

Misura della sezione d'urto inelastica dell'(anti)-Deutone con HMPID

Per incontro referee INFN-ALICE
20-21 luglio 2020

Giacinto De Cataldo, PL e responsabile nazionale ALICE-HMPID
INFN ,Bari, IT giacinto.de.cataldo@cern.ch ; giacinto.decataldo@ba.infn.it

In questo breve documento si descrive la misura di precisione della sezione d'urto inelastica dell'(anti)-Deutone col 2% di incertezza relativa nel range $0.2 \leq p < 2.2$ GeV/c, da farsi con due dei sette moduli Ring Imaging Cherenkov (RICH) del rivelatore High Momentum Particle Identification nell'esperimento ALICE.

La misura è stata proposta da Alberto Calivà del GSI, Darmstadt, D.

Il progetto è stato presentato ed approvato nel Physics Forum e dalla Technical Coordination dell'esperimento ALICE entrambi il 16 Dic 2019.

Qui si presentano ai referee INFN gli elementi essenziali del progetto, la precisione relativa della misura, la conferma della capacità HMPID a produrre spettri di adroni carichi nel range 1-5 GeV/c con i 5 moduli rimanenti, i documenti prodotti, e infine una stima preliminare dei tempi di installazione e dei costi.

<https://indico.cern.ch/event/870255/> presentaz. PF PWG-LF 16 dic 2019

<https://indico.cern.ch/event/870463/> presentaz. HMPID LS2 Plan 16 dic 2019

Contents

1. Motivazioni fisiche	2
2. Ruolo HMPID e strategia di trigger in Run3.....	2
La strategia di Trigger in Run3	4
3. assorbitori in Al	6
4. Costi e tempi.....	7
5. Riassunto	7
6. Bibliografia	7

1. Motivazioni fisiche

Una delle motivazioni per la misura di precisione della sezione d'urto inelastica dell'(anti)-deutone e in generale della produzione degli (anti)-nuclei leggeri, é la comprensione della sintesi di antinuclei nelle collisioni di ioni pesanti ad alta energia. Questo studio risulta utile anche per la fisica degli antinuclei nei raggi cosmici. Le collisioni di ioni pesanti, esempio Pb-Pb al LHC, sono l'ideale sia per questa misura che per comprendere l'interazione degli (anti)-nuclei con la materia circostante. E' interessante rimarcare che questo studio e' condotto anche con altri sistemi collidenti come p-Pb oppure pp ad alta molteplicita. [1,2]. La precisione statistica attesa di queste misure e':

- 6-10% nell'intervallo di momento $0.2 \leq p < 2.2$ GeV/c per collisioni pp a $\sqrt{s}=5.5$ TeV e p-Pb a $\sqrt{s} = 8.16$ TeV;
- 2-4% nell'intervallo $0.2 \leq p < 1.4$ GeV/c per sistema collidente Pb-Pb a $\sqrt{s_{NN}} = 5.5$ TeV.

Attualmente si usano valori di c.s. parametrizzati.

Infine la scoperta di fenomeni QGP-like in collisioni pp ad alta molteplicita', che tanto interesse hanno suscitato nella comunita' scientifica, potranno anche essere sfruttate per la stessa misura una volta che il programma ALICE per collisioni pp alta energia sara' definito. Lo stato attuale della proposta si trova in [3]. La precisione raggiungibile sarebbe 12-20% in pp a $\sqrt{s}=14$ TeV per $0.2 < p < 2.2$ GeV.

2. Ruolo HMPID e strategia di trigger in Run3

Il rivelatore HMPID installato in ALICE consiste di 7 moduli Ring Imaging Cherenkov (RICH) (Fig.1). Partecipa alla PID di π , K e p nell'intervallo di momento 1-5 GeV/c [4].

Per la misura della sezione d'urto inelastica dell'(anti)-deutone si propone l'installazione di due assorbitori di alluminio, $130 \times 130 \times 8$ cm³ davanti a due moduli RICH, il 2 e il 4, paralleli alla *beam pipe*. Il RICH4 ha solo un radiatore Cherenkov attivo, mentre gli altri due sono chiusi per perdite di C₆F₁₄. Il

RICH2 invece ha mostrato nel tempo una diminuzione della QE dello CsI. Per entrambi le rispettive MWPC sono perfettamente funzionanti, condizione necessaria alla misura. Inoltre questi due moduli sono sulla stessa linea orizzontale, condizione che facilita l'installazione delle infrastrutture e degli assorbitori (fig. 1).

Per i dettagli della misura si veda la proposta [2] sottomessa alla collaborazione ALICE. Di seguito vengono riportati solo alcuni elementi essenziali.

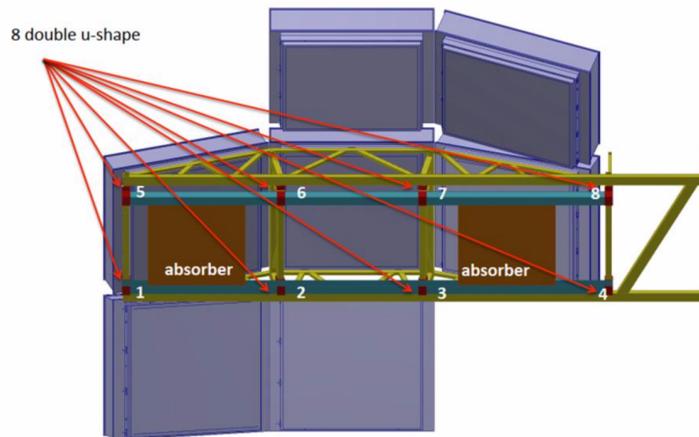


Fig. 1: Sketch of the proposed experimental setup for the (anti-)deuteron inelastic cross section.

Grazie ad un aumento di un fattore 7 della event read out rate di HMPID per Run3, (da 2KHz imposto da TPC durante Run2, a 15 KHz per Run3), la misura proposta non limiterà la capacità dell'HMPID a produrre gli spettri di adroni carichi. Infatti la riduzione di accettazione pari a 4 radiatori dei restanti 17 (24%) e' largamente compensata dall'aumento di acquisizione dati. Inoltre i due moduli erano ormai scarsamente efficienti per la PID ma con le MWPC perfettamente funzionanti.

Test results on RO FW 2

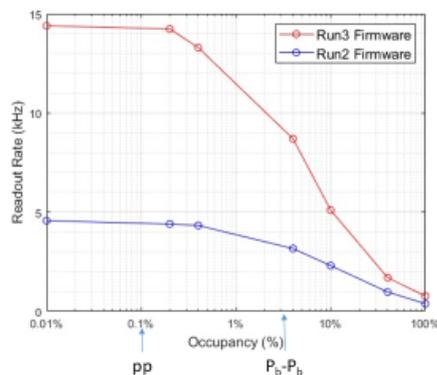


Fig. 2 Read out rate misurato col nuovo RO Firmware preparato per Run3. In corrispondenza delle occupancy attese in collisioni pp e Pb-Pb, la Readout rate risulta 15 e 8 KHz rispettivamente.

La identificazione degli (anti)-deuteri e' affidata alla dE/dx della TPC e al tempo di volo nel TOF. I secondari prodotti saranno invece rivelati nelle MWPC dei due moduli RICH.

La sezione d'urto sara' determinata misurando il numero di (anti)-deuteri che arrivano sugli assorbitori e che passano, rispetto agli eventi con soli secondari, senza (anti)-deutone primario. Dato il numero di deuteri $N_0(p)$ quelli che arrivano con momento p sull'assorbitore di spessore Δ_x , il numero degli (anti)-deuteri che attraversano l'assorbitore $N(p - \Delta_{p_{abs}})$, e' dato da:

$$N(p - \Delta_{p_{abs}}) = N_0(p) \exp \cdot (-\Delta x / \lambda_I(p_{int})), \quad \lambda_I(p_{int}) = \frac{M}{\rho N_A \sigma_I(p_{int})} \quad (1)$$

dove M e' la massa molare, ρ la densita' e N_A numero di Avogadro e $\sigma_I(p_{int})$ e' la sezione d'urto inelastica che si vuole misurare. In questa espressione il valore medio del momento dell'(anti)-deutone che attraversa l'assorbitore e il valore medio del momento all'interazione sono calcolati tramite simulazione [2]. La lunghezza di interazione adronica $\lambda_I(p_{int})$ di valore approssimato 16 cm per l'Alluminio, per particelle ad alto momento, e' misurata con una stima della sezione d'urto inelastica per (anti)-deutone [5], e le proprieta' dell'Alluminio sono prese dalla compilazione PDG [6].

La strategia di Trigger in Run3

A causa della pandemia COVID-19 il primo run Pb-Pb per ALICE si prevede sara' effettuato alla fine del 2022 anziche 2021. Inoltre ALICE in [3] descrive le motivazioni e un primo programma per presa dati anche in collisioni pp a $\sqrt{s}=14$ TeV.

Cio premesso, sulla base del programma ancora non definitivo, presentato dallo spokesperson nella ALICE Mini week del 6-10 Luglio 2020 (file:///C:/Users/gfoxtrot/Downloads/LM_ALICE_AW_JUL_2020.pdf), nella tabella riassuntiva Tab. 1 si riporta in funzione del tempo, l'incertezza relativa della misura della c.s. (anti)-deutone.

Si precisa che la sua determinazione non dipende dal sistema collidente o dall'energia delle collisioni ma dalla statistica degli eventi rivelati che dipende dal sistema collidente. Si puo' osservare che il 2022 con pp a $\sqrt{s}=5.5$ TeV si potra' fare una prima determinazione al 10% di incertezza. Gli eventi saranno tutti registrati e considerando una collision rate di 500 KHz, il dead time del detector 67 μ s, la effettiva acquisition rate del detector sara' 13 KHz. Alla fine dell'anno, col sistema collidente Pb-Pb a $\sqrt{s_{NN}}=5.5$ TeV, si raggiungera' un'incertezza relativa del 5%. A fine 2024 con 49gg di collisioni Pb-Pb a $\sqrt{s_{NN}}=5.5$ TeV, si raggiungera' il 2 % di incertezza, che rappresenta il goal della misura.

	pp HMPID N_{evts} /Beam energy (Duration d, DAQ rate/B) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}$	p-P _b (all recorded: a.r.)	P _b -P _b (all recorded)	Spectra With 5 RICH modules
2022	10 ⁹ MB 14TeV (1d, 13KHz, 0.5T) 2.8 10 ⁹ MB 5 TeV (5d a.r., 13KHz 0.5T) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}=10\%$		6.7 10 ⁹ 5.5 TeV (24d, 6.5KHz, 0.5 and 0.2 T) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}=5\%$	pp @14 and 5 TeV P _b -P _b @ 5.5 TeV
2023	10 ⁹ MB 14 TeV (1d 13 KHz, 0.5T) 2.8 10 ⁹ MB 8 TeV (5d a.r., 13 KHz, 0.5T) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}=10\%$	10 ⁹ MB, 8TeV (2d, 0.2T?) 1.8 10 ⁸ HM, 8TeV (26d, 13 KHz 0.2T?) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}=10\%$		pp @ 14 and 8 TeV p-P _b @ 8 TeV
2024	10 ⁹ MB 14 TeV 1d, 13KHz, 0.5T) 2.8 10 ⁹ MB 5TeV (5d a.r., 13 KHz, 0.5T) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}=10\%$		1.2 10 ¹⁰ 5.5 TeV (49d, 6.5KHz, 0.5 and 0.2 T) Rel. inc. $\sigma_{\text{inel}}^{\overline{2H}}=2\%$	pp @14 and 5 TeV P _b -P _b @ 5.5 TeV

Tab. 1. Programma di presa dati con i diversi sistemi collidenti durante il periodo 2022-2024 e calcolo incertezza relativa sulla misura della sezione d'urto inelastica dell'(anti)-deutone.

Nell'ultima colonna si osserva che con i restanti 5 RICH, sin dal 2020, con le collisioni pp sara' possibile effettuare gli spettri di adroni carichi in tutte le condizioni sperimentali del programma poiche' per ognuno sono sufficienti 5 10⁷ MB eventi.

Durante Run 3, per limitare la carica accumulata sui fotocatodi delle MWPC a valori dell'ordine di 0.2-0.3 mC/cm² (dove non si osservano effetti di invecchiamento del CsI e conseguente riduzione del numero fotoni Cherenkov) [7] si intende limitare la presa dati al tempo necessario al raggiungimento di 5 10⁷ MB eventi. Per emempio nel 2022 bastera' prendere dati in coincidenza con la TPC per un totale di 1 gg (ne sono previsti 171gg) . In questo periodo il sistema di purificazione del radiatore liquido Cherenkov C₆F₁₄ sara' in ricircolo, mentre per il resto resterebbe in stagnante. Con pp a $\sqrt{s}=5$ TeV e Pb-Pb a $\sqrt{s_{NN}}=5.5$ TeV, il sistema di purificazione sara' sempre in modalita ricircolo. Con questo accorgimento si risparmiera' anche sulle perdite del C₆F₁₄, gas a effetto serra, perdite che nei due modi sono rispettivamente di 1.3 l/giorno e 0.5 l/g.

La statistica attesa in Pb-Pb permette di produrre spettri di adroni carichi anche in funzione della centralita'.

Resta cosi' confermato il compito di HMPID a partecipare alla PID di esperimento, producendo gli spettri di adroni carichi alle diverse energie e campo magnetico, previsti per i differenti sistemi collidenti.

Inoltre gia' il 2022 la statistica di $\sim 7 \cdot 10^9$ MB eventi in Pb-Pb dovrebbe permettere di estendere lo spettro del deutone fino ai 10 GeV/c, mentre quello del Trizio e del ^3He fino a 7 GeV/c. [8]

3. assorbitori in Al

Gli assorbitori hanno dimensioni di $130 \times 130 \times 8 \text{ cm}^3$ e peso di 365 Kg ognuno. La loro installazione e' stata presentata e approvata dalla *Technical Coordination*.

Un sistema di binari (paralleli alla beam pipe) permettera prima l'inserimento dell'assorbitore nel magnete, poi il sollevamento fino ad un secondo sistema di binari (fig.1 e fig. 3), e infine l'inserimento fino a posizione finale degli stessi. Tre ispezioni sono state effettuate con foto (fig. 3) e si e' constatato che fra TOF e HMPID c'e' spazio per due persone che potranno seguire e controllare l'inserimento degli assorbitori.

Ad oggi 9 luglio 2020, l'officina meccanica di Heidelberg ha gia' prodotto e installato un prototipo di binario a lunghezza limitata per una verifica preliminare.

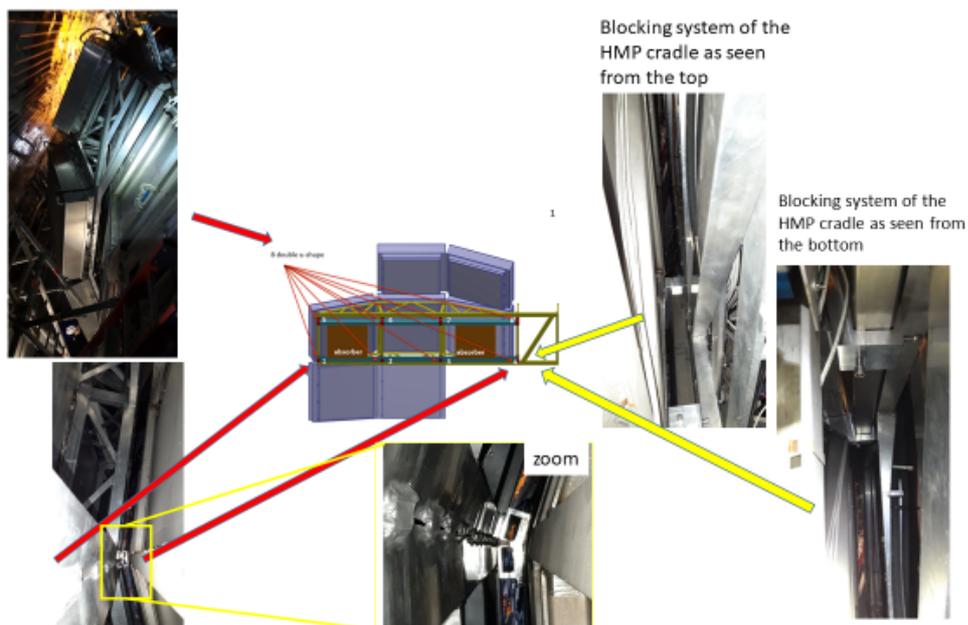


Fig. 3 Corrispondenza di foto di osservazione e i punti nel disegno CAD

4. Costi e tempi

I costi per la produzione delle infrastrutture e della installazione sono previsti dell'ordine di 20 KE da ripartire a meta' fra Gsi-Heidelber e INFN.

I tempi:

- a) Entro fine settembre 2020 preparazione in Heidelberg degli assorbitori e dei binari;
- b) Nell'ipotesi di riapertura totale del CERN entro fine Settembre, installazione degli assorbitori entro fine 2020.

5. Riassunto

Il progetto propone durante Run3 una misura con precisione relativa del 2% della sezione d'urto inelastica dell'(anti)-deutone nell'intervallo di momento $0.2 < p < 2.2$ GeV/c. Fino ad ora nel range proposto esistono solo parametrizzazioni. Due assorbitori di alluminio $130 \times 130 \times 8$ cm³ sarebbero installati d'avanti a due moduli (su sette) dell'HMPID. Una prima determinazione con incertezza del 5% sara disponibile fine 2022 mentre la determinazione al 2% la si otterra alla fine dei run HI poiche quelli sono i piu efficienti nella produzione degli (anti)-deutoni.

Il costo dell'installazione e' stato stimato intorno a 20 Keuro da ripartire a meta fra GSI-Heidelberg e INFN.

L'installazione degli assorbitori , COVID19 permettendo, dovrebbe cominciare alla riapertura del CERN, fine Settembre 2020, per completarsi entro Dicembre 2020.

6. Bibliografia

- [1] Based mainly on arXiv:1910.14401, arXiv:2003.03184 and arxiv:2004.08018.
- [2] A. Caliva' et al, ALICE-ANA-DEC 18, 2019
<https://alice-notes.web.cern.ch/node/1015>
- [3] H. Appelhouser et al, Physics motivations for a high energy pp programme in ALICE after LS2; ALICE-ANAxix- May 14 ,2020.
- [4] HMPID TDR, CERN/LHCC 98-19 ALICE TDR 1, 14 August 1998.
- [5] ALICE Collaboration, I. Vorobyev, "Constraining anti-deuteron inelastic interaction cross-section via anti-deuteron to deuteron ratio in p-Pb collisions at 5.02 TeV,". "<https://alice-notes.web.cern.ch/node/887>".
- [6]http://pdg.lbl.gov/2018/AtomicNuclearProperties/HTML/aluminum_Al.html
- [7] G De Cataldo, Performance of the High Momentum Particle Identification detector of ALICE during the LHC run period 2015-2016; NIM A (2017)
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2017.01.037>
- [8] HMPID internal document: HMPID contributions to the ALICE physics program in Run-3.