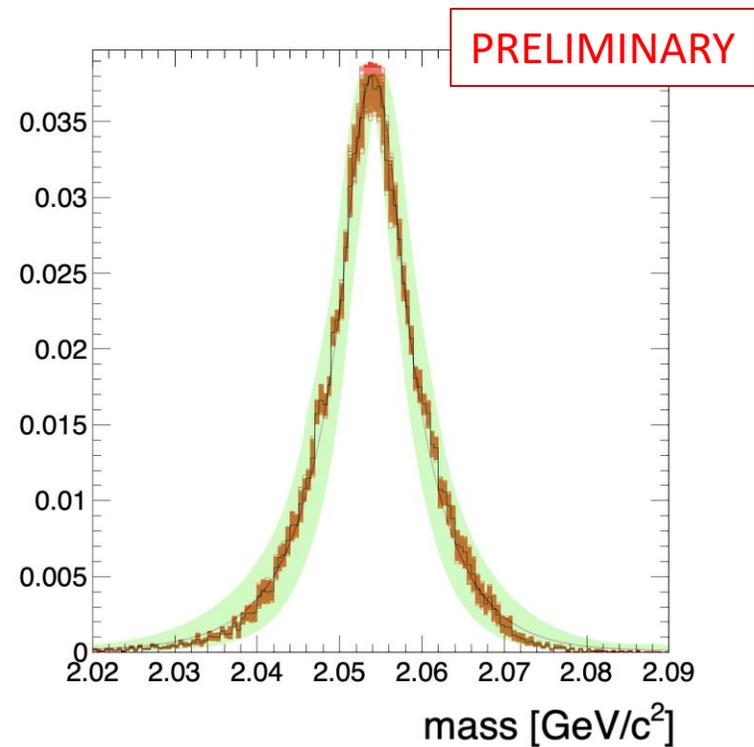
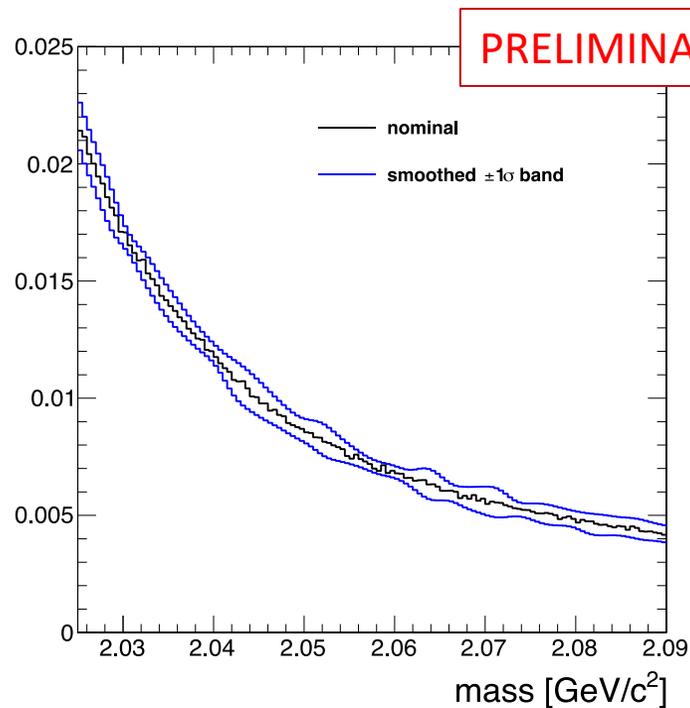


- Un pool di 10 funzioni è stato usato per modellizzare il background
- Per il segnale: double-sided CB



Search for the $\overline{\Lambda n}$ bound state in Pb–Pb collisions

Incertezze sistematiche per background e segnale



- Nessuna evidenza di un segnale \rightarrow nuovi upper limits su dN/dy
- I nuovi limiti migliorano quelli precedentemente ottenuti con i dati di run-I
- I risultati in attesa di approvazione

Publicazioni

- 45 pubblicazioni

Talks

Nicolò Valle, *Electroweak bosons production in heavy-ion collisions with ALICE*, 106 Congresso Nazionale SIF

CONSUNTIVI SCIENTIFICI 2020



ASACUSA



La sigla ASACUSA comprende 2 esperimenti (dal 2020):

ASACUSA al CERN

3 different experiments:

$\bar{p}He^+$

\bar{H}

$\sigma_{ann}(\bar{p}A)$

QUPLAS a LNESS-Como

QUPLAS is a continuous SINGLE-PARTICLE interference experiment

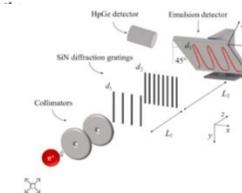
- QUPLAS-0: Positron interferometry
- QUPLAS-I: Positronium Interferometry
- QUPLAS-II: Positronium Gravitation

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE 3 May 2019

PHYSICS

First demonstration of antimatter wave interferometry

S. Sala^{1,2}, A. Ariga³, A. Ereditato³, R. Ferragut^{4,2*}, M. Giammarchi^{2*}, M. Leone⁴, C. Pistillo^{3*}, P. Scamporrino^{3,5}



ASACUSA Brescia-Pavia

cognome nome	TIPO	Ricercatori	Tecnologi	FTE

Baù Marco	assoc	Ricercatore t.det.A		50
Costantini Giovanni	assoc.	Dottorando		100
Ferrari Marco	assoc	Prof. Ordinario		50
Ferrari Vittorio	assoc	Prof. Ordinario		50
Leali Marco	assoc	Tecn.Laureato	x	50
Mascagna Valerio	assoc.	Ricercatore t.det.A		10
Venturelli Luca	assoc.	Prof. Ordinario		70
+ Migliorati Stefano (da nov. 2020)	assoc.	Dottorando		100

+ collaboratori Università dell'Insubria-Como & INFN Bicocca

ATTIVITÀ: ASACUSA-CERN e inizio in QUPLAS

Nuovo Gruppo in ASACUSA (dal 2020)

INFN Milano: M. Giammarchi

Politecnico di Milano: R. Ferragut, V. Toso

Università degli Studi di Milano: M. Romé, G. Maero

ATTIVITÀ: QUPLAS + ASACUSA-CERN

Pubblicazioni ASACUSA 2020

ISI

Titolo	Rivista
The QUPLAS experimental apparatus for antimatter interferometry WOS:000502088900035 10.1016/j.nima.2019.163019	NUCL INSTRUM METH A
Sensitivity of emulsion detectors to low energy positrons WOS:000528040600027 10.1088/1748-0221/15/03/P03027	J INSTRUM
Real-time monitoring of a positron beam using a microchannel plate in single-particle mode WOS:000595650800018 10.1088/1748-0221/15/11/P11030	J INSTRUM

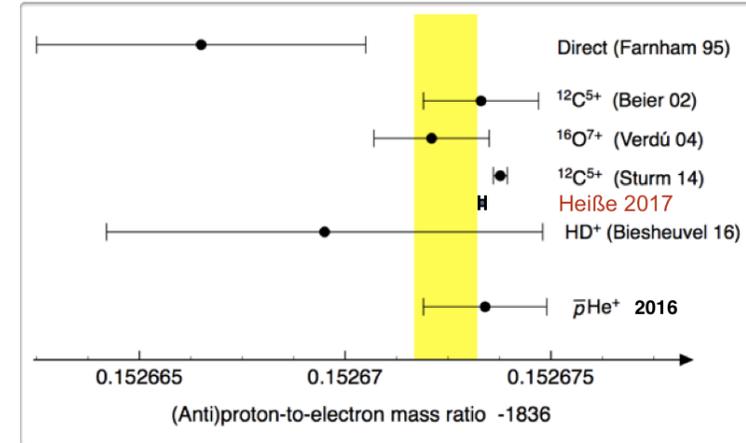
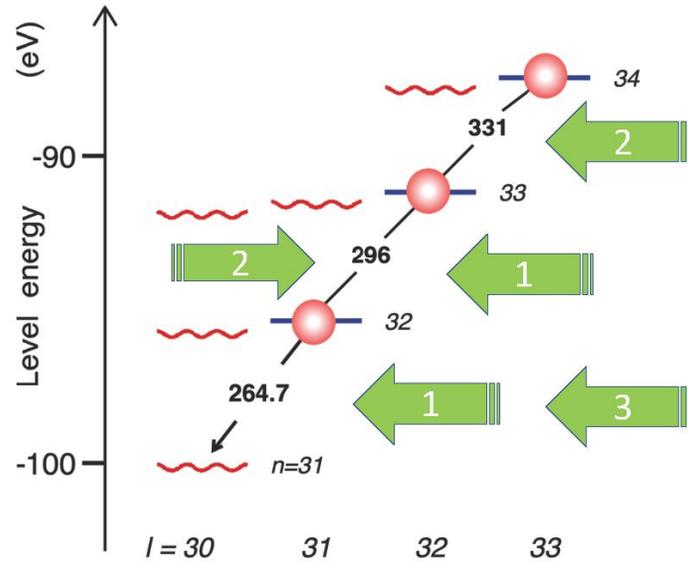
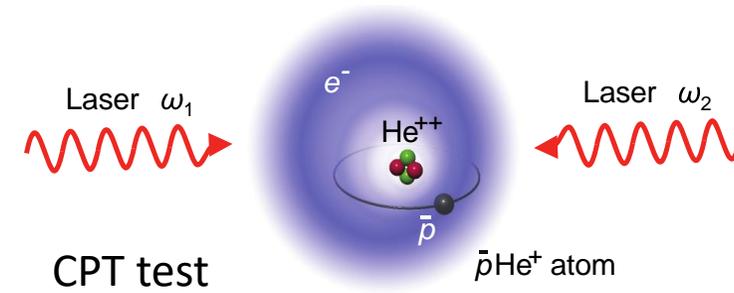
CONFERENZE 2020



ASACUSA

No beam in 2020

In 2020 study of two-photon spectroscopy using ELENA beam:



$$|M_p - M_{pbar}| < 8 \times 10^{-10}$$

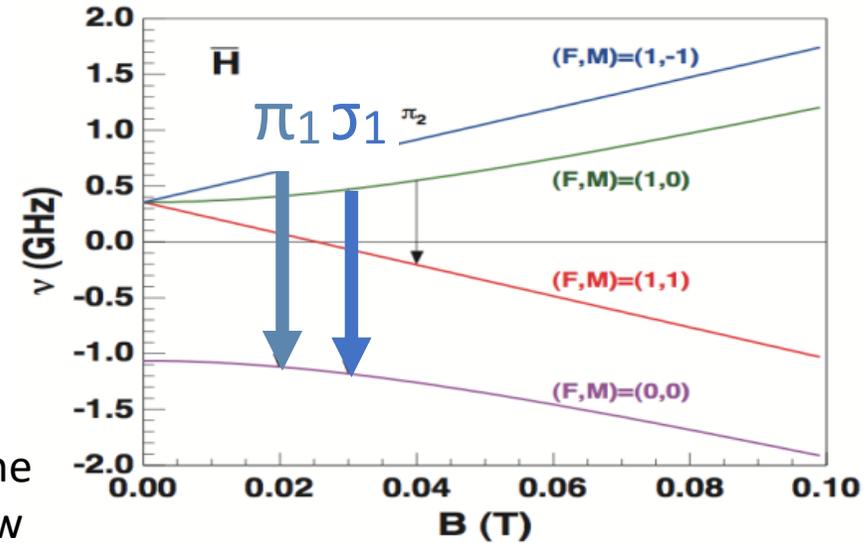
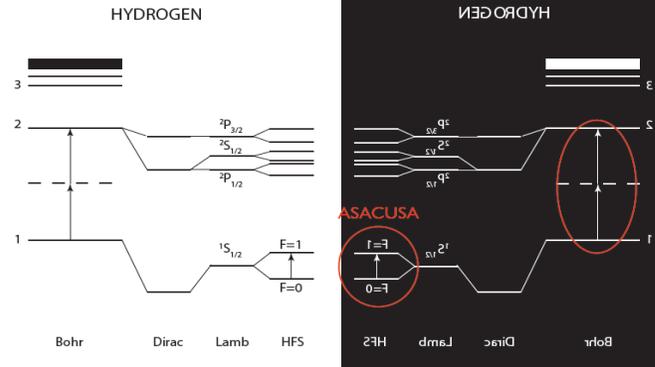
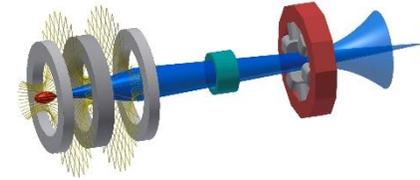
1. Empty antiprotons in two states and create asymmetry.
2. Excite narrow (width 0.1-0.2 MHz) sub-Doppler two-photon transition.
3. Detect population asymmetry.
4. Need high signal-to-noise (S/N) ratios and statistics to detect weak resonances. Initial ELENA experiments will focus on intense two-photon resonances with two lasers.

with ELENA (2021→) in principle possible to improve precision by factor 100

\bar{H}

In-beam HFS spectroscopy

CPT test



Two accessible transitions:
 σ_1 & π_1

Goals

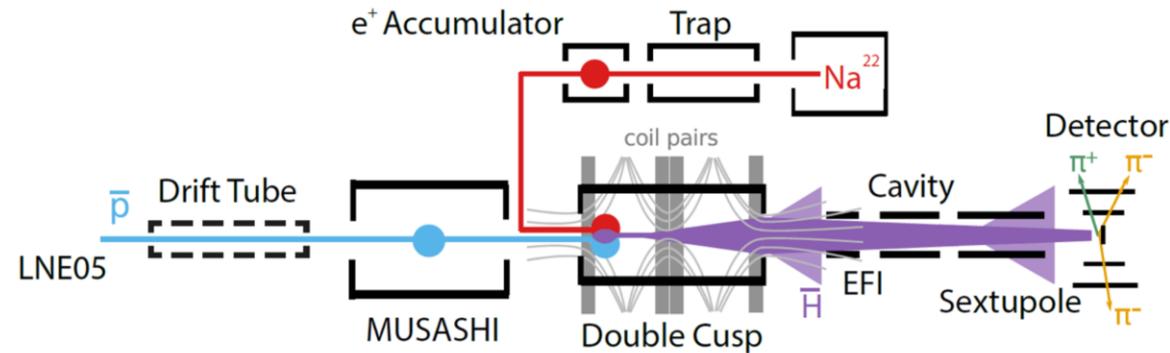
- In-beam measurement of ground-state hyperfine structure of antihydrogen to ppm-level and below
- Produce polarized slow (~ 50 K) Hbar beam
- Resolution: line width $\Delta\nu \sim 1/T$
 - 1000 m/s, 10 cm:
 - $\Delta\nu/\nu = 7 \times 10^{-6}$ for $T = 50$ K
 - $> 100 \bar{H}/s$ in 1S state into 4π needed
 - event rate 1 / minute: background from cosmics, annihilations upstreams



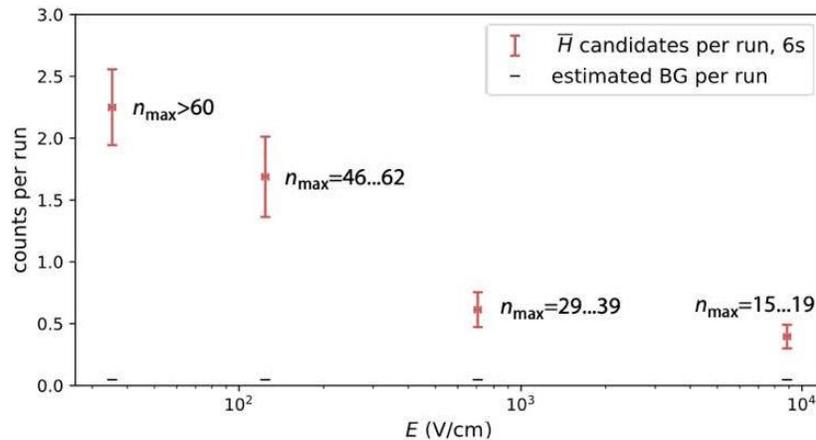
In-beam HFS spectroscopy CPT test

► In 2020, ASACUSA:

No beam in 2020



Measurement of quantum number distribution



- Field ionization
 - antihydrogen passing the ionizer (i.e. not ionized) are counted at the detector
- Cumulative observed rate per run versus the ionizing electric field strength
- High n-states expected from three-body recombination

B. Kolbinger et al. "Measurement of the principal quantum number distribution in a beam of antihydrogen atoms", EPJ D 2021



In-beam HFS spectroscopy CPT test

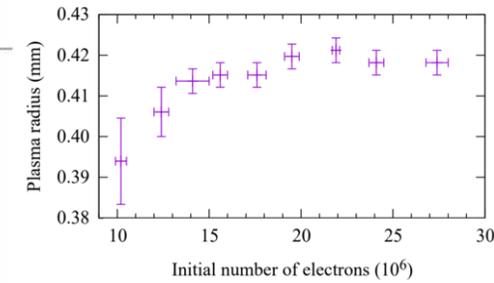
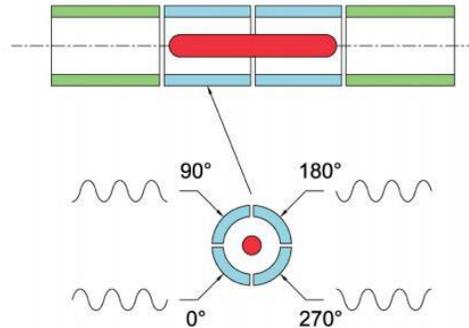
► In 2020, ASACUSA:

No beam in 2020

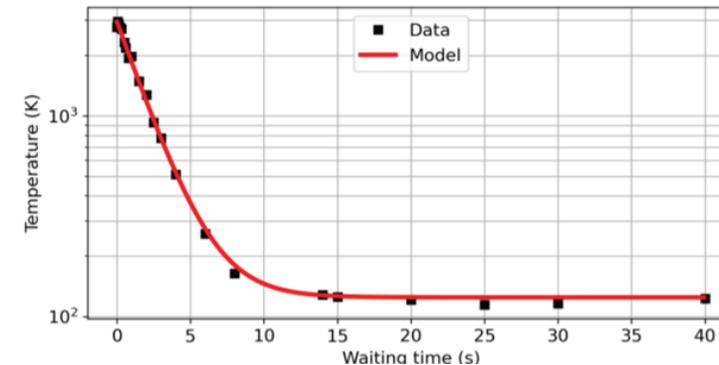
Significant progress with plasma control during 2020 towards colder and denser plasmas

Improved plasma control, positron cooling, and magnetometry

- Positron temperature crucial parameter for three-body recombination
- Implementation of the SDREVC technique: rotating wall compression (SDR) is applied to maintain high density while plasma confinement potentials are reduced (EVC) to lower the space charge and temperature of the e-/e+ plasma



Positron plasma cooling and EVC



FAMU



Motivazioni: il puzzle del raggio del protone

- Si considerano le distribuzioni di carica, $\rho_E(r)$ e magnetica, $\rho_M(r)$.
 $R_Z = \int (\int \rho_E(r') \rho_M(r-r') d^3r') r d^3r - \Delta E_{1S}^{\text{HFS}} = 184.087X - 1.281Y R_Z \text{ meV}.$
La teoria prevede $X \approx 15$, $Y < 10$.
- Misura dello splitting iperfine (HFS) nello stato base dell'idrogeno muonico, legato al **raggio Zemach del protone dal HFS del $(\mu p)_{1S}$**
- Esperimento basato sul Lamb Shift nel μp al PSI (2010):
 $r_{\text{ch}} = 0.84089(39) \text{ fm}$
- Discrepanza di 7σ da CODATA-2010:
 $r_{\text{ch}} = 0.87750(510) \text{ fm}$ basato su scattering e-p e spettroscopia H.
- Necessità di una misura conclusiva: FAMU @RIKEN-RAL muon facility.

Metodologia

- L'atomo di μp assorbe un fotone da un laser IR alla lunghezza d'onda della risonanza $\lambda_0 = hc/\Delta E_{\text{HFS}}^{1\text{S}} \approx 6.8 \mu\text{m}$ della transizione da singoletto a tripletto (spin flip) dove $\Delta E_{\text{HFS}}^{1\text{S}} \equiv$ energy difference of the 1S hyperfine splitting of the muonic hydrogen.
- Quando l'atomo viene de-eccitato collisionalmente allo stato 1S, acquista 0.12 eV di energia ($\approx 2/3$ dell'energia di transizione iperfine).
- Questa sequenza di processi viene rivelata tramite i prodotti di reazioni la cui rate dipende dalla velocità del μp .
- In particolare, viene osservato il trasferimento del μ dal protone a nuclei di un gas pesante appropriato, che abbia una dipendenza importante dell'energia dalla rate di trasferimento.
- Il trasferimento del μ è identificato da raggi X caratteristici emessi durante la diseccitazione dell'atomo muonico più pesante.
- λ_0 (da cui si ricava $\Delta E_{\text{HFS}}^{1\text{S}}$) viene identificata dalla risposta massimale.

La Collaborazione FAMU (2020)

- Responsabile Nazionale: *Andrea Vacchi (INFN Trieste) -> dal 2021 Emiliano Mocchiutti (INFN Trieste)*
- Sezioni di: *Bologna, Milano, Milano Bicocca, Pavia, Roma 3, Trieste, Napoli*
- Collaborazioni estere: *Krakow (Pol.), Sofia (Bul.), RIKEN (Jap.)*
- FAMU-Pavia: *1.5 FTE, 5 persone (2 ricercatori, 2 tecnologi)*

Pubblicazioni 2020:

- R. Bertoni et al., *“Innovative amplifiers for muon spectroscopy experiments at RAL”*, JINST 15 (3), C03020 (2020).
- M. Bonesini et al., *“ICe:LaBr3 crystals with SiPM array readout and temperature control for the FAMU experiment at RAL”*, JINST 15 (5), C05065 (2020).
- C. Pizzolotto et al (FAMU Coll.), *“The FAMU experiment: muonic hydrogen high precision spectroscopy studies”*, Eur. Phys. Journal A, 56 (7), 185 (2020).
- E. Mocchiutti et al (FAMU Coll.), *“First measurement of the temperature dependence of muon transfer rate from muonic hydrogen atoms to oxygen”*, Physics Letters A, 384 (26), 126667 (2020).

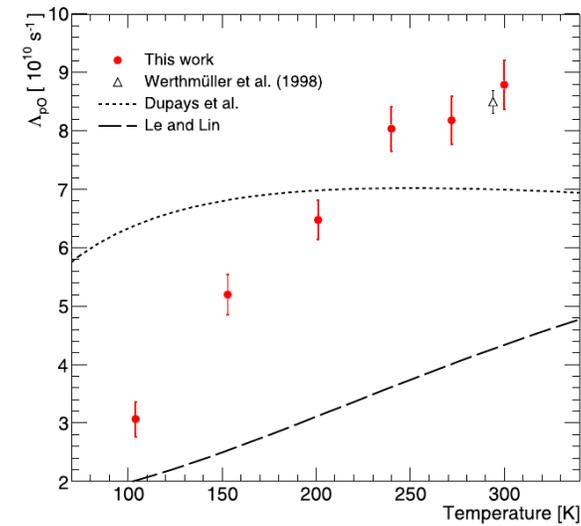
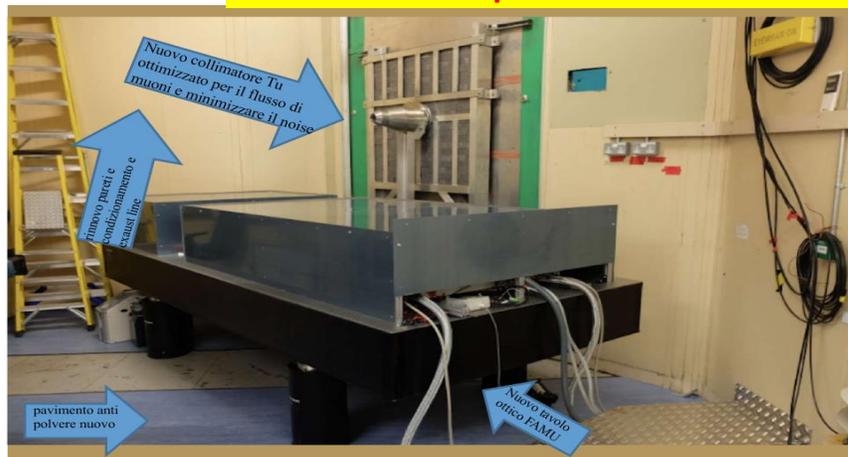


Fig. 4. Transfer rate from muonic hydrogen to oxygen: comparison of the present work with the experimental [5], and the theoretical results [8,9] converted in their temperature dependence using Maxwell-Boltzmann distributions.

“Progressi” verso il run spettroscopico

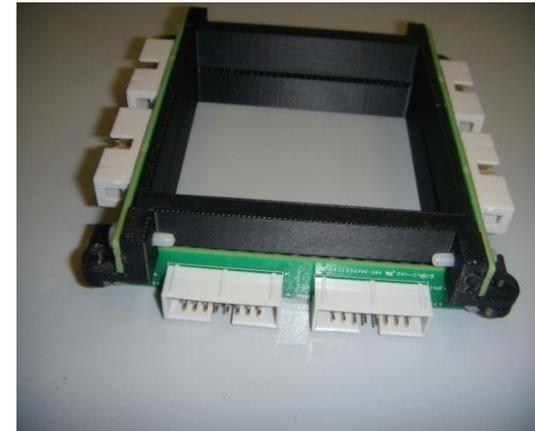
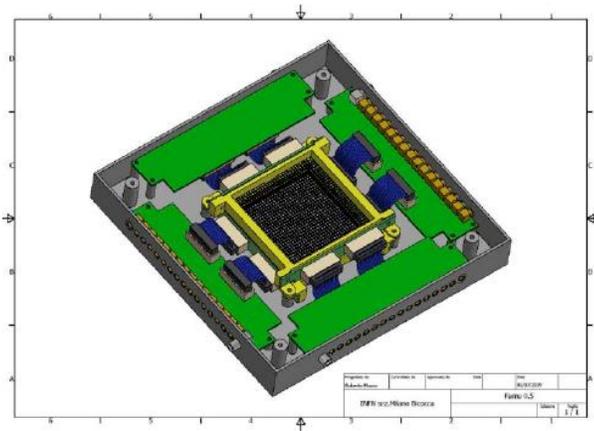
- **Inizio 2020:** tavolo ottico e sistema laser consegnati al RAL. **Laser montato nella posizione prevista** con le strutture di schermaggio di sicurezza. I lavori di verifica interlock di sicurezza stavano iniziando per poi dare il via all'accensione ed alla successiva ottimizzazione ma... attività fortemente limitate dall'emergenza COVID-19!
- Il run spettroscopico per la prima misura dello splitting iperfine dello stato 1S dell'idrogeno muonico **non è stato effettuato**, come previsto, nel 2020. Nel 2020 sono stati effettuati alcuni test di integrazione dell'apparato a Trieste, alcune modifiche del bersaglio criogenico e un upgrade dei rivelatori X con lettura PMT e SiPMs.
- A giugno 2021 la facility ISIS inizia un major upgrade -> niente fascio e accesso alla sala sperimentale per un anno. Run spettroscopico di FAMU previsto quindi circa per l'**estate 2022**.

Stato sala sperimentale - inizio 2020 al Port 1 (RAL)

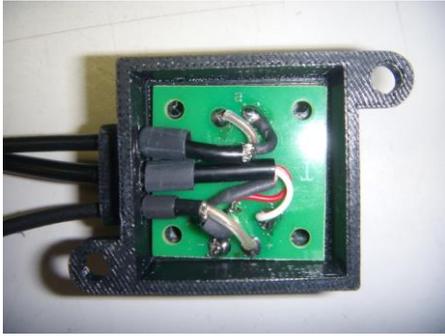


Attività FAMU-PV 2020: odoscopio (monitor fascio muoni)

- Nuovo odoscopio $7.2 \times 7.2 \text{ cm}^2$ per finestra di ingresso nuovo target FAMU (32+32 fibre X/Y con lettura SiPM).
- PV: disegno dei i circuiti stampati per la versione con i nuovi SiPM da 1 mm^2 .
- PV: stampa 3D per il montaggio delle fibre da 1 mm^2 e da 0.5 mm^2 .



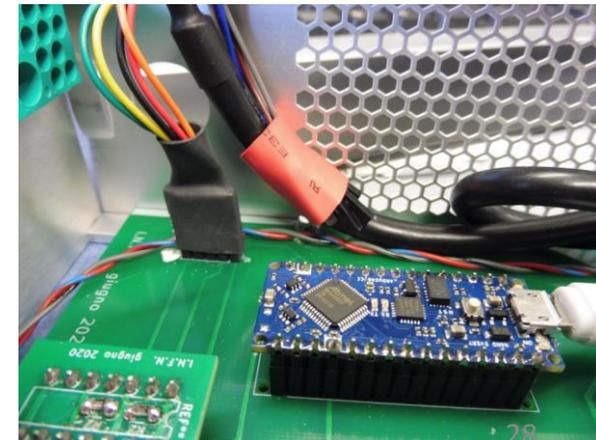
Attività FAMU-PV 2020: Rivelatori LaBr_3 letti da SiPMs



- Lettura segnale SiPM
- Controllo temperatura.
- Regolazione automatica dell'alimentazione vs $^{\circ}\text{C}$.

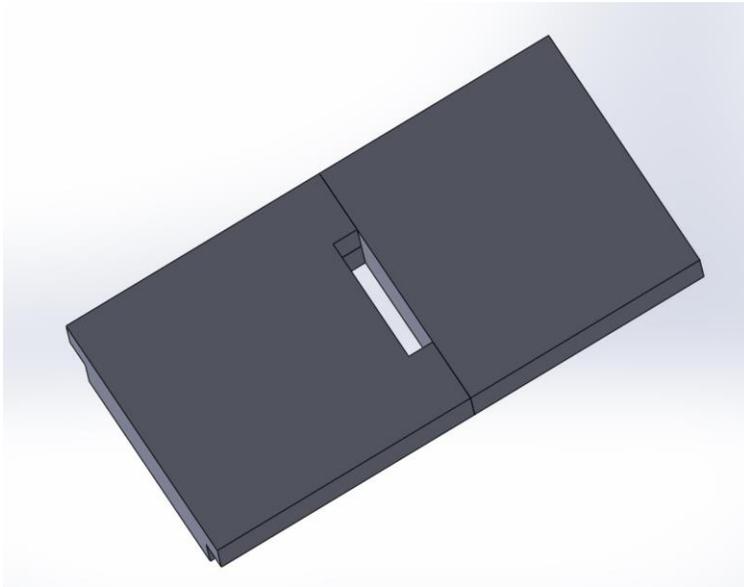


- Terminata la costruzione del modulo a 8 canali NIPM12 per regolazione automatica dell'alimentazione vs $^{\circ}\text{C}$ tramite bus interno I2C e porta USB.
- Sviluppato dal prototipo fatto su millefori la versione definitiva facendo un nuovo circuito stampato, con possibilità di comandare 16 SiPM.
- Previsto oltre il controllo tramite software via USB un nuovo sistema tramite Arduino montato sulla scheda
- Inoltre: montate altre basette per cristalli da $\frac{1}{2}$ pollice modificando anche un sensore di temperatura tipo TMP37.

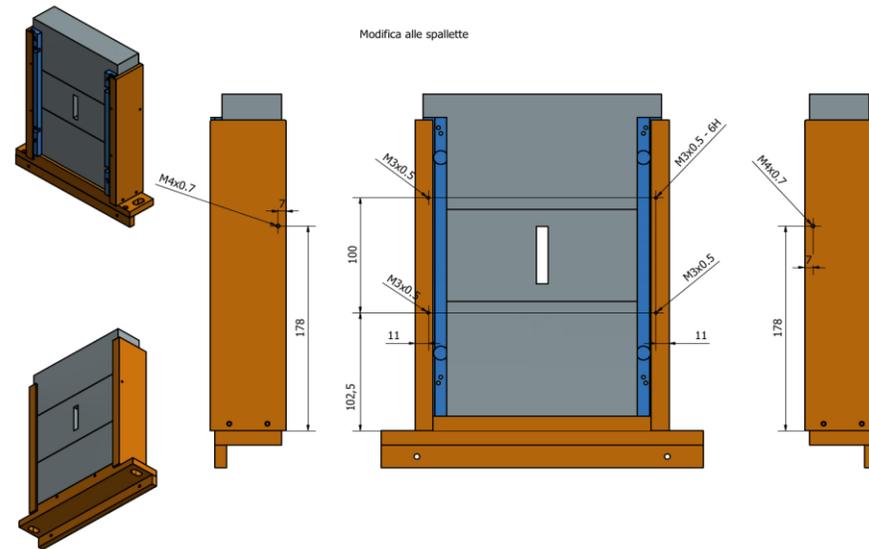


Attività FAMU-PV 2020: collimatore del fascio di muoni

- Realizzazione del nuovo collimatore del fascio di muoni, necessario a definire la sezione del fascio in ingresso al bersaglio di FAMU: officina meccanica INFN Pavia.



Disegno e realizzazione dei blocchi di piombo con il foro 5 x 1 cm²



Disegno e realizzazione del supporto del collimatore

JLAB12

Comprende 2 esperimenti al JLAB : **CLAS** e **BDX**

CLAS : $e^- p$ ed e^- ion (d, ^3He , carbon, iron, lead) con energia degli elettroni fino a 12 Gev con CLAS12). Fascio di elettroni polarizzati. Studio delle Generalized Parton Functions. Fisica adronica.

BDX : ricerca della Dark Matter

Responsabile locale : A. Bianconi

Bianconi Andrea

Costa Giulia

Costantini Giovanni

Leali Marco

Mascagna Valerio

Migliorati Stefano

Venturelli Luca

Attività' nel 2020

CLAS

e' l'attività' principale del gruppo. CLAS è in fase di calibrazione e anche integrazione, ancora molto lontano dall'essere a regime, e fermato da una sosta (già programmata) delle prese dati per tutta la prima parte del 2021, e dal fatto che le persone stanno a casa propria causa Covid. In particolare è lontana la realizzazione del bersaglio con polarizzazione trasversa, e il raggiungimento di una accettazione ragionevolmente regolare.

Il primo articolo estratto da dati a 11 GeV è stato recentemente pubblicato:

Observation of Beam Spin Asymmetries in the Process $ep \rightarrow e' \pi^+ \pi^- X$ with CLAS12

T. B. Hayward /et al./ (CLAS Collaboration)

Phys. Rev. Lett. 126, 152501 – Published 12 April 2021

A breve arriveranno analisi su dati inclusivi (= poca richiesta sull'accettazione) e con differenza sulla polarizzazione dell'elettrone (= cancellazione di sistematici) come quella sopra citata.

La collaborazione pubblica, circa una decina di lavori l'anno con dati presi col vecchio apparato CLAS-6 GeV.

Attività' nel 2020

BDX

attività' quasi ferma per difficoltà' reperimento fondi extra per lavori di ampliamento

MAMBO

MAMBO

MAMiBOnn

Studio di fotoreazioni indotte
su nucleoni e nuclei utilizzando gli acceleratori

- **MAMI** $E_\gamma \leq 1.6 \text{ GeV}$ (**Mainz**)
A2 Collaboration (spokepersons : A. Thomas Mainz
(circa 80 persone) P. Pedroni INFN-PV)
- **ELSA** $E_\gamma \leq 3.0 \text{ GeV}$ (**Bonn**)
BGO-OD collaboration (spokepersons : H. Schmieden Bonn
(circa 60 persone) P. LeviSandri INFN-LNF)

Sezioni INFN Partecipanti: RM1, LNF, PV, RM2, TO

COLLABORAZIONE MAMBO -2020

Responsabile Nazionale: PAOLO LEVI SANDRI

Sezioni INFN partecipanti:

ROMA TOV	Responsabile Locale	ALESSIA FANTINI
LNF	Responsabile Locale	PAOLO LEVI SANDRI
PAVIA	Responsabile Locale	PAOLO PEDRONI
ISS-RM	Responsabile Locale	FRANCESCO GHIO
TORINO	Responsabile Locale	GIANPIERO GERVINO

17 ricercatori; 9.5 FTE

Pavia

Braghieri Alessandro 30 %

Costanza Susanna 30 %

Montagna Paolo 30 %

Pedroni Paolo 100%

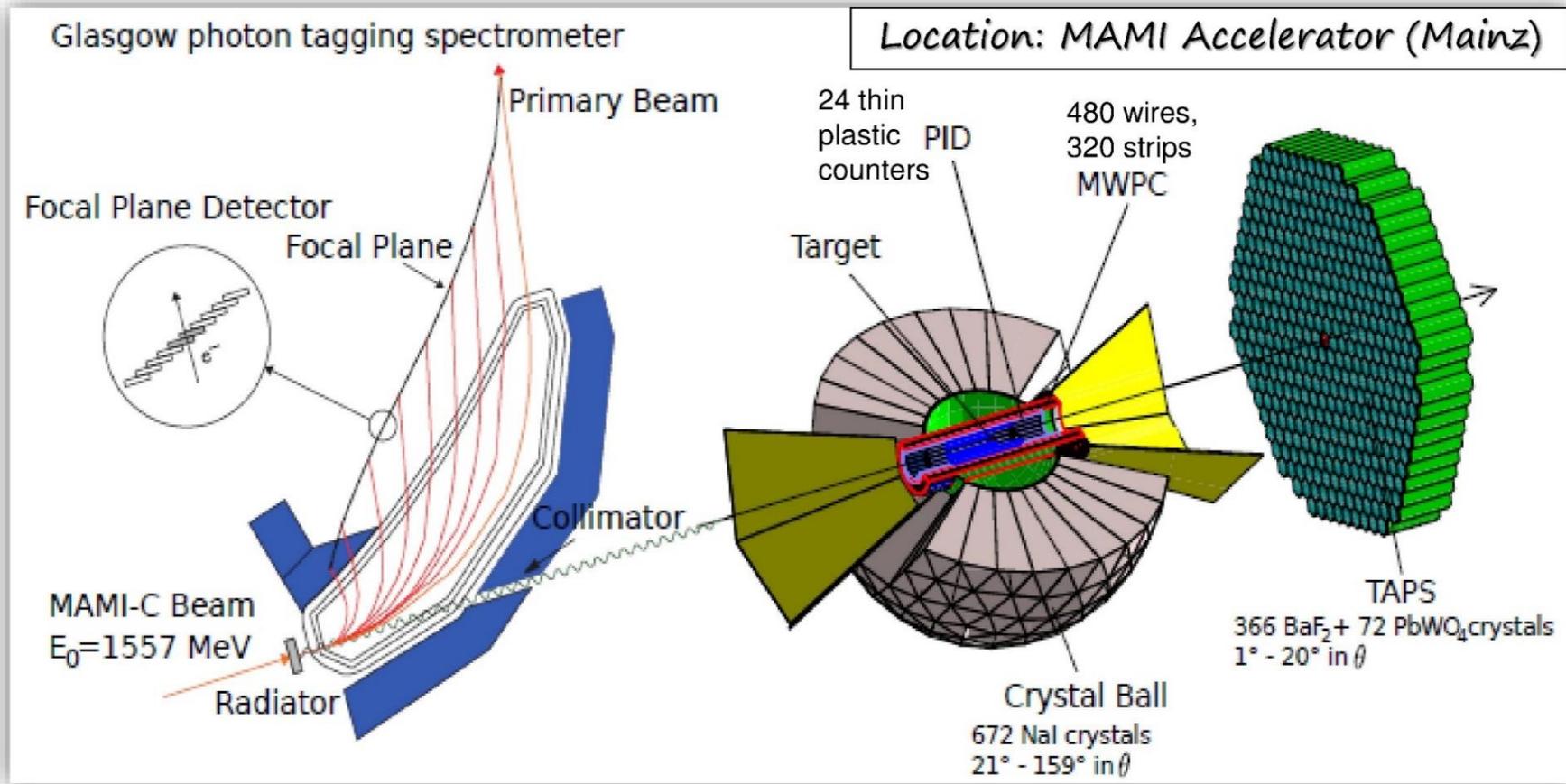
MAMBO- Physics Topics

(mainly involving low cross sections and/or precision measurements)

- **Threshold meson production: (test of LET/ ChPT):**
Strangeness ($\gamma N \rightarrow \Lambda K$)
 π^0 meson photoproduction at threshold
- **Ambiguity free amplitude analysis of meson photoproduction**
Requires Double polarization measurements:
 $\gamma N \rightarrow N\pi(\pi); N\eta (\rho, \dots)$ channels
- **Tests of fundamental symmetries (C,CP,CPT...)**
(Rare) η, η' decays
- **In medium properties of hadrons & nuclear physics:**
Meson photo production on nuclei
- **Search for “missing” baryon resonances**
Vector meson (ϕ, ω) photo production

Use of state-the-art technology (circularly and linearly polarised photon beams; longitudinally and transverse polarised proton/deuteron/ ^3He targets) is required

A2@MAMI: detector overview

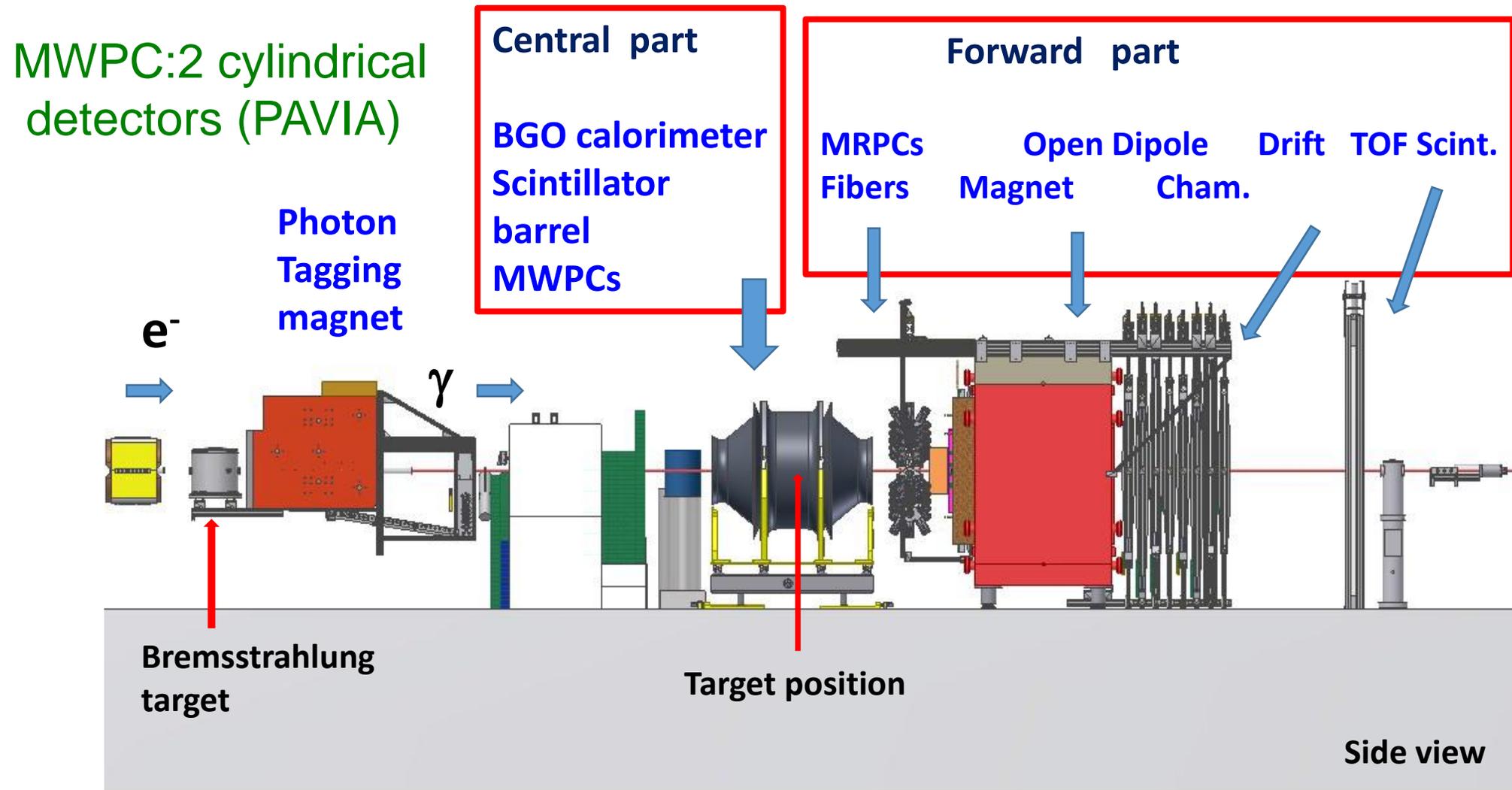


MWPC: 2 cylindrical detectors (PAVIA)

Beam:

- photon beam produced by bremsstrahlung process and tagged by the magnetic spectrometer
- $E_\gamma < 1.5 \text{ GeV}$, $\Delta E_\gamma = 2 - 4 \text{ MeV}$
- Linear and circular polarisations available

MAMBO – Bonn - Apparato



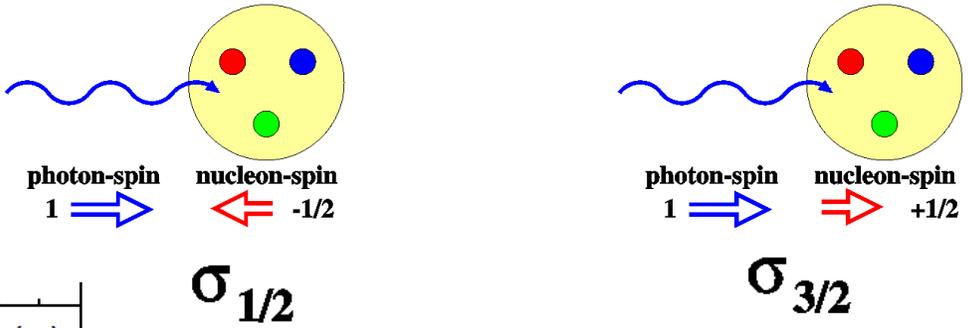
Attività svolta 2020-2021

Da marzo 2020 emergenza covid-19 ha pesantemente condizionato tutte le attività sperimentali

- **Mainz** : -) Da settembre 2020 sono stati ammessi -in certi periodi-brevi interventi in sala sperimentale e ci sono stati brevi runs di MAMI
-) Completata manutenzione del forward calorimeter (TAPS). Check sistematico della qualità di tutti i cristalli (oltre 400) e di tutti i PMTs da parte del gruppo di Basilea. Breve (e positivo) test in fascio per check di tutto l'apparato
Da completare test sugli scintillatori «VETO» (separazione neutri/carichi) posizionati prima di TAPS
- **Bonn** : -) I lavori di sostituzione del Klystron dell'acceleratore ELSA [fermo per quasi tutto il 2019] e dei suoi apparati di servizio sono proseguiti a rilento (sono stati conclusi ad inizio 2021 e l'acceleratore ha poi effettuato con successo un run di test)

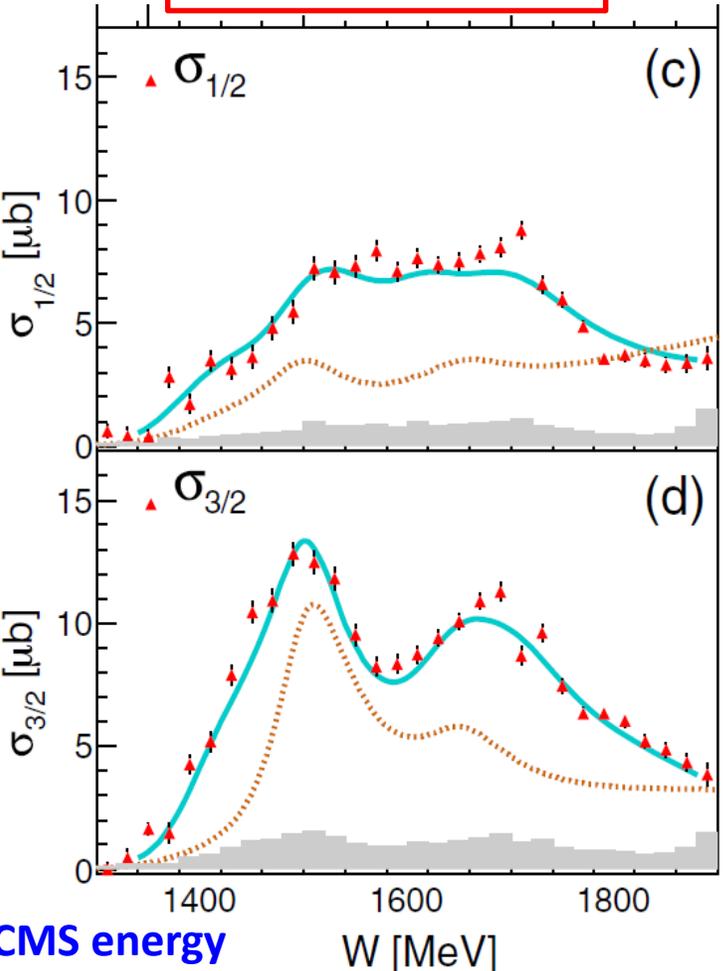
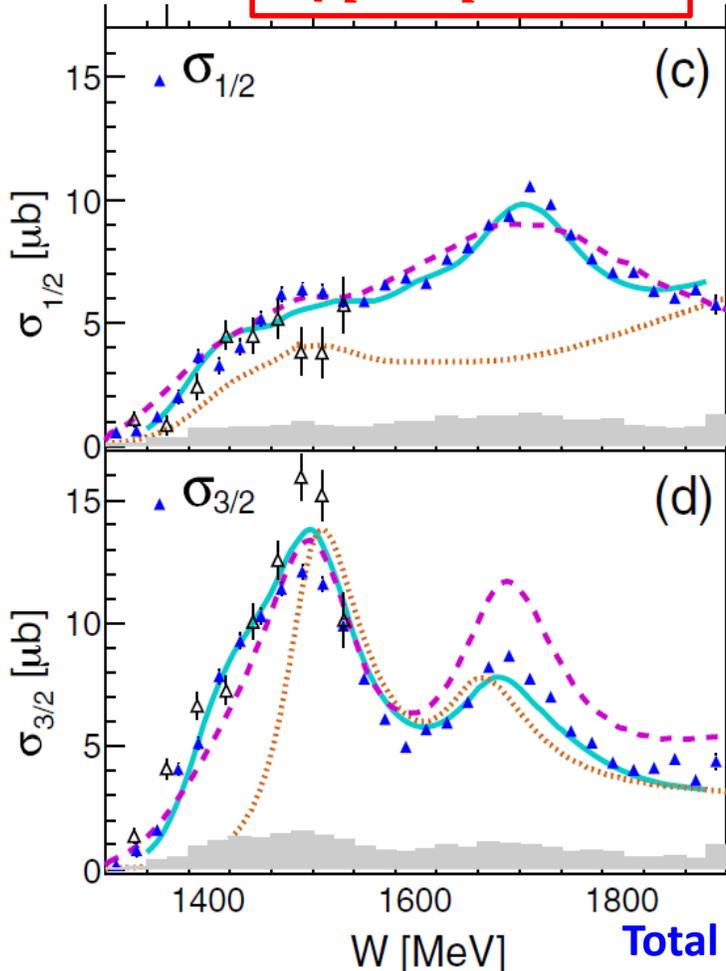
Mainz – ultimi risultati principali

➤ Dipendenza dall'elicità della reazione $\gamma N \rightarrow N\pi^0\pi^0$
(studiata con fotoni e bersaglio polarizzati)



$\gamma p \rightarrow p\pi^0\pi^0$

$\gamma n \rightarrow n\pi^0\pi^0$



M. Dieterle et al., PRL 125
062001 (2020)

Curve continue/tratteggiate:
differenti modelli

Curva continua azzurra: curva
arancione rifittata sui nuovi dati



Grande impatto dei nuovi dati
sui modelli che descrivono le
proprietà delle risonanze
barioniche più elevate



$K^+\Lambda$ photoproduction at forward angles and low momentum transfer

S. Aief¹, P. Bauer¹, D. Bayadilov^{2,3}, R. Beck², A. Bella¹, J. Bieling², A. Braghieri⁴, P. L. Cole⁵, D. Elsner¹, R. Di Salvo⁶, A. Fantini^{6,7}, O. Freyermuth¹, F. Frommberger¹, F. Ghio^{8,9}, S. Goertz¹, A. Gridnev³, D. Hammann¹, J. Hannappel^{1,15}, T. C. Jude^{1,4}, K. Kohl¹, N. Kozlenko³, A. Lapik¹⁰, P. Levi Sandri¹¹, V. Lisin¹⁰, G. Mandaglio^{12,13}, F. Messi¹, R. Messi^{6,7}, D. Moricciani¹¹, V. Nedorezov¹⁰, V. A. Nikonov^{2,3}, D. Novinskiy³, P. Pedroni⁴, A. Polonskiy¹⁰, B.-E. Reitz¹, M. Romaniuk^{6,14}, A. V. Sarantsev^{2,3}, G. Scheluchin¹, H. Schmieden¹, A. Stuglev³, V. Sumachev³, V. Vegna¹, V. Tarakanov³, T. Zimmermann¹

¹Physikalisches Institut, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 12, 53115 Bonn, Germany

²Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Nußallee 14-16, 53115 Bonn, Germany

³Petersburg Nuclear Physics Institute, Leningrad District, Gatchina 188300, Russia

⁴INFN sezione di Pavia, Via Agostino Bassi, 6, 27100 Pavia, Italy

⁵Department of Physics, Lamar University, Beaumont, TX 77710, USA

⁶INFN Roma "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy

⁷Dipartimento di Fisica, Università di Roma "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica 1, 00133 Rome, Italy

⁸INFN sezione di Roma La Sapienza, P.le Aldo Moro 2, 00185 Rome, Italy

⁹Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena 299, 00161 Rome, Italy

¹⁰Russian Academy of Sciences Institute for Nuclear Research, Prospekt 60-letiya Otkryabrya 7a, Moscow 117312, Russia

¹¹INFN - Laboratori Nazionali di Frascati, Via E. Fermi 54, 00044 Frascati, Italy

¹²INFN sezione Catania, 95129 Catania, Italy

¹³Dipartimento MIFT, Università degli Studi di Messina, Via F. S. D'Alcontres 31, 98166 Messina, Italy

¹⁴Institute for Nuclear Research of NASU, Kyiv 03028, Ukraine

¹⁵Present Address DESY Research Centre, Hamburg, Germany

Received: 26 June 2020 / Accepted: 10 February 2021 / Published online: 26 February 2021

© The Author(s) 2021

Communicated by Frank Maas

Abstract $\gamma p \rightarrow K^+\Lambda$ differential cross sections and recoil polarisation data from threshold for extremely forward angles are presented. The measurements were performed at the BGOOD experiment at ELSA, utilising the high angular and momentum resolution forward spectrometer for charged particle identification. The high statistics and forward angle acceptance enables the extraction of the cross section as the minimum momentum transfer to the recoiling hyperon is approached.

1 Introduction

Associated strangeness (KY) photoproduction is a crucial area of study to elucidate the nucleon excitation spectrum

V. A. Nikonov and V. Sumachev: Deceased.

A. Bella, J. Bieling, D. Hammann, F. Messi, B.-E. Reitz, V. Vegna, T. Zimmermann: No longer employed in academia.

* e-mail: jude@physik.uni-bonn.de (corresponding author)

and the relevant degrees of freedom. There remain many resonances predicted by constituent quark models (CQMs) [1–4], lattice QCD calculations [5], harmonic oscillator and hypercentral CQMs [6, 7] and Dyson-Schwinger equations of QCD [8] that have not been observed experimentally. Significant advancements however have been made, both in the understanding of known resonances properties and new resonance discoveries¹. A main motivation of the study of KY photoproduction channels over the last 15 years has been to search for these “missing resonances” which may only couple weakly to $N\pi$ final states [11, 12]. The ensuring wealth of high statistics data from the Crystal Ball @ MAMI [13], CLAS [14–19], SAPHIR [20], LEPS [21, 22] and GRAAL [23] collaborations have rendered the KY channels the closest to a “complete experiment”, where a judiciously selected set of polarisation observables permit a complete description of the photoproduction mechanism [24]. This is partly due

¹ The Particle Data Group, for example, recognised 10 *four star* and 3 *three star* N^* resonances above ground state in 2010, compared to 13 and 7 in 2020 [9, 10].

Bonn - risultati

➤ Primo articolo di fisica pubblicato sulla reazione



per: -) studio interazione $K - N$

-) ricerca delle «risonanze mancanti» (stati eccitati del nucleone previsti dai modelli ma non rivelati sperimentalmente)

➤ I frutti del lungo lavoro di set-up e commissioning stanno finalmente iniziando ad arrivare

Publications (refereed journals)

2011	4	(1 PLB)
2012	4	(1 PLB)
2013	10	(2 PRL; 4 PLB)
2014	11	(4 PRL; 1 PLB)
2015	10	(1 PRL; 2 PLB)
2016	7	(1 PRL)
2017	6	(1 PRL; 1 PLB)
2018	6	(1 PLB)
2019	6	(1 PLB)
2020	7	(2 PRL)

n_TOF

Neutron time of flight

PV

consuntivi attività 2020
CdS 12 maggio 2021

ANAGRAFICA PV 2020

S. ALTIERI

N. PROTTI

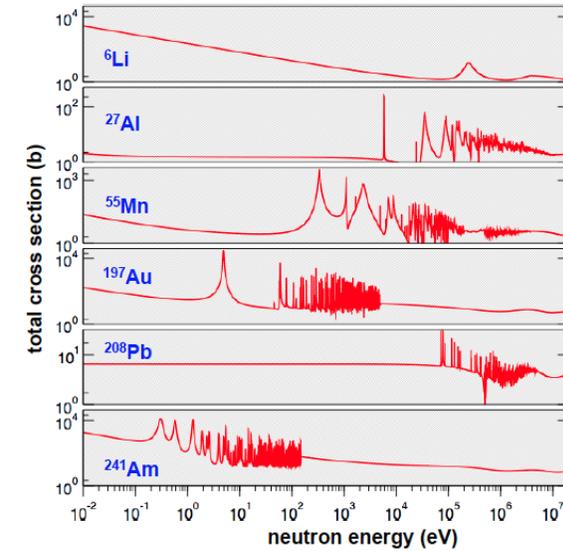
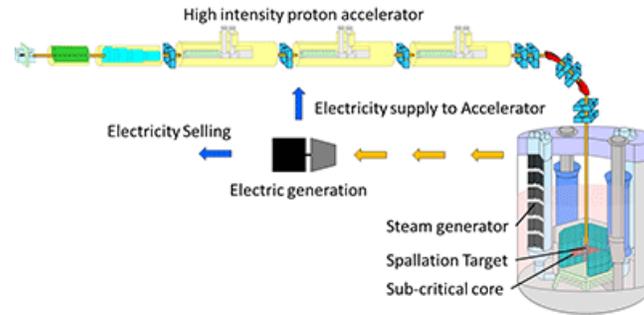
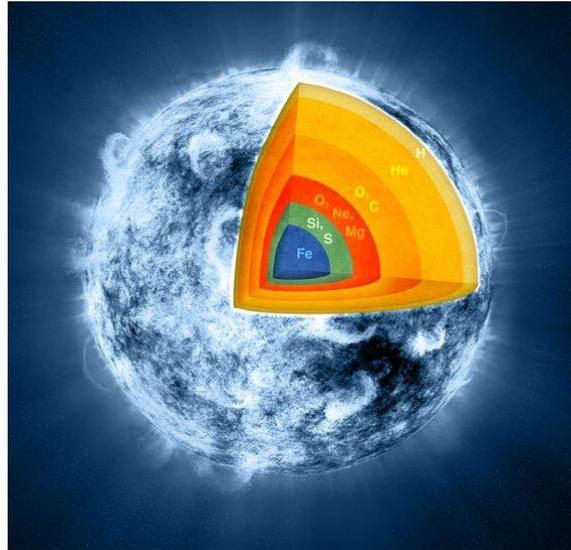


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



GELINA @EC-JRC-GEEL

Ambiti di ricerca



Nuclear Astrophysics

Nucleosynthesis $A > 60$
Stellar evolution
Big bang nucleosynthesis

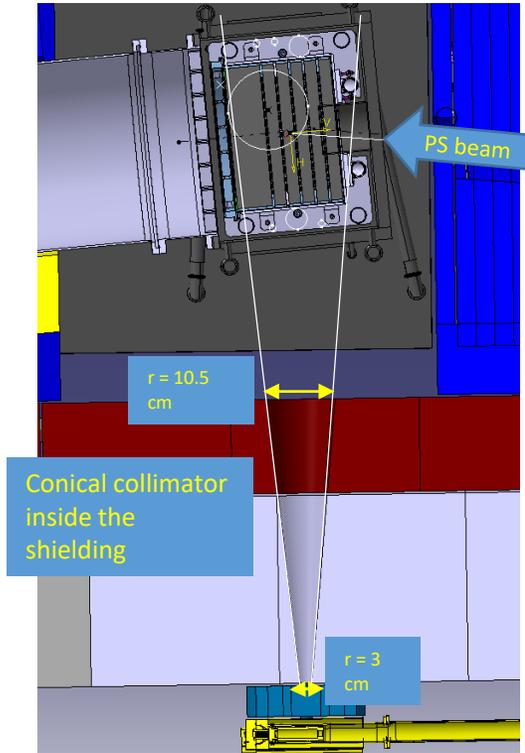
Nuclear technology and medical application:

Fission reactors (Gen-IV, ADS)
Fusion
Transmutation of nuclear waste
Neutron capture therapy

Basic Nuclear Physics

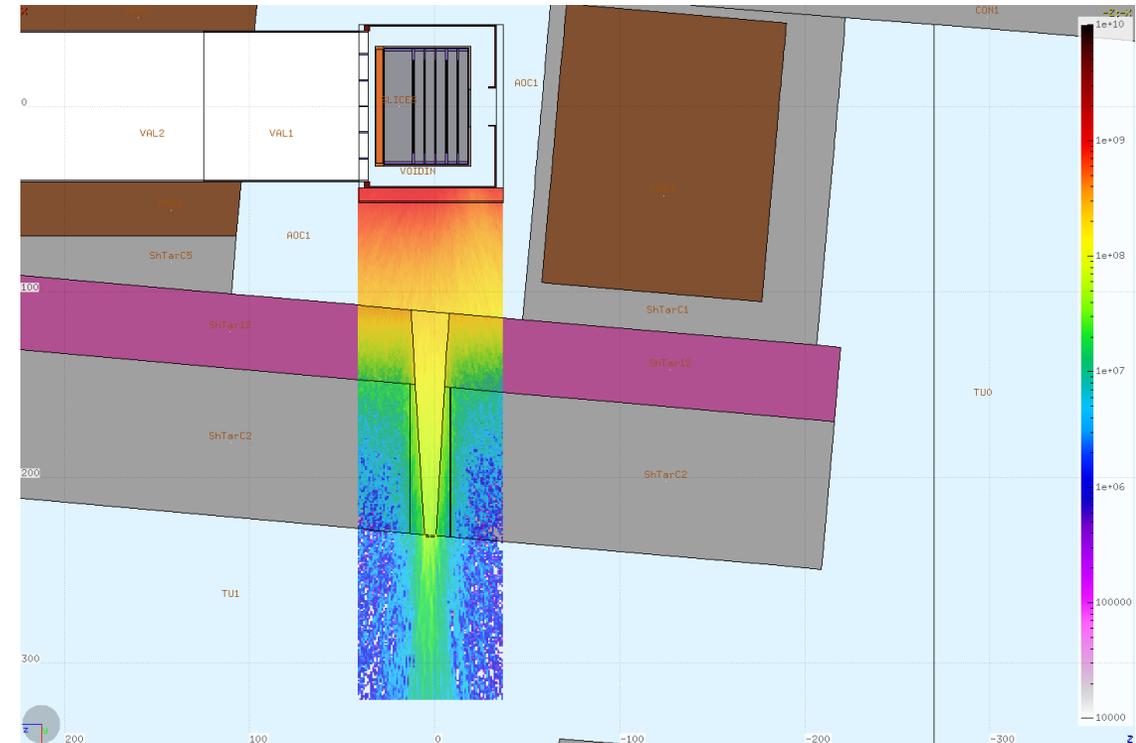
Nuclear interaction
Nuclear structure effects on fission
Excited states

Nuova stazione di misura NEAR



La stazione di irraggiamento
NEAR
in costruzione
**a soli 2 m dalla spallation
source**

darà la possibilità di effettuare
misure su isotopi radioattivi a
breve vita media attualmente
impossibili da misurare.



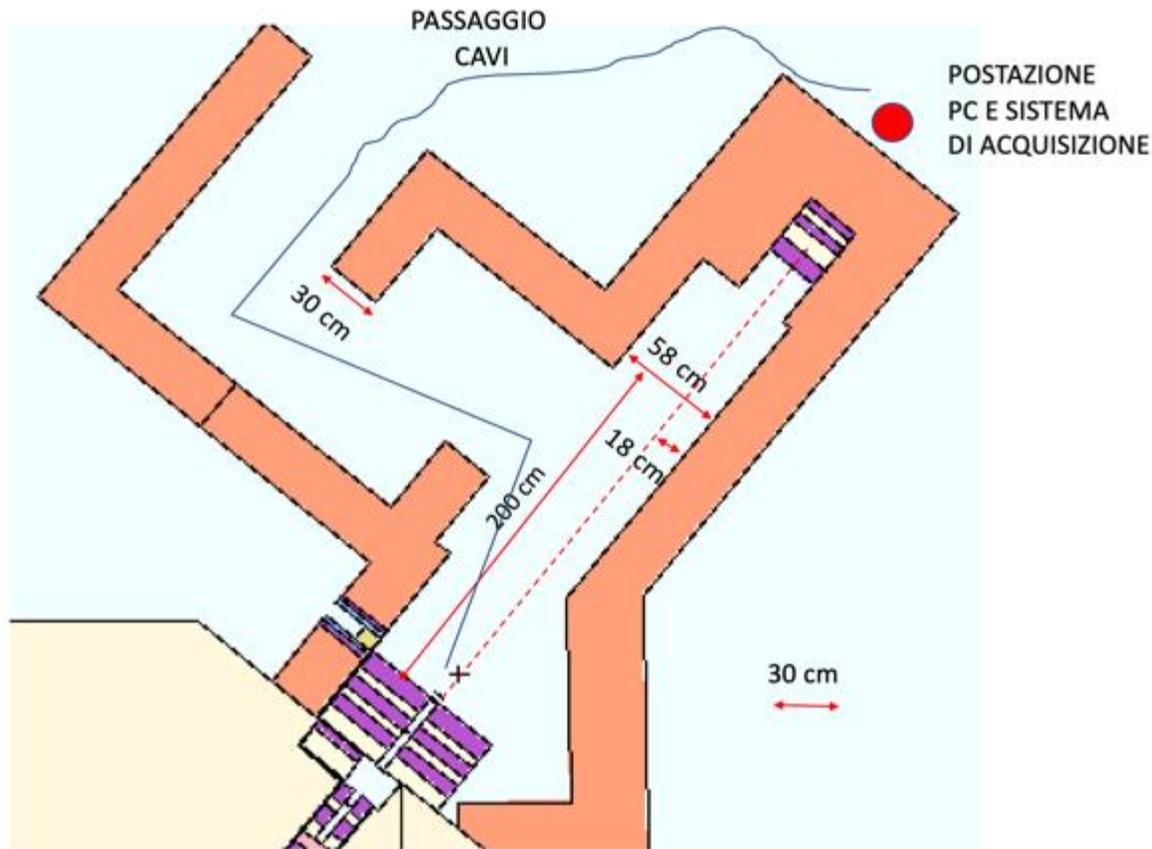
Verrà misurata la sezione d'urto integrale di nuclidi di interesse di Astrofisica Nucleare
col metodo dell'attivazione

la misura del flusso neutronico e del suo spettro è di fondamentale importanza

Pavia avrà un ruolo importante in collaborazione con altri gruppi

Attività PV 2020

SUPPORTO ALLE MISURE DI TEST DEI RIVELATORI DA USARE AL CERN
COL FASCIO COLLIMATO DI NEUTRONI TERMICI
DEL CANALE B DEL LENA



ATTIVITA' NEL 2020

HA PARTECIPATO ALLE MISURE PER TEST DI RIVELATORI COL FASCIO COLLIMATO DEL CANALE B

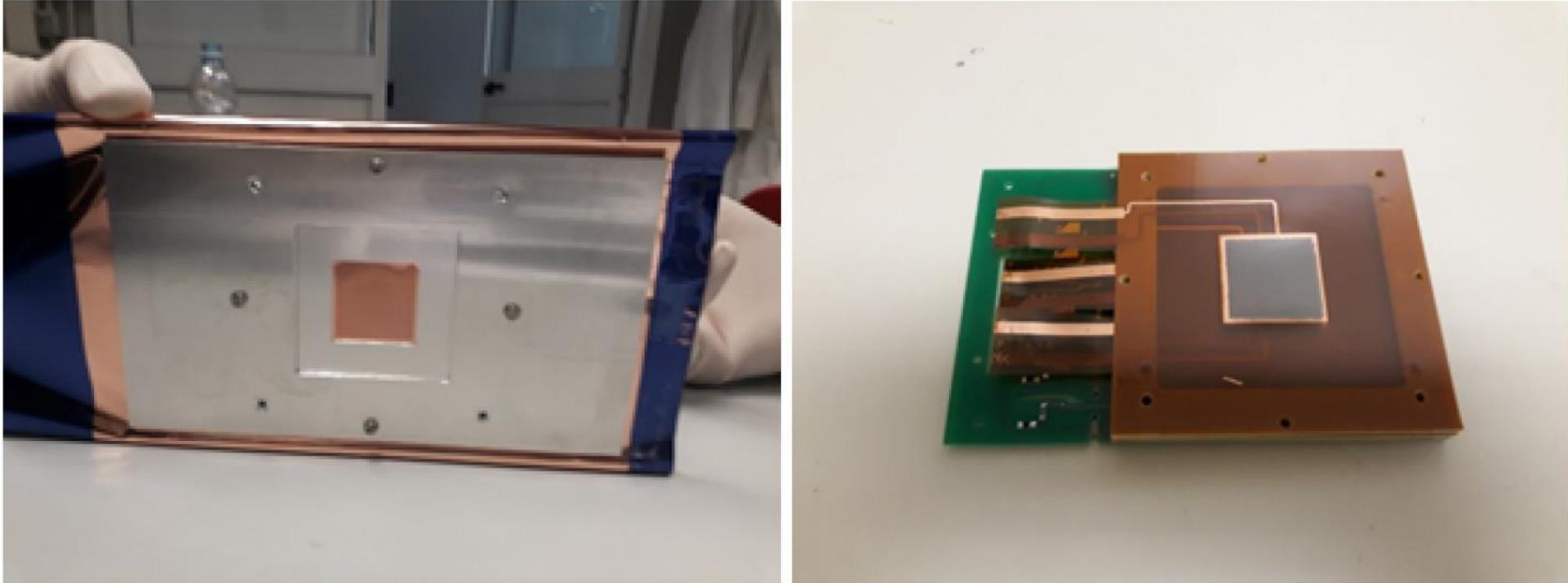


Fig. 1. On the left the GEMPix foil prepared with the aluminum mask before the Boron deposition. On the right the final assembling of the multi layer neutron converter with the electrode detail.

ATTIVITA' NEL 2020

HA PARTECIPATO ALLE MISURE PER TEST DI RIVELATORI COL FASCIO COLLIMATO DEL CANALE B

GEM BORATE

