

20.07.05 - P. Lenisa  
Università and INFN -Ferrara

## Lettera d'Intenti ESPERIMENTO "SMILE"

### **Premessa: la proposta PAX**

Il potenziale degli esperimenti realizzabili con un fascio immagazzinato di antiprotoni polarizzati ad alta energia è enorme. L'elenco include la determinazione della trasversità - la polarizzazione traversa dei quarks all'interno di un protone trasversalmente polarizzato - che costituisce l'elemento mancante a livello di leading-twist della descrizione della struttura partonica del nucleone. La trasversità può essere misurata direttamente solo tramite produzione Drell-Yan di leptoni in collisione antiprotone-protone doppio polarizzate. Senza la misura di trasversità, la tomografia dello spin del nucleo rimarrebbe incompleta. Altri elementi di grande importanza nella descrizione del protone tramite la QCD perturbativa sono la determinazione della fase dei fattori di forma del protone nella regione timelike e le collisioni forti protone-antiprotone. Tale ambizioso programma di fisica può essere realizzato con gli antiprotoni polarizzati immagazzinati nell'anello di accumulazione HESR della Facility FAIR presso il GSI a Darmstadt in Germania.

La collaborazione **PAX** (Polarized Antiproton eXperiment) ha espresso le proposte menzionate nel Technical Proposal [1] recentemente sottomesso al progetto FAIR. Tali esperimenti non sono al momento prevedibili in alcun'altra Facility.

## **Esperimento SMILE**

### **Gruppi Partecipanti**

#### **Dubna Russia, Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, Joint Institute for Nuclear Research**

Sergey Dymov, Natela Kadagidze, Vladimir Komarov, Anatoly Kulikov, Vladimir Kurbatov, Vladimir Leontiev, Gogi Macharashvili, Igor Meshkov, Sergey Merzliakov, Valeri Serdjuk, Sergey Trusov, Yuri Uzikov, Alexander Volkov and Nikolai Zhuravlev

#### **Erlangen Germany, Physikalisches Institut, Universität Erlangen**

Wolfgang Eyrich, Andro Kacharava, Bernard Krauss, Albert Lehmann, Davide Reggiani, Klaus Rith, Ralf Seidel, Erharhd Steffens, Friedrich Stinzing, Phil Tait and Sergey Yaschenko

#### **Ferrara Italy, Università and INFN**

Carmen Bonomo, Marco Capiluppi, Giuseppe Ciullo, Marco Contalbrigo, Alessandro Drago, Francesca Giordano, Paola Ferretti-Dalpiaz, Paolo Lenisa, Luciano Pappalardo, Giulio Stancari, Michelle Stancari and Marco Statera

#### **Gatchina Russia, Petersburg Nuclear Physics Institute**

Sergey Barsov, Stanislav Belostoski, Oleg Grebenyuk; Kirill Grigoriev, Anton Izotov, Anton Jgoun, Peter Kravtsov, Sergey Mananekov, Maxim Mikirtytchians, Sergey Mikirtytchians, Oleg Miklukho, Yuri Naryshkin, Alexander Vassiliev and Andrey Zhdanov

#### **Jülich Germany, Forschungszentrum Jülich, Institute für Kernphysik**

David Chiladze, Ralf Gebel, Ralf Engels, Olaf Felden, Johann Haidenbauer, Christoph Hanhardt, Michael Hartmann, Irakli Keshelashvili, Siegfried Krewald, Andreas Lehrach, Bernd Lorentz, Sigfried Martin, Ulf-G. Meissner, Nikolai Nikolaev, Dieter Prashun, Frank Rathmann, Ralf Schleihert, Hellmut Seyfarth, Alexander Sibirtsev and Hans Ströher

#### **Novosibirsk Russia, Budker Institute for Nuclear Physics**

Yuri Shatunov

#### **Tbilisi Georgia, Institute of High Energy Physics and Informatization, Tbilisi State University**

Badri Chiladze, Nodar Lomidze, Alexander Machavariani, Mikheil Nioradze, Tariel Sakhelashvili, Mirian Tabidze and Igor Trekov

## **Yerevan Armenia, Yerevan Physics Institute**

Norair Akopov, Robert Avagyan, Albert Avetisyan, Zaven Hakopov, Hrachia Marukyan and Sargis Taroian

### **Proposta**

Gli obiettivi legati dalla proposta PAX per l'immediato futuro (4 anni) riguardano principalmente lo studio del processo di filtraggio in spin attraverso il quale verranno prodotti gli antiprotoni polarizzati. A questo scopo, nell'ambito della collaborazione PAX, si propone l'esperimento **SMILE (Spin Measurements in Interactions at Low Energy)** avente come scopo la realizzazione di esperimenti di filtraggio in spin in anelli di accumulazione.

La fisica del processo di buildup di polarizzazione tramite interazione in un bersaglio interno polarizzato in un anello di accumulazione presenta una serie di peculiarità che sono assenti negli esperimenti convenzionali di scattering (ad esempio lo scattering all'interno del fascio di particelle del bersaglio). Esperimenti di filtraggio in spin con protoni realizzati presso l'anello COSY del FZJ a Jülich potranno migliorare sensibilmente la comprensione di tali processi, estendendo e completando le misure effettuate presso l'anello TSR [2]. Per quanto riguarda gli antiprotoni, manca completamente una base sperimentale di polarizzazione del fascio e risulta pertanto necessaria l'effettuazione di studi di filtraggio in spin utilizzando un fascio di antiprotoni, e.g. presso l'anello AD al CERN. Solo una volta in possesso di dati sperimentali, sarà possibile finalizzare il disegno dell'anello polarizzatore per gli antiprotoni APR (Antiproton Polarizer Ring) contenuto nella proposta PAX.

Con la presente Lettera d'Intenti si propongono i seguenti esperimenti:

- 1) Esperimento di filtraggio in spin con protoni a COSY (FZJ-Jülich)
- 2) Esperimento di filtraggio in spin con antiprotoni presso AD (CERN).

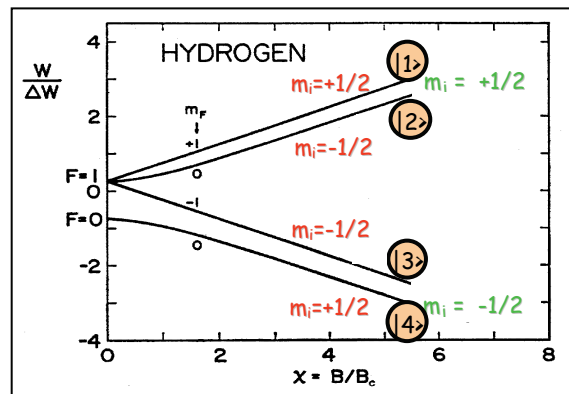
### **1) Esperimento di filtraggio in spin con protoni a COSY**

#### **Introduzione**

Il core della proposta PAX è il processo di spin-filtering di un fascio di protoni immagazzinato tramite passaggio multiplo attraverso un bersaglio interno polarizzato. Il funzionamento della tecnica di filtraggio in spin è stato convincentemente dimostrato nell'esperimento FILTEX presso il TSR [2]: per un fascio di protoni a 23 MeV è stato raggiunto un rate di polarizzazione trasversale pari a  $dP_B/dt = 0.0124 \pm 0.0006$  per ora con un bersaglio interno di idrogeno polarizzato di densità areale pari a  $6 \times 10^{13}$  atomi/cm<sup>2</sup>. L'interazione di spin che origina il buildup di polarizzazione nel caso di protoni incidenti su un bersaglio gassoso di idrogeno polarizzato e' nota [3,4]. Recenti analisi [5] hanno

però evidenziato che l'attuale comprensione ed interpretazione quantitativa del risultato dell'esperimento FILTEX potrebbe non essere completa. Addizionali misure di spin-filtering si rendono necessarie per provare la presente comprensione del processo di filtraggio in spin.

Onde facilitare la comprensione delle misure da effettuare ci permettiamo di richiamare brevemente la struttura iperfine dell'atomo di idrogeno (Figura 1). Il livello fondamentale dell'atomo di idrogeno ha 4 stati iperfini. Gli stati  $|1\rangle = |m_J=+\frac{1}{2}, m_I=+\frac{1}{2}\rangle$  e  $|3\rangle = |-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle$  sono definiti stati puri e presentano una polarizzazione nucleare ed elettronica del 100 % indipendente dal campo magnetico applicato. Gli stati  $|2\rangle = \cos\theta \cdot |+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle + \sin\theta \cdot |-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}\rangle$  e  $|4\rangle = \cos\theta \cdot |-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}\rangle - \sin\theta \cdot |+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle$  sono invece stati misti ed il loro grado di polarizzazione dipende dal campo esterno applicato tramite  $\theta=f(B/B_c)$ , dove  $B_c$  è il campo critico che per l'idrogeno vale  $B_c = 507 \text{ G}$ . In corrispondenza di un campo magnetico esterno nullo gli stati misti mostrano polarizzazione sia elettronica che nucleare nulla ( $\theta=\pi/4$ ). Ne consegue che in presenza di un campo magnetico di guida debole rispetto a  $B_c$  (regione di Zeeman) solo gli stati puri possono essere utilizzati per generare un bersaglio polarizzato che in questo caso mostra sia polarizzazione elettronica che nucleare. In presenza di un campo forte invece (regione di Paschen-Bach) tutti gli stati risultano polarizzati ( $\theta=0$ ) ed è possibile utilizzare opportune combinazioni di stati in modo da generare una polarizzazione elettronica pura o nucleare pura come verrà descritto nel seguito.



**FIGURA 1:** Struttura iperfine dell'atomo di idrogeno in funzione del campo esterno applicato (diagramma di Breit-Rabi).

### a) Utilizzo del bersaglio di ANKE in campo magnetico debole.

Il primo set di misure presso l'anello COSY sarà effettuato utilizzando il bersaglio interno polarizzato dell'esperimento ANKE che è in fase di commissionamento. Il campo magnetico del bersaglio polarizzato di ANKE è fornito dal fringe field del campo magnetico dello spettrometro dell'esperimento stesso. L'intensità del fringe field varia da 10 G a 100 G per momenti del fascio

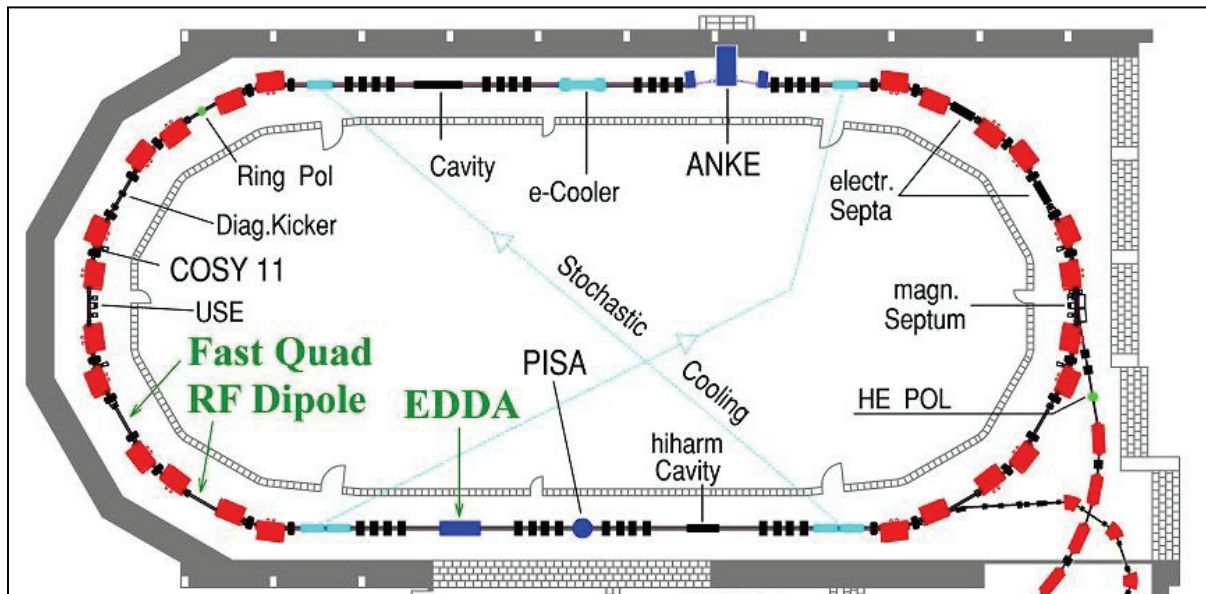
di protoni attorno al valore di interesse di 300 MeV/c e risulta trasversale rispetto al momento del fascio. Confrontato con il campo critico dell'atomo di idrogeno  $B_c = 507 \text{ G}$ , questo campo risulta debole. La situazione è analoga a quella dell'esperimento FILTEX. La presenza di un campo di guida debole prevede una presa dati con i soli stati puri ( $|1\rangle$ ,  $|3\rangle$ ) e quindi con la contemporanea presenza di polarizzazione sia elettronica che nucleare del bersaglio. Un tale esperimento con il bersaglio di ANKE risulta utile perché apporterà misure indipendenti a quella dell'esperimento FILTEX al TSR. In particolare l'esperimento sarà condotto variando in modo sistematico energia del fascio ed angoli di accettazione dell'anello. L'esperimento farà uso di un fascio iniziale intenso di protoni non polarizzati (da  $10^{10}$  a  $10^{11}$  protoni) orbitanti nell'anello ed interagenti con un bersaglio polarizzato di densità areale attorno ai  $10^{13} - 10^{14}$  atomi/cm<sup>2</sup>. Onde raggiungere tale densità è previsto l'uso di una cella di accumulazione. La polarizzazione del fascio può venire misurata in funzione del tempo di interazione utilizzando le asimmetrie di singolo e doppio spin nelle collisioni pp elastico misurate da un rivelatore telescopico di silicio (già esistente) posto in prossimità del bersaglio. Il buildup di polarizzazione per unità di tempo potrà essere interpretato usando un'analisi di onde parziali (PWA), disponibile tramite i databases SAID and Nijmegen.

## **b) Utilizzo del bersaglio di HERMES in campo magnetico forte.**

Onde disaccoppiare l'effetto sul buildup degli elettroni polarizzati da quello dei protoni polarizzati, entrambi presenti nel caso di iniezione di un singolo stato iperfine, bisogna operare il bersaglio polarizzato di idrogeno in un campo magnetico di guida forte intorno ai 3 kG. In tale condizione, iniettando nella cella due stati iperfini con spin elettronico up, cioè gli stati  $|1\rangle + |2\rangle$ , si ottiene bersaglio polarizzato solo elettronicamente con una polarizzazione nucleare praticamente nulla. L'iniezione simultanea di stati  $|1\rangle + |4\rangle$ , o  $|2\rangle + |3\rangle$  porta invece all'ottenimento di un bersaglio nuclearmente polarizzato con polarizzazione elettronica nulla. L'iniezione alternata di stati  $|3\rangle = |-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle$  e  $|4\rangle = |-\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}\rangle$  consente di cambiare il segno della polarizzazione nucleare lasciando inalterato il campo magnetico di guida.

Un possibile problema potrebbe essere costituito dall'effetto del campo di guida forte sul fascio di protoni circolante. Onde evitare la deflessione del fascio di basso momento (300 MeV/c), da parte del campo di guida, bisogna che campo di guida e momento risultino paralleli, cioè che la polarizzazione del bersaglio risulti longitudinale. In questo caso, l'interazione dipendente dallo spin, che rimuove particelle parallele o antiparallele alla direzione di polarizzazione del bersaglio, origina una polarizzazione del fascio longitudinale. Questo rende necessario che la chiusura della orbita di spin in corrispondenza del bersaglio punti anch'essa nella direzione longitudinale. Tale operazione può essere

garantita dall'inserimento di un Siberian snake nella sezione retta di COSY opposta a quella del bersaglio.



**FIGURA 2.** L'anello COSY presso il FZJ di Juelich in Germania. Nella sezione retta in alto si nota la locazione dell'esperimento ANKE nel quale verrà installato il bersaglio polarizzato che sarà utilizzato nelle misure di buildup trasverso. Il bersaglio di HERMES verrà installato nella sezione retta inferiore dove attualmente si trova l'esperimento PISA che è in fase di decommissionamento.

Per quanto riguarda il bersaglio longitudinale stesso, ci si propone di spostare il bersaglio interno polarizzato dell'esperimento HERMES a COSY e di installarlo nella sezione rettilinea opposta all'electron cooler. Il bersaglio di HERMES è equipaggiato da un collaudato polarimetro (Breit-Rabi Polarimeter) che è in grado di misurare la popolazione degli stati iperfini degli atomi estratti dal bersaglio. Da questa misura è possibile ottenere sia la polarizzazione elettronica che quella nucleare del bersaglio. Il necessario campo forte longitudinale di mantenimento può essere realizzato tramite il magnete longitudinale utilizzato dall'esperimento HERMES dal 1996 al 2000.

La misura della polarizzazione del fascio dopo il filtraggio potrà essere effettuata utilizzando lo spettrometro dell'esperimento ANKE equipaggiato con una cluster-jet target di idrogeno non polarizzato. Spegnendo adiabaticamente il Siberian snake, la polarizzazione del fascio in ogni punto attorno all'orbita del fascio ruota nella direzione verticale e la polarizzazione del fascio può essere misurata ad ANKE con l'asimmetria sinistra-destra nelle collisioni elastiche protone-protone.

	Stati in.	$P_e$	$P_z$	Misura
Fase a)	$ 1\rangle$	+1	+1	Elm. & adron.
	$ 3\rangle$	-1	-1	"
Fase b)	$ 1\rangle+ 2\rangle$	+1	0	Elm.
	$ 1\rangle+ 4\rangle$	0	-1	Adron.
	$ 2\rangle+ 3\rangle$	0	+1	"
	$ 3\rangle$	-1	-1	Elm. & adron.
	$ 4\rangle$	-1	+1	"

**TAVOLA I.** Riassunto delle misure previste a COSY nelle due fasi della sperimentazione. Nella colonna misura sono indicate i tipi di interazione che sarà possibile studiare.

## 2) Esperimenti di filtraggio in spin con antiprotoni presso l'anello AD al CERN.

Importanza fondamentale nella determinazione dei parametri finali dell'anello polarizzatore sarà rivestita dall'estensione dei tests di filtraggio in spin anche al caso di antiprotoni. Tale test potrà verosimilmente essere effettuato nell'anello AD al CERN. E' al momento in preparazione una Lettera d'Intenti che verrà sottomessa nel prossimo ottobre. La misura comporterà lo sviluppo di un rivelatore, che dovrà essere in grado di misurare la polarizzazione del fascio dopo il processo di filtering sia per polarizzazione trasversa che longitudinale. Nel caso di polarizzazione longitudinale, sarà richiesta anche l'installazione di un Siberian snake nell'anello AD.

Gli esperimenti di buildup con antiprotoni saranno mirati alla determinazione della sezione d'urto di buildup efficace. A questo scopo, sarà necessaria la conoscenza della polarizzazione del bersaglio e della sua densità nonché della frequenza dell'orbita nell'anello. La misura della sezione d'urto efficace di polarizzazione può essere ottenuta a partire dal rapporto  $dP_B/dt$  direttamente misurato. La densità del bersaglio può essere ottenuta per decelerazione del fascio una volta spento l'electron cooling, come mostrato in Ref. [6]. In alternativa si può utilizzare i conteggi nel polarimetro stesso in congiunzione con la sezione d'urto differenziale di scattering antiprotoni-protone, misurata e.g. a LEAR [7].

Fondamentale sarà lo sviluppo di un polarimetro che permetta di misurare in modo efficiente la polarizzazione. A questo scopo è possibile utilizzare misure di analyzing power in scattering elastico protone-antiprotoni [7]. Tuttavia, è anche possibile pensare di misurare direttamente un analyzing power dalle collisioni tra un *fascio* di antiprotoni *non polarizzato* ed il *bersaglio* di protoni *polarizzato*. Nella fase successiva si potrà utilizzare questo analyzing power nello studio delle collisioni tra un *fascio* di antiprotoni *polarizzato* incidente su un *bersaglio non*

*polarizzato*, per ricavare, attraverso invarianza di CPT, la polarizzazione del fascio di antiprotoni.

Si fa notare che la sezione d'urto di buildup efficace che ci si propone di misurare in funzione dell'energia del fascio incidente ed in funzione dell'accettanza dell'anello, costituisce un modo estremamente conveniente di estrarre informazioni sulla dipendenza dallo spin dell'interazione protone-antiprotone. Infatti per ottenere la stessa informazione, sarebbe necessario misurare la completa distribuzione angolare di vari parametri di correlazione in spin e, in aggiunta, parametri di depolarizzazione e di spin-transfer.

La polarizzazione del fascio raggiunta dopo il filtraggio in spin tramite un bersaglio longitudinalmente polarizzato può essere misurata spegnendo adiabaticamente il Siberian snake, in modo tale da dover misurare unicamente asimmetrie sinistra-destra. Si noti anche che utilizzando un bersaglio interno polarizzato in corrispondenza del polarimetro diventa possibile la misura del parametro di correlazione di spin longitudinale  $A_{zz}$ . Una volta che questo parametro sia stato determinato per le energie del fascio di interesse, la polarizzazione longitudinale può essere determinata direttamente.

## **Bibliografia**

- [1] *Antiproton-Proton Scattering Experiments with Polarization*, Technical Proposal for the HESR at FAIR, Jülich (2005), Spokespersons: P. Lenisa and F. Rathmann. e-Print Archive: hep-ex/0505054.
- [2] F. Rathmann *et al.*, Phys. Rev. Lett. **71**, 1379 (1993).
- [3] H. O. Meyer, Phys. Rev. E **50** 1485 (1994)
- [4] C. J. Horowitz and H. O. Meyer, Phys. Rev. Lett. **72** 3981 (1994)
- [5] A.I. Milstein and V.M. Strakhovenko, e-Print Archive: physics/0504183 (2005).
- [6] K. Zapfe *et al.*, Nucl. Instrum and Meth. **A368**, 293 (1996).
- [7] E. Klempt *et al.*, Physics Reports **368**, 119 (2002).



## **TIME SCHEDULE ESPERIMENTO "SMILE"**

- 2006**      *Misure a COSY con bersaglio ANKE*
- Trasferimento ed adattamento bersaglio HERMES*
- Studi preparatori esperimento ad AD*
- polarimetro
  - lattice della macchina
  - bersaglio
  - snake
  - e-cool
- 2007**      *Misure a COSY con bersaglio HERMES*
- Preparazione esperimento AD*
- 2008**      *Commissioning e misure esperimento AD*
- 2009**      *Misure ad AD*

## MANPOWER

I gruppi che parteciperanno alle misure presentate hanno competenze tali da garantire una copertura esauriente delle diverse problematiche che dovranno essere affrontate. In particolare i gruppi di Ferrara, Erlangen, Jülich e Gatchina hanno comprovata ed eccellente esperienza nel campo dei bersagli polarizzati. Il FZJ di Jülich vanta un'esperienza pluriennale nel campo dei rivelatori al silicio ed inoltre, insieme al gruppo di Y. Shatunov, di Novosibirsk, costituisce una tra le maggiori competenze mondiali nel campo della polarizzazione negli anelli di accumulazione. Il gruppo di Igor Meshkov di Dubna ha esperienza di eccellenza nel campo del raffreddamento elettronico. Tale esperienza potrebbe essere richiesta nell'esperimento ad AD.

Si prevede la seguente suddivisione dei compiti:

### 1) Esperimento di flitraggio in spin con protoni a COSY.

Installazione e gestione Bersaglio

Polarizzato: Ferrara, Erlangen, Jülich, Gatchina

Polarimetro del fascio: Jülich

Disegno e realizzazione

Siberian snake: Novosibirsk, Jülich

### 2) Esperimento di filtraggio in spin con antiprotoni presso l'anello AD del CERN.

Disegno e realizzazione

Siberian snake: Novosibirsk, Jülich

Disegno, simulazioni e realizzazione

rivelatore silicio Jülich, HEPI-Tbilisi, YPI-Yerevan

Sistema acquisizione dati: Jülich, Dubna

Adattamento e-cooler: Dubna

Bersaglio polarizzato: Ferrara, Erlangen, Jülich,

### **Contributo italiano agli esperimenti al COSY.**

Il gruppo di Ferrara, e' attualmente coinvolto nell'esperimento HERMES dove detiene la responsabilità della gestione del bersaglio interno polarizzato. Tale bersaglio verrà decommissionato alla fine del 2005. E' quindi possibile prevedere un riorientamento del manpower sull'esperimento SMILE

Il gruppo di Ferrara parteciperà alle misure a basso campo magnetico di contenimento con il bersaglio di ANKE. In visione di tale partecipazione il gruppo di Ferrara è formalmente entrato a fare parte della collaborazione ANKE.

Il gruppo di Ferrara si occuperà inoltre dell'adattamento ed installazione del bersaglio di HERMES a COSY per le misure di buildup con campo magnetico di contenimento forte. Tale operazione richiederà l'adattamento della camera di scattering longitudinale di HERMES ed il relativo magnete solenoide superconduttore alle esigenze del nuovo esperimento. La fase di installazione del bersaglio richiederà dedicati periodi di trasferta a COSY. In tali periodi andrà organizzato in modo opportuno anche il sistema di controllo remoto e presa dati del bersaglio. Il gruppo di Ferrara si farà carico, in collaborazione con quello di Jülich, della produzione delle celle di accumulazione per il bersaglio.

### **Contributo italiano agli esperimenti ad AD.**

L'impegno italiano nella Collaborazione per quanto concerne gli esperimenti al CERN, sarà delineato contemporaneamente alla definizione della proposta di esperimento che verrà presentata ad Ottobre. Risulta in questo momento prematura ogni considerazione prima che il progetto venga definito nei dettagli. E' ragionevole prevedere sicuramente un impegno nel commissioning del bersaglio.

### **Composizione attuale del gruppo di Ferrara**

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| - Sergej Atutov          | senior visiting scientist |
| - Carmen Bonomo          | dottorando                |
| - Marco Capiluppi        | dottorando                |
| - Giuseppe Ciullo        | ric. Univ.                |
| - Marco Contalbrigo      | ric. INFN                 |
| - Paola Dalpiaz Ferretti | prof ord.                 |
| - Francesca Giordano     | dottorando                |
| - Paolo Lenisa           | ric univ                  |
| - Luciano Pappalardo     | dottorando                |
| - Giulio Stancari        | ric. INFN                 |
| - Michelle Stancari      | post doc                  |
| - Marco Statera          | dottorando                |
| - Meng Wang              | senior visiting scientist |

**Manpower dedicato all'esperimento SMILE per il quadriennio 2006-2009.**

	2006		2007		2008		2009	
	HERMES	SMILE	HERMES	SMILE	HERMES	SMILE	HERMES	SMILE
C. Bonomo	100	-	50	50				
M. Capiluppi	-	100						
G. Ciullo	70	30	50	50	-	100	-	100
M. Contalbrigo	50	50	50	50	30	70	20	80
P. Dalpiaz	70	30	50	50	30	70	20	80
P. Lenisa	30	70	30	70	-	100	-	100
L. Pappalardo	100	-	50	50				
M. Statera	70	30						

## Richieste PAX - SMILE 2006

### Hardware:

- Trasporto ed adattamento bersaglio HERMES a COSY		
<i>Trasporto e facchinaggio</i>		10 kEuro
<i>Consumo</i>		20 kEuro
- Produzione cella		
<i>Consumo</i>		20 kEuro
- Gestione bersaglio		
<i>Consumo</i>		10 kEuro
<hr/>		
<i>Totale consumo:</i>		<i>50 kEuro</i>
<i>Totale trasporto:</i>		<i>10 kEuro</i>

### Manpower:

-Trasferte a COSY per installazione e gestione bersaglio		
<i>Missioni estero</i>	8 mesi uomo	60 kEuro
- Partecipazione meetings		
- PAX Collaboration		
<i>Missioni estero</i>	1 mese uomo	8 kEuro
- progettazione rivelatore AD		
<i>Missioni estero</i>	1 mese uomo	8 kEuro
<hr/>		
<i>Totale missioni estero:</i>		<i>76 kEuro</i>