

QUPLAS

QUantum interferometry and gravitation with
Positrons and LASers

Status Report



QUPLAS

Physics with positrons
(single particle mode)

QUPLAS-0
(completed)

QUPLAS-Microwave

QUPLAS-AB

Gravitational Physics
with Positronium

QUPLAS-Gravitation

QUPLAS-I:
demonstration of
Ps interferometry

QUPLAS-II:
measurement of g
with Ps interferometry

Inside INFN

Milano: F. Castelli (0.4), M. Giammarchi (0.6), M. Romé (0.2), G. Maero (0.2), **F. Triggiani** (1)

LASA: A. Bacci, I. Drebot, M. Rossetti-Conti (in prospettiva)

Como: **M. Bayo** (0.6), R. Ferragut (0.6)

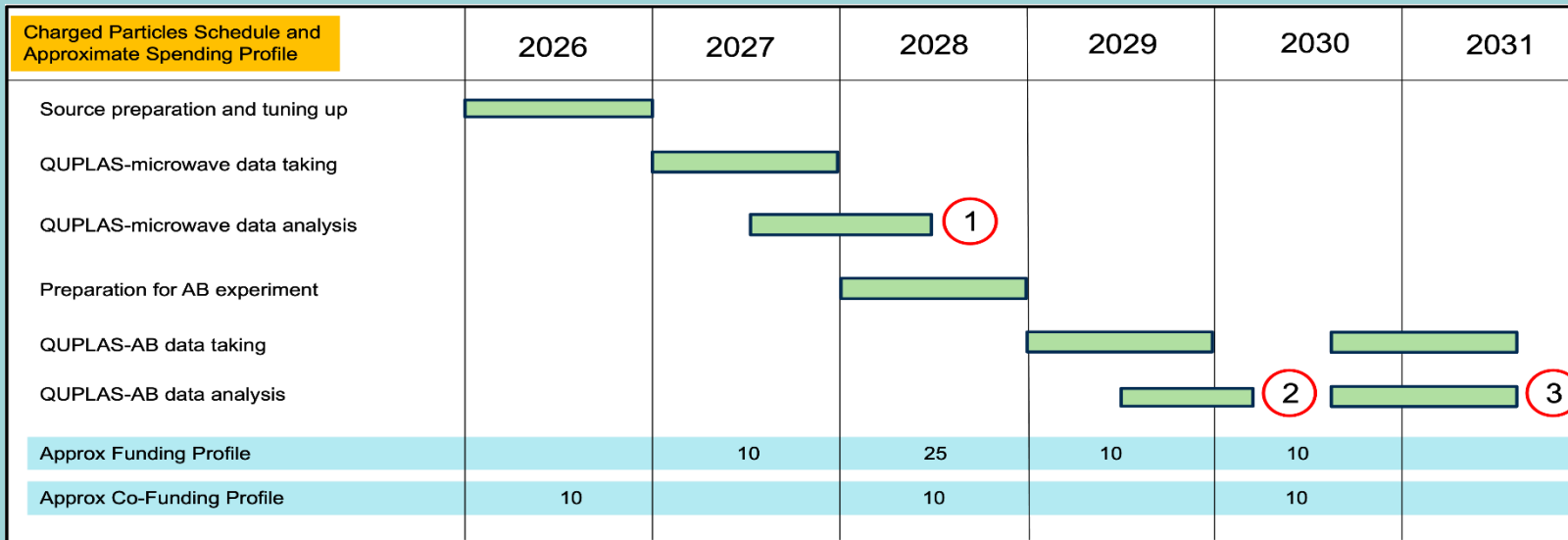
Firenze: G. Tino (0.3), L. Salvi (0.2), G. Rosi (0.2), M. Beleggia (0.2), S. Frabboni (0.2)

Brescia: L. Venturelli (0.1), **futuro giovane** (0.4)

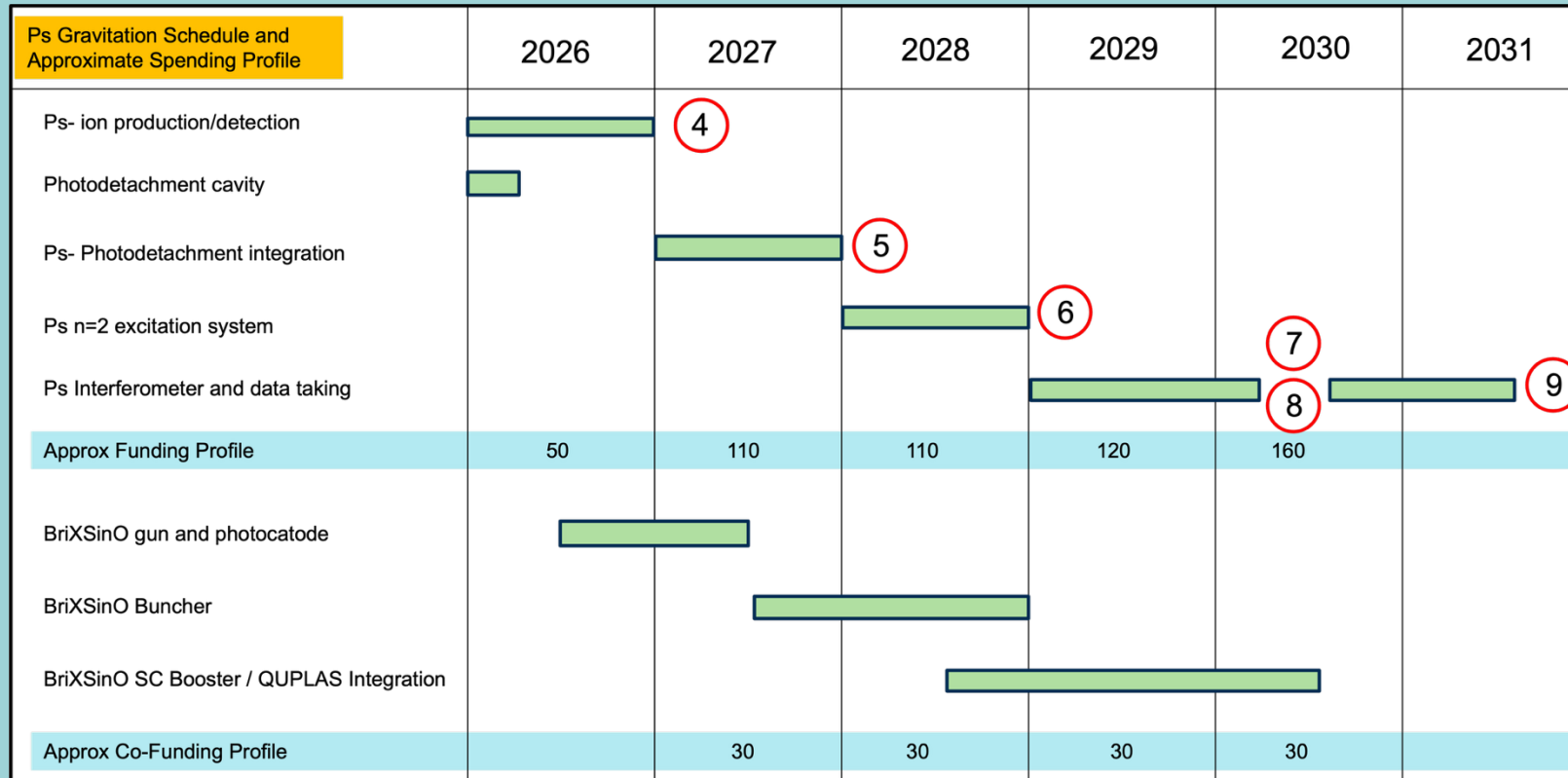
Outside INFN: Napoli, Gran Sasso, Tohu University (Japan), UNIMORE

4.8 INFN
FTE

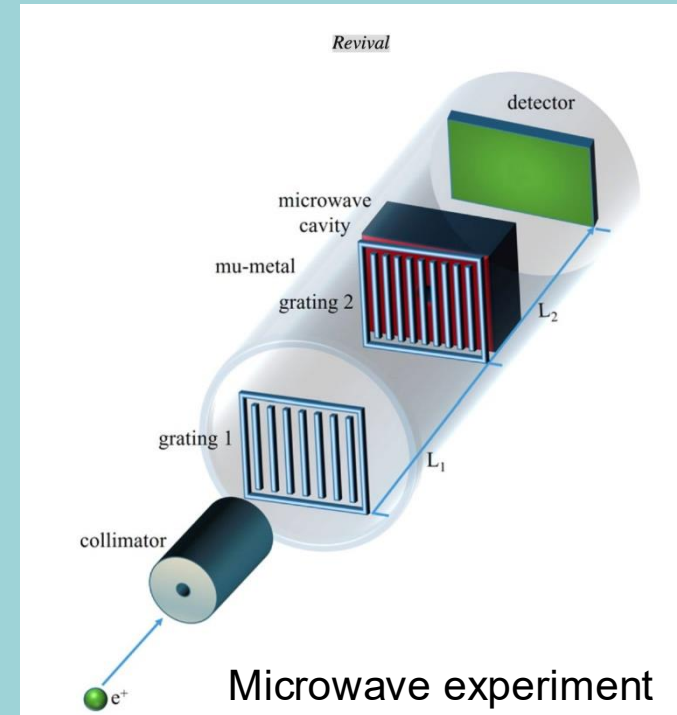
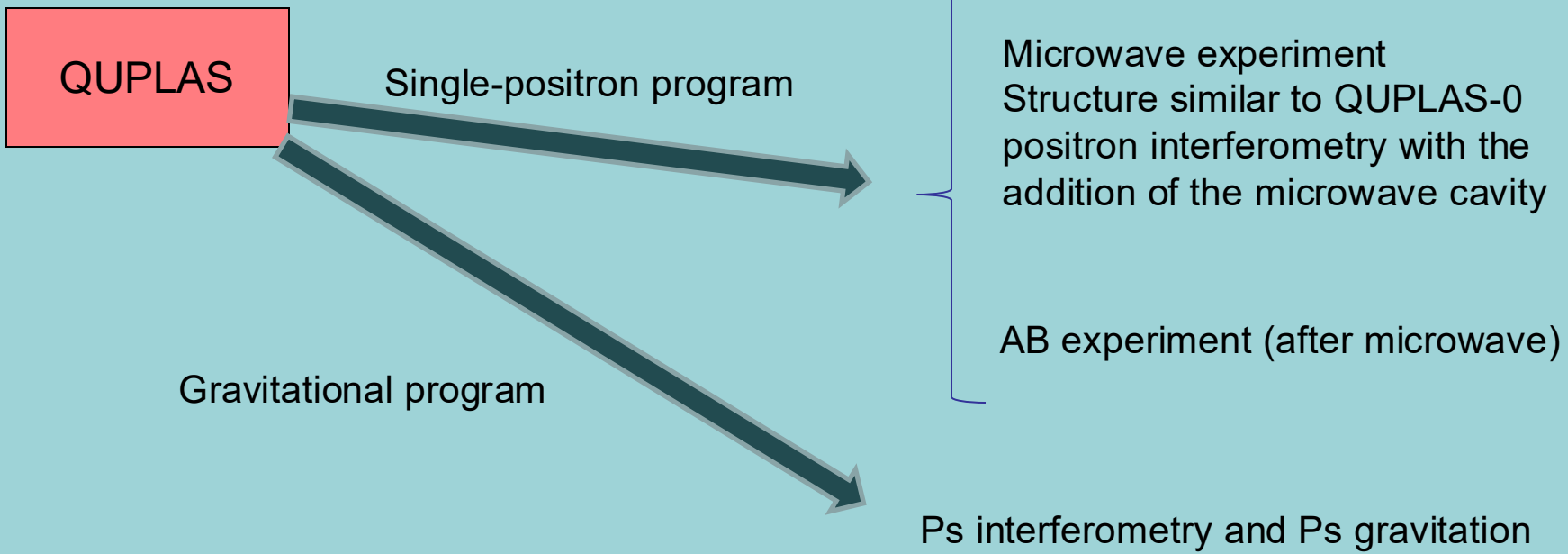
2 non- INFN FTE



- 1) Microwave experiment
- 2) Aharonov-Bohm demonstration
- 3) Aharonov-Bohm high statistics



- 4) Ps ion production
- 5) Ps ion photodetachment
- 6) Ps n=2 excitation demonstration
- 7) Operation of the Interferometer
- 8) Ps interference demonstration
- 9) Measurement of g with Ps



Development in the direction of QUPLAS- single positron

Physics with (single) positrons:

- Microwave experiment
- Aharonov-Bohm with positrons experiment

Ready to run but requires the new Na-22 source (timetable?)

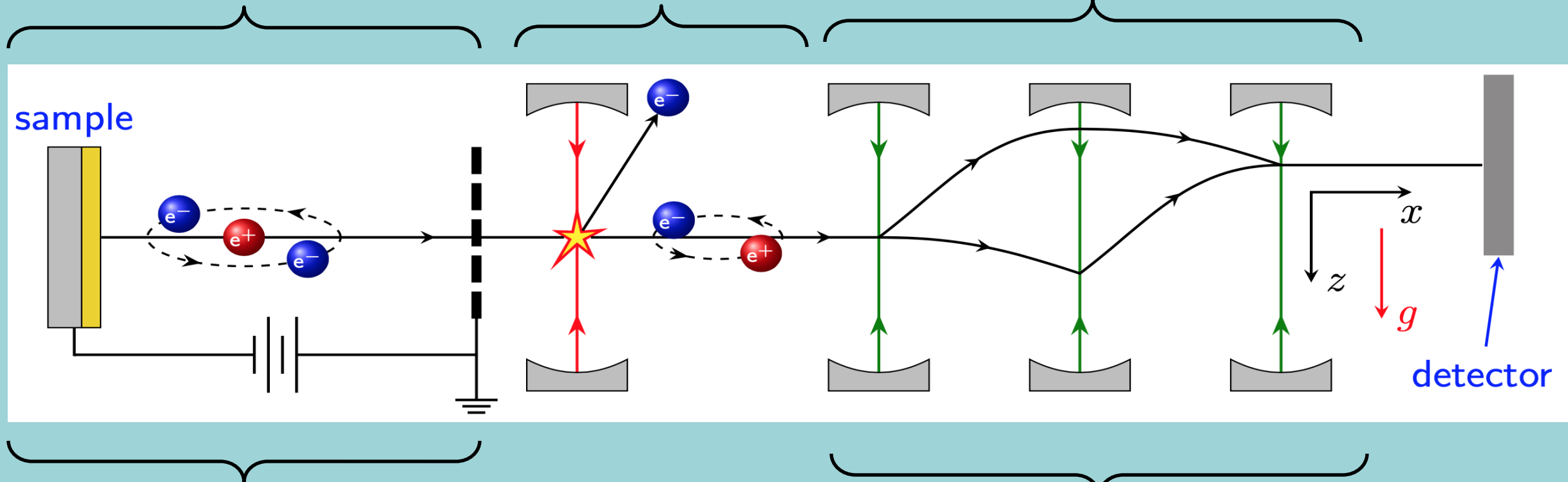
Development in the direction of QUPLAS-Gravitation

Schematics for g measurement with positronium
(not all elements shown)

Ps⁻ formation and

Photodetachment

Mach-Zehnder interferometer



M. Sacerdoti et al., Nucl. Instr. & Methods A 1071 (2025) 170068.

G. Vinelli et al., Classical and Quantum Gravity 40 (2023) 205024.

In development in Como

In development in Firenze

Milestones 2025

- Studio per la Produzione di Ps- (31 Dicembre 2025, realizzata al 80%)
- Fondi per isolatore approvati (12 kEuro), cofinanziati da Firenze (3 kEuro) per arrivare a 15 kEuro
- Raggiungimento potenza finale della cavità photodetachment (31 Dicembre 2025, realizzata 80%)

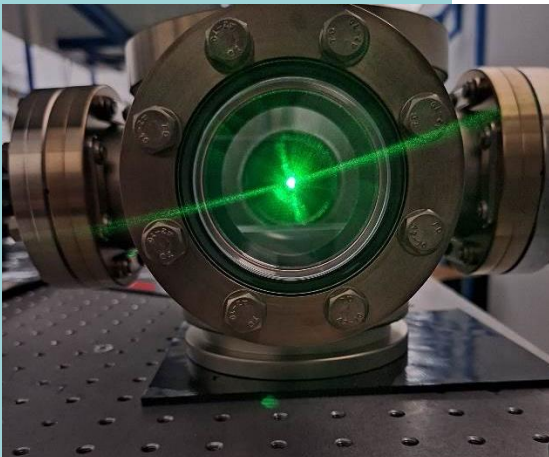
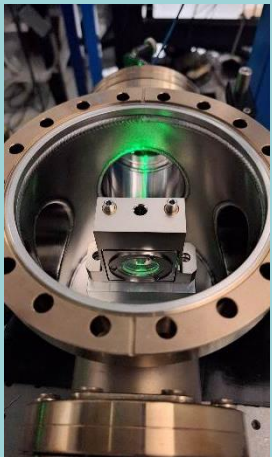
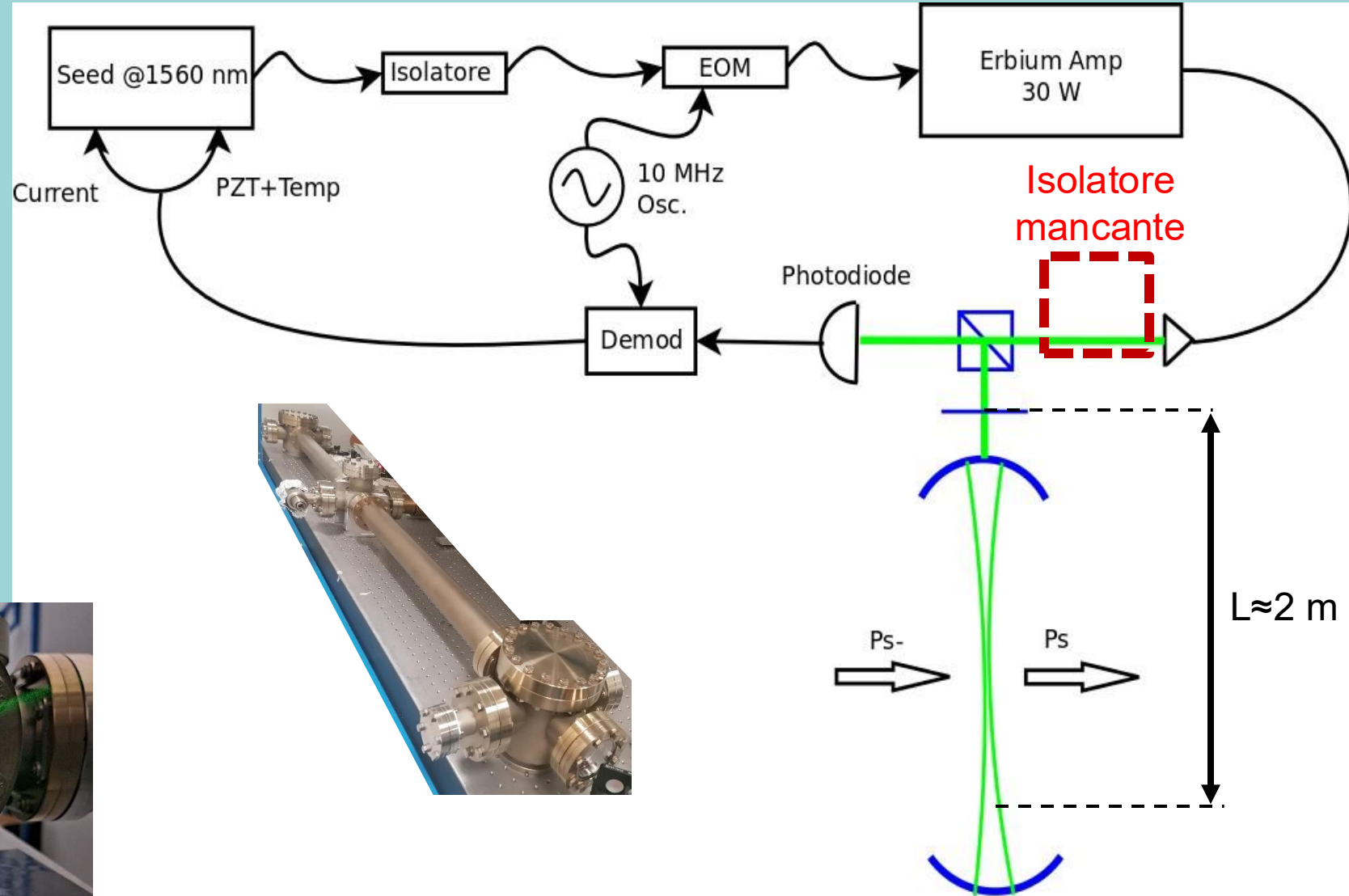
Laser system for photodetachment realized and tested in Firenze

Laser

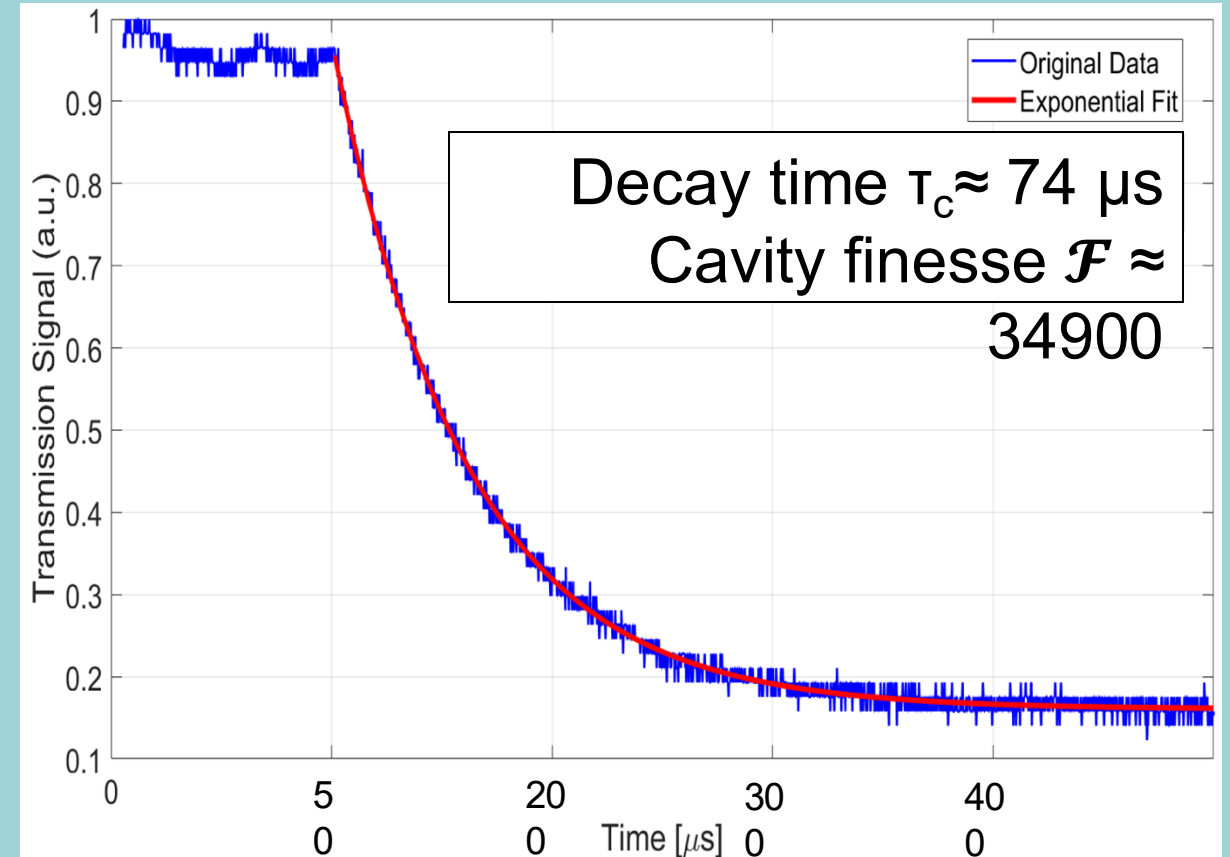
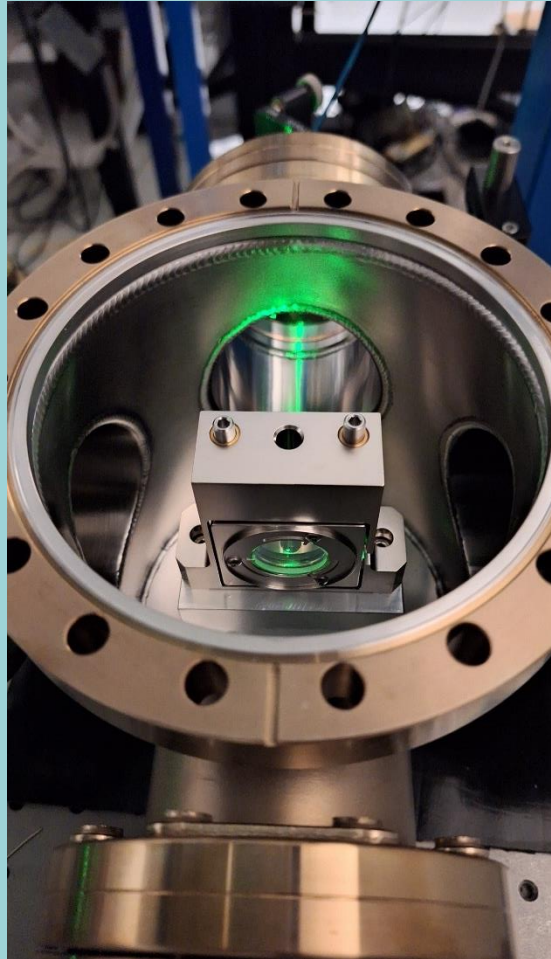
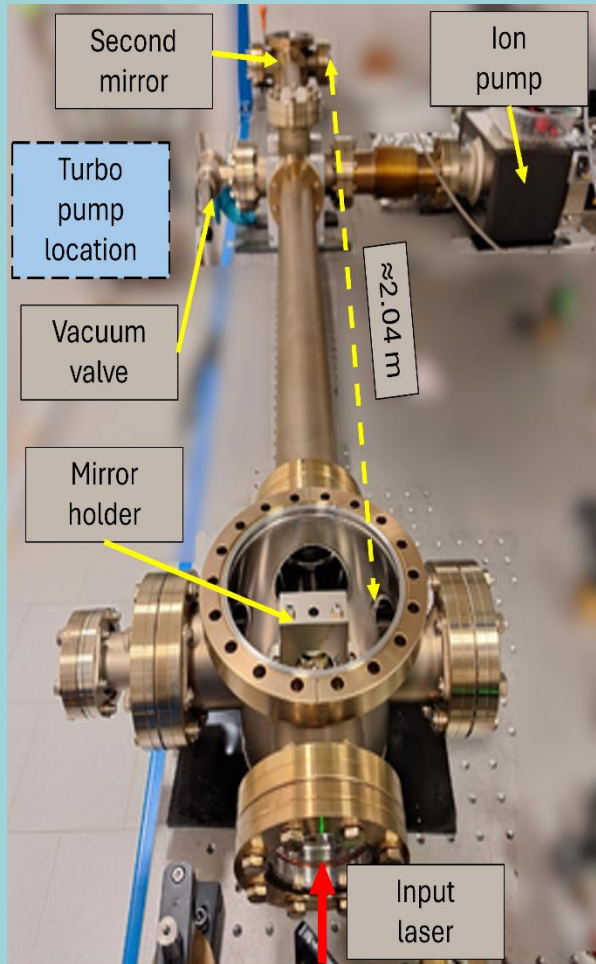
-) 1560 nm
-) 30-35 W amp power

Cavity

-) Confocal Fabry Perot
-) ~2 m long
-) 37000 finesse
-) **200 kW** circulating power
-) SiO₂ mirrors

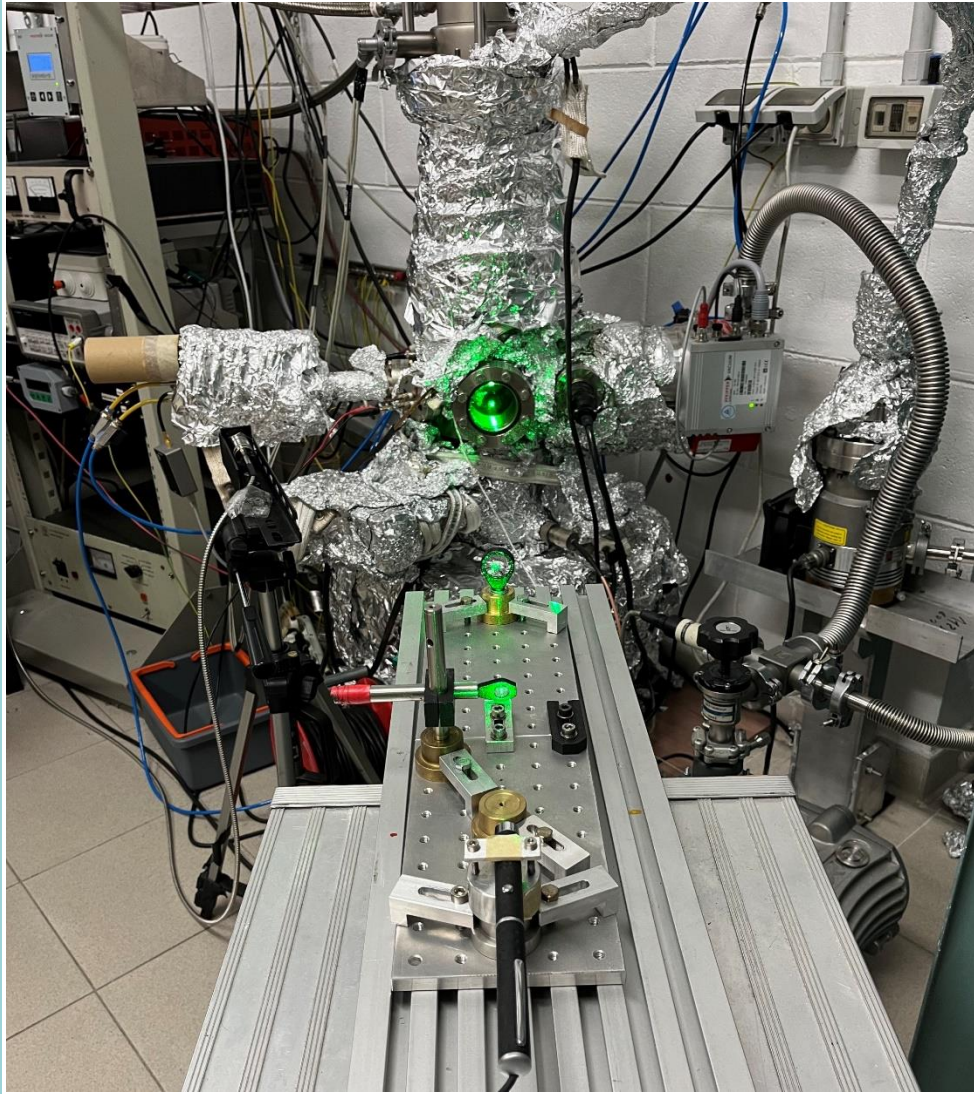


Photodetachment: test della cavità in vuoto



Potenza ottenuta: 60 kW
(isolatore provvisorio)

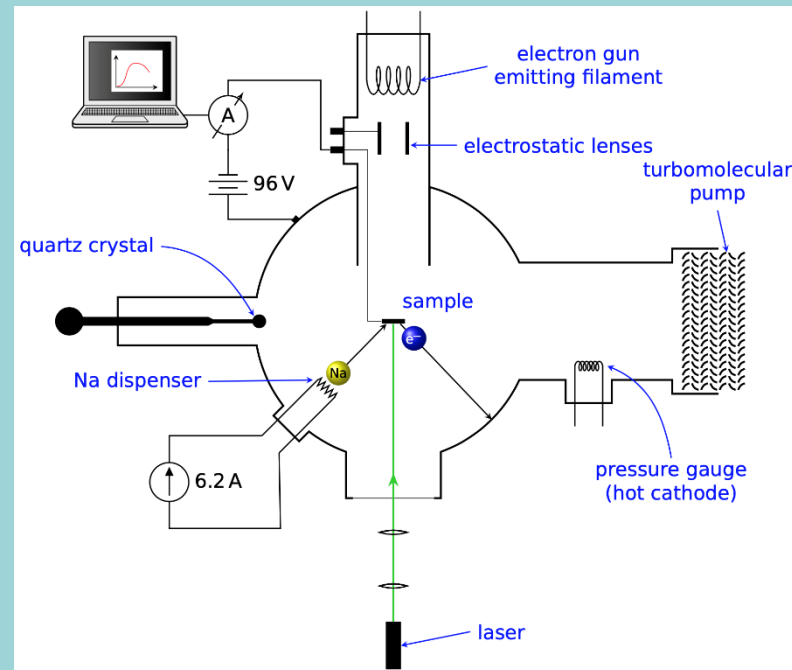
Ps- formation and acceleration tests (photoelectric effect)



Camera Calloni equipped with the Na deposition system

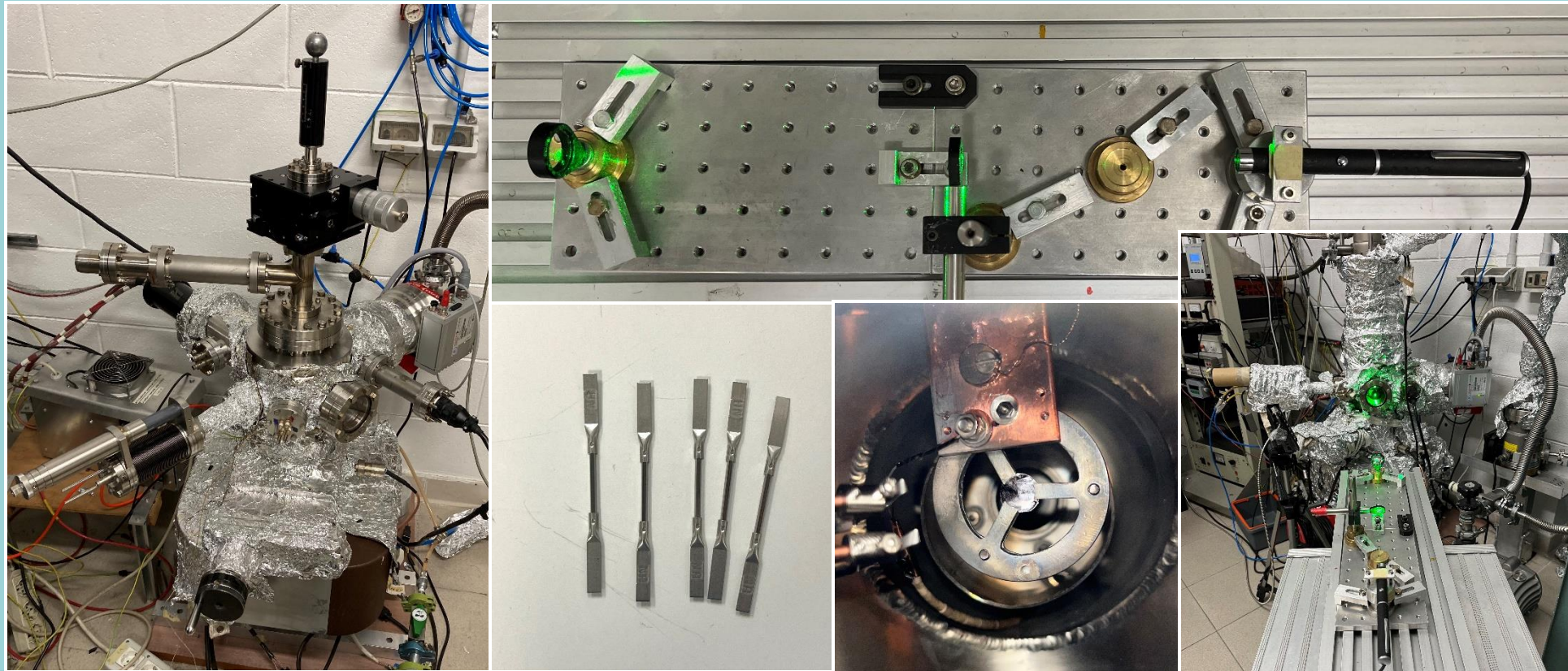
532 nm laser (provided by the Firenze group)

Enhancement of photoelectric effect with Na-deposition on Tungsten



Photoelectric effect was used as an analog process of Ps- formation from a surface, where the availability of «free» electrons is critical

Experimental setup

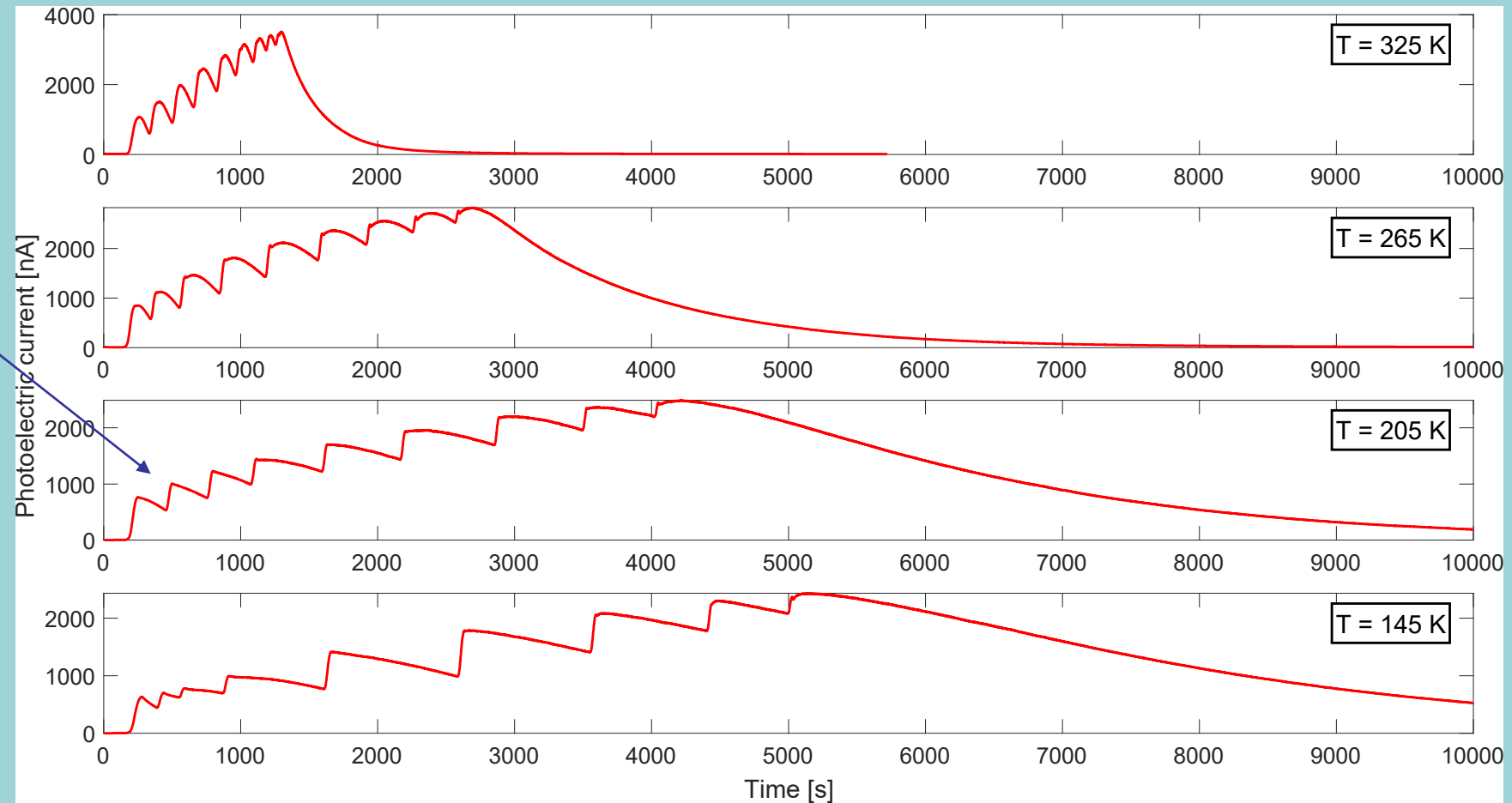


Photoelectric Current as a function of the various Na-deposition steps

- Measurements performed at different temperatures

Na-deposition steps

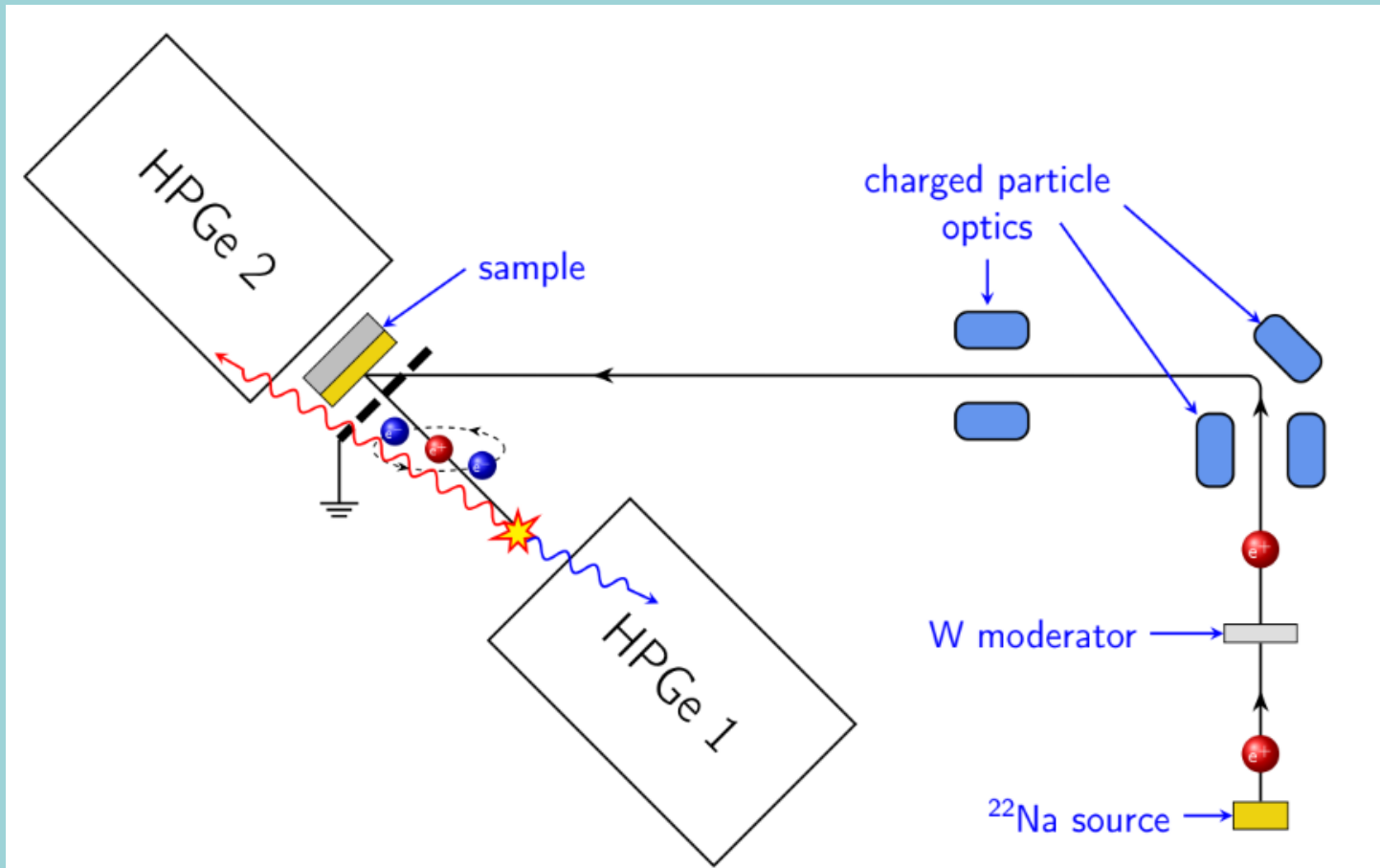
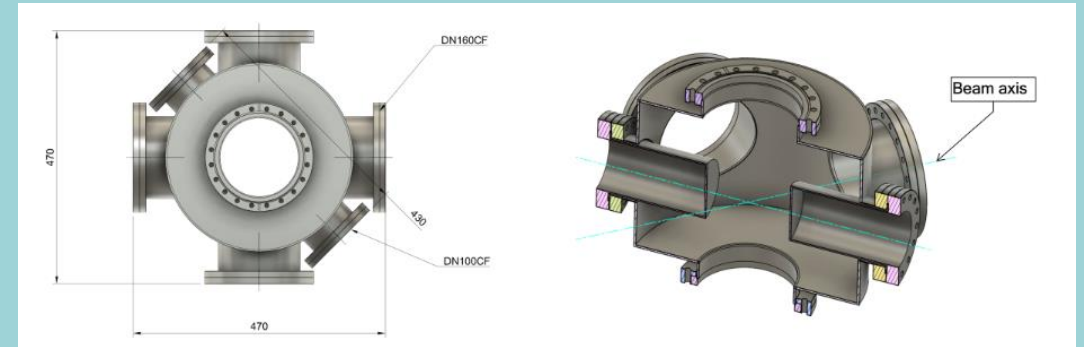
- Short annealing at 2100 K for 6 minutes before each measurement



- Demonstrated optimization of photoelectric effect by Na-deposition
- Now to move to Ps- production... and for that need the full detection system (MCP,CCD)

QUPLAS 2026 Program:

- 1) Ps- production (MILESTONE?)
- 2) Setup of the laser for photodetachment



Milestones:

- 1) Produzione di Ps⁻
- 2) Trasporto e installazione laser a Como

Status

Firenze

Cavità di photodetachment funzionante

Finesse 34,900

Potenza raggiunta 65 kW

Potenza di design 200 kW

Manca isolatore per sicurezza

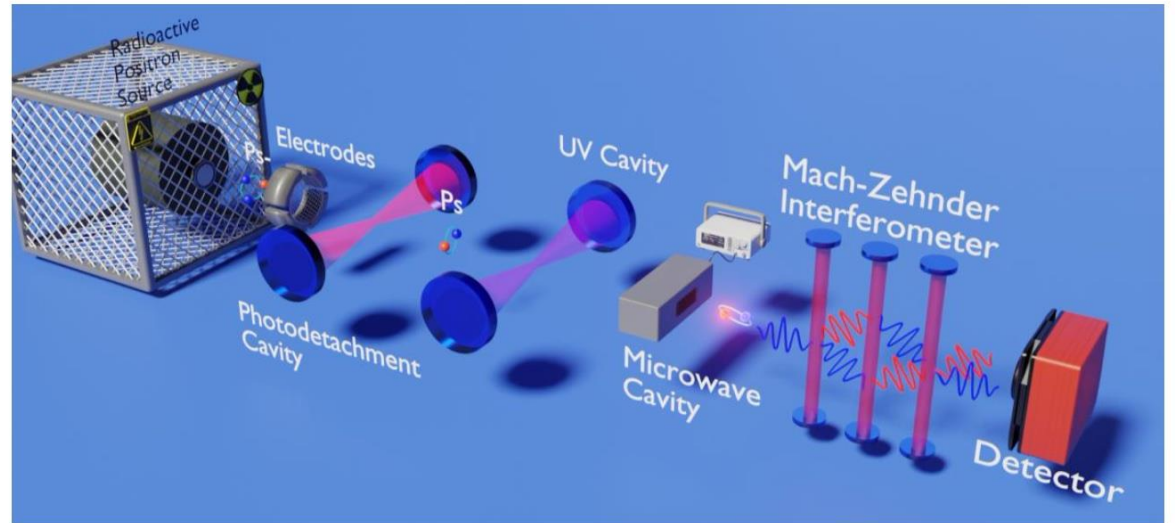


Figure 1: Schematic diagram of the experimental setup showing the above mentioned high-power (200 kW) enhancement cavity for photodetachment of the positronium negative ion and the large momentum transfer Mach-Zehnder interferometer.

Como

Studio della fotoemissione

Deposizione di Na-monolayers

Lavoro su effetto fotoelettrico

The positron source

An improvement in the flow of the positron beam could constitute an important improvement

Possibly from source-based technology to accelerators!

	Source or HBTF2 (first phase of BriXSinO Injector)	Commercial Accelerator	BriXSinO Injector
QUPLAS-Microwave	Yes	-	-
QUPLAS-AB	Yes	-	-
QUPLAS-Gravitation QUPLAS-I	Yes	Yes	Yes
QUPLAS-Gravitation QUPLAS-II	Yes (1 y integration time)	Yes	Yes

LASA bunker construction for BriXSinO and other LASA activities (May 2025)



- It appears that the HB2TF (already financed) first phase of the BriXSinO Injector could already give a «source-class» kind of experiment (to be confirmed)
- Clear interest of INFN in the LASA development
- Interest in the LASA people to join QUPLAS (A. Bacci, M. Rossetti-Conti, I. Drebot)

CRONACA

Dal Mur 34 milioni all'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

I fondi serviranno a finanziare il centro del Gran Sasso, Lasa e AI Factory

BT

Redazione

11 maggio 2025 15:13

Condividi

Papers

- M. Giammarchi, *The Observation of Antimatter Quantum Interference*
Annales de la Fondation Louis de Broglie 48 (2024) 1.
- M. Sacerdoti, V. Toso, G. Vinelli, M. Bayo, G. Rosi, L. Salvi, G.M. Tino, M. Giammarchi, R. Ferragut
Monte Carlo simulations towards the formation of a positronium coherent beam
Nuclear Instruments & Methods A 1071 (2025) 170068.

Conferences

- M. Giammarchi, *Antimatter Gravitation and positronium*, XXIII Int. Conf. on New Frontiers in Physics, Settembre 2024
- M. Bayo, A. Galanti, R. Ferragut, Positron Studies of Defects 2024, PSD-24, Como, Italia
- M. Giammarchi, *The QUPLAS Ps gravitation experiment* CPT2025 Workshop on Spacetime Symmetries, Indiana University (USA) May 2025
- R. Ferragut, *Toward the first Gravitational Test of Elementary Particles*, Int. Conference on Positron Annihilation (ICPA-20) Takamatsu Japan, June 2025

Students

- A. Galanti (Politecnico) Master Graduation in 2025

Attività e risultati 2021-25

- Installazione e montaggio esperimento QUPLAS-Microonde
- Finalizzazione del progetto per la produzione di Ps- (design di dettaglio)
- Finalizzazione del progetto per l'interferometro LMT (design)
- Finalizzazione del progetto per l'esperimento QUPLAS-Aharonov Bohm
- Installazione della Camera Calloni per la produzione di Ps-
- Installazione della cavità di photodetachment a Firenze
- Misure di caratterizzazione effetto fotoelettrico nella Camera Calloni
- Accoppiamento della cavità di photodetachment a bassa potenza
- Accoppiamento e funzionamento della cavità ad alta finesse e medio-alta potenza

QUPLAS 2025

Richieste per il 2026

Missioni

Milano 4 kE: Viaggi a Firenze
(3 viaggi per collaboratori 1 kEuro)
(3 viaggi e soggiorni per la PostDoc per 3 kEuro)

Firenze 10 kE: installazione laser a Como
(Soggiorno di 2 collaboratori per installazione 4 kEuro)
(Soggiorno di 2 collaboratori per collaudi 4 kEuro)
(Soggiorno per presa dati 2 kEuro)

Trasporti

Firenze 2 kE: Trasporto laser a Como
(trasporto laser fotodetachment)

Apparati (tot = 51 kE)

Milano 38 kE:

13 kE (CCD)
22 kE 1 digitizer
1 kE Ottica di presa dati
2 kE contributo cartucce

Firenze 13 kE: 2 Traslatori verticali

Consumi (tot = 4 kE)

Milano 4 kE:

2 kE (service amplificatori)
2 kE (guarnizioni e materiale da vuoto)

Offerte QUPLAS

Spett.le
INFN (sezione Milano) Via Celoria 16 Milano
C. Attn: Rafael Ferragut

Oggetto: **offerta n. 225120 B**

Voce	Q.tà	P/N	Descrizione	Prezzo Unitario
				
				
1	1		pco.panda 4.2 USB Back Illuminated 2048x2048 pixel, monochrome, back- illuminated, rolling shutter, USB 3.1 interface; Incl.: C- Mount lens adapter, USB 3.1 PCIe board (2x Type-C sockets), 2m USB cable (Type-C) Remote installation on request included Shipping included	9.950,00
3	1		Spese di sedizione e assicurazione preso la vostra sede	includere
Documentazione tecnica: www.galvoline.it				

Note:

La Crisel Instruments cura la distribuzione, la commercializzazione e l'assistenza post-vendita in Italia, secondo la certificazione ISO9001:2008.

Garanzia:

12 mesi

Condizioni di fornitura:

Garanzia:	vedere sopra
Resa:	vedere ultima voce
Installazione e collaudo:	a Vs. cura, entro 15 gg dalla data di consegna
Consegna:	2-6 settimane ARO
Validità Offerta:	30 gg

10 000 Eur + Iva = 12 200 Eur
(Al prezzo di maggio 2025)

Include trasporto
Non include inflazione

Totale: 13 000 Eur

Digitizer and control



Costruzioni Apparecchiature Elettroniche Nucleari C.A.E.N. S.p.A.
Via Vetraia, 11 - 55049 Viareggio (LU) - Italy
tel. +39.0584.388.398 - fax +39.0584.388.959
info@caen.it - www.caen.it

Nr. Offerta **250FC.00702**

Pagina 1

Spettabile
INFN - MILANO
VIA CELORIA 16
20133 MILANO MI
Italy

Luogo di destinazione
INFN - MILANO
VIA CELORIA 16
20133 MILANO MI
Italy

Viareggio, 16/07/2025

Come da Voi richiesto, Vi sottoponiamo la nostra migliore offerta per la fornitura di:

Codice Prodotto *	Descrizione	Cons. **	Cons. ***	Q.tà	Prezzo unitario	sconto %	Totale	Codice IVA
WDT5000XPAAA	DT5000P - HEXAGON Dual Dig. MCA - 2 HVPS +5kV/30uA, 2LVPS +/-12V/100mA, +/-24V/50mA EU 2021/821 export control list: 3A001a.5.a.5. Paese di Origine: Italy	15G	90G	1	13.195,00	3	12.799,15	IVA22SP
WSWGQUANX2AA	GQuantus 2ch general purpose Gamma Ray Quantitative Spectrometry software (2ch dongle) EU 2021/821 export control list: 1D003 Paese di Origine: BELGIUM ** Sconto come da contratto **	15G	90G	1	5.865,00	3	5.689,05	IVA22SP
LOTTO2	ACCORDO QUADRO - LOTTO 2 - CIG 8693158CE9							

CLAUSOLA "NO RUSSIA BIELORUSSIA":
E' fatto divieto di vendere, esportare o riesportare in Russia o Bielorussia o per uso in Russia o Bielorussia i beni del presente accordo che ricadono:
nell'art. 12-octies del Regolamento UE 833/2014
nell'art. 8-octies del Regolamento UE 765/2006

INFORMATIVA BREVE:
CAEN S.p.A. - con sede in via Vetraia, 11 - 55049 Viareggio (LU), Tel +39 0584 388 398 - nella qualità di Titolare del trattamento dei Suoi dati personali, ai sensi e per gli effetti della normativa vigente in materia di privacy, La informa che i dati personali da Lei forniti saranno trattati nel rispetto delle finalità, modalità e dei tempi previsti dagli obblighi legislativi o contrattuali. Per maggiori informazioni La invitiamo a prendere visione dell'informativa estesa allegata e/o consultabile sul sito www.caen.it.



Costruzioni Apparecchiature Elettroniche Nucleari C.A.E.N. S.p.A.
Via Vetraia, 11 - 55049 Viareggio (LU) - Italy
tel. +39.0584.388.398 - fax +39.0584.388.959
info@caen.it - www.caen.it

Nr. Offerta **250FC.00702**

Pagina 2

Spettabile
INFN - MILANO
VIA CELORIA 16
20133 MILANO MI
Italy

Luogo di destinazione
INFN - MILANO
VIA CELORIA 16
20133 MILANO MI
Italy

Descrizione IVA		Imponibile	Importo IVA	Totale imponibile	Totale IVA
IVA22SP IVA 22% Split Payment		18.488,20	4.067,40	18.488,20	4.067,40
		Totale Fattura			
		22.555,60 EUR			
Condizioni pagamento		Coordinate bancarieCassa di Risparmio di Volterra S.p.a.			
Bonifico - 30gg d.f.f.m.		IBAN: IT05F0637024800000010000042 SWIFT: CRVOIT3V			
Prezzi	Validità dell'offerta	Garanzia			
Porto Franco	60G	3A			
Note **** OPP130580					

(*) In caso di ordine si prega di riportare il codice prodotto.
(**) Tempo di consegna in caso di ricezione ordine entro 5 giorni (i tempi di consegna si intendono dal ricevimento ordine)
(***) Tempo di consegna in caso di ricezione ordine oltre 5 giorni (i tempi di consegna si intendono dal ricevimento ordine)
(****) L'acquirente intende accettate le condizioni di vendita visibili sul sito web.

In attesa di Vostre gradite notizie, porgiamo distinti saluti.

Matteo Saviozzi .0

Include già IVA
Include già trasporto
Totale: 22 600 Eur

Cartucce Merck deionizer unit



Merck Life Science S.r.l.
Via Monte Rosa 93
20149 Milano, Italy

Tel: +39 02 33 41 73 10
Fax: +39 02 3801 0737
Email:
itcustomerrelations@merckgroup.com
<https://www.sigmaaldrich.com/Italy.html>

Part. IVA VAT: IT13209130155
Cod. Fisc. E Reg.Imp.Milano N. 13209130155
R.E.A. 1625731

Banca di Appoggio
Deutsche Bank S.p.A.
Conto n. : 000000820344
SWIFT BIC: DEUTIT33HAN
IBAN: IT40 J 03104 01607 000000770016

Nostro Rif. 2002365254
7/5/2025
Data di scadenza: 6/7/2025

Sold To Customer No:2000006236

INFN
Dr. Riccardo Bini
Dipartimento di Fisica
Via Celoria 16
20133 Milano
ITALY
+390313327409

Gentile Dr. Riccardo Bini

facendo seguito agli accordi intercorsi abbiamo il piacere di trasmettervi in allegato la quotazione relativa ai prodotti di Suo interesse.

Vi ricordiamo che, sottoscrivendo un Contratto di Manutenzione, potrete usufruire di:

- uno sconto a voi riservato sul materiale di consumo
- un piano programmato di interventi che Vi garantirà una gestione ottimale del Vostro Sistema.

Per qualsiasi ulteriore informazione Vi invitiamo a contattare il ns. Responsabile di Zona la Dr.ssa Erika Sola al numero di cellulare sotto indicato oppure potete inoltrare una e-mail a mcs-italy@merckgroup.com.

Le chiediamo gentilmente di indicare sul buono d'ordine il seguente numero di offerta: e di intestare e inviare l'ordine a MERCK LIFE SCIENCE SRL, come descritto nelle condizioni di fornitura.

In caso non sia necessario da parte Vs. l'emissione di un buono d'ordine, vi preghiamo di fornire i seguenti dati: n. di P.IVA/C.F., indirizzo di fatturazione, indirizzo di spedizione della merce, Vs. riferimento interno se applicabile.

Per informazioni in merito al Suo ordine può rivolgersi al nostro Customer Service Tel. 02 33417310, e-mail: itcustomerrelations@merckgroup.com.

Cogliamo l'occasione per porgerVi i nostri migliori saluti.



Nostro Rif. 2002365254
7/5/2025
Data di scadenza: 6/7/2025

INFN
Dr. Riccardo Bini
Dipartimento di Fisica
Via Celoria 16
20133 Milano
ITALY
+390313327409

Offerta

Codice	Descrizione	Q.tà	Prezzo Unitario (EUR/€)	Totale Netto (EUR/€)	Net Price Total (EUR/€)
1. PROGTLCS1	Progard TL1-C	2	707,00	1.414,00	1.414,00
Totale Netto (EUR/€)					1.414,00
I.V.A. (22.00%)(EUR/€)					311,08
Totale I.V.A. Inclusa (EUR/€)					1.725,08

Include già IVA
Non include trasporto

Totale: 1900 Eur

Traslatori
(Firenze)



PRO-FORMA INVOICE/QUOTATION
UAB "Standa"
Kalvarijų g. 125-2, 08221 Vilnius, Lithuania
Reg. No. 120372824
VAT code LT203728219
Your contact: GIEDRIUS MIKULIS | kom14@standa.lt

Date: **10.07.2025**
Order No.: 1615447
Quotation No.: PST-20240627-02VK
Your order number: **2024-06-27-7636** (**10.07.2025**)
Offer validity: 30 days



CONSIGNEE
INFN
Via Sansone 1
Sesto Fiorentino FI, 50019
ITALY
VAT No.: IT04430461006

DELIVERY ADDRESS
INFN
Via Sansone 1
Sesto Fiorentino FI, 50019
ITALY
Dr. Gabriele Rosi rosi@fi.infn.it 0554572039

Description and part number	Quantity	Unit price	Sum
1 BMVT120-25-4247 Motorized Vertical Translation Stage <i>For 15 kg central load</i>	2 pc	4064,00	8128,00
2 BSMC5-USB-B9-2 Stepper and DC Motor Controller 2-axis	1 pc	1349,00	1349,00
3 PS36-4.4-4 Power supply (36V, 4.44A)	1 pc	199,00	199,00
3.1 CABLE-703 Power Cable EU plug	1 pc	6,00	6,00
4 Shipping Cost DAP (30) <i>UPS Economy</i>	1 pc	75,00	75,00

Country of ORIGIN: Lithuania

AMOUNT 9757,00 EUR
VAT, 0.00 % 0,00 EUR
TOTAL DAP Trieste 9757,00 EUR

Payment terms: 30 days NET by Bank Transfer. Bank charges outside Lithuania at customer's (OUR) account.
Delivery time: 2-4 weeks + 4-5 days in transit
Shipment terms: DAP / Trieste / DAP economy (INCOTERMS 2010)
Document submitted by: VADIM KOČETKOV, kom19@standa.lt | Sales Engineer
For delivery and billing questions: Dovilė Giedraitienė, dovile@standa.lt



8429 Eur + Iva = 10 283 Eur
(Al luglio 2024)

9750 Eur + Iva = 11 900 Eur
(Al luglio 2025)

A cui occorre aggiungere

- Trasporto (200 Eur circa)
- Inflazione 5% (600 Eur)

Stima per acquisto 2026: **12 700 Eur**

Offerte AIABE

AIABE coupling chamber

Antiproton Interferometry and the Aharonov-Bohm Effect (AIABE)

A proposal for ASACUSA and TELMAX

A. Alexandrov, G. De Lellis, V. Tioukov,
Università degli Studi Federico II and INFN Napoli

T. Asada, T. Naka
Department of Physics, Faculty of Science, Toho University – Japan

M. Bayo, R. Ferragut
Politecnico and INFN Milano

M. Beleggia, S. Frabboni, G.C. Gazzadi, V. Grillo
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia e Istituto Nanoscienze del CNR Modena

F. Castelli, M. Giammarchi¹, G. Maero, M. Romé, G. Roncoli, V. Toso
Università degli Studi and INFN Milano

N. D'Ambrosio, S. Masci
Laboratorio Nazionale del Gran Sasso

S. Migliorati, L. Venturelli
Università degli Studi di Brescia and INFN Pavia

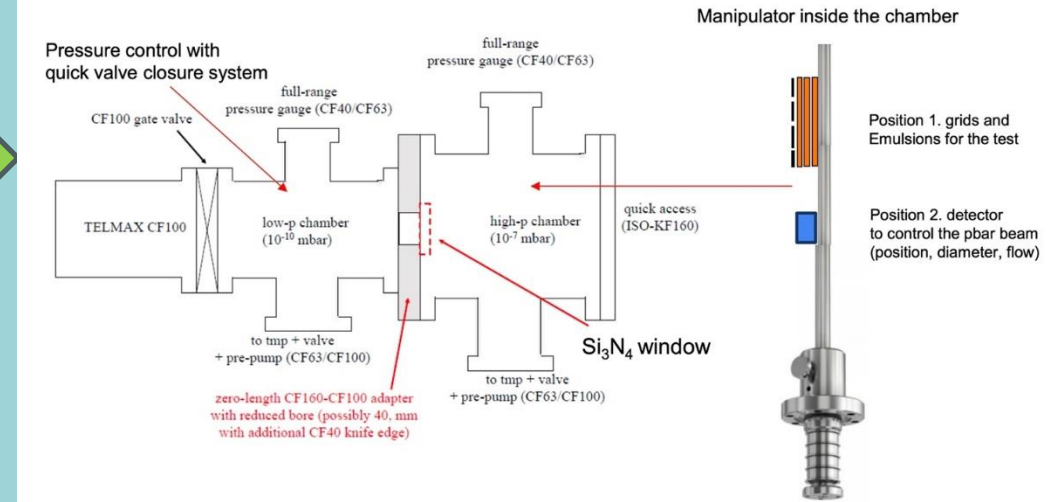
18-Apr-2025

Abstract

We propose a series of experiments exploiting the wave-particle duality of the antiproton to the double goal of directly demonstrating antiproton interferometry and subsequently to study the Aharonov-Bohm effect with antiprotons. The proposal is compatible with both the slow antiproton ASACUSA line and the TELMAX antiproton beam of the AD-ELENA system.

¹ Corresponding author: marco.giammarchi@mi.infn.it

Design of double differential coupling chamber according to proposal



Bulk of a suitable chamber provided by Politecnico (co-funding of about 10 kEuro)



The bulk of the chamber needs to be «dressed» with ports, sensors and other vacuum tools (7.8 kEuro)

ALLARIO S.R.L.

VIA DELLE GROTTI 482, 00067 Moriupo (RM)
Telefono: 0688932231
Cell: 3397080563
Web: www.allario.eu
Email: info@allario.eu
PEC: allariosrl@pec.it
C.F. 16052021009 P.IVA 16052021009
CUIAA e Numero REA: RM 1631306
Capitale Sociale i.v.: € 10.000,00

Spettabile
Università degli studi di Milano - Dip.
di Fisica
via Celoria 16
20133 Milano (MI)
C.F. 80012650158
P.IVA 03064870151
Riferimento: Giancarlo Maero

DESCRIZIONE	QUANTITÀ	IMPORTO	IVA	TOTALE
418-CFX6-C100 - DN100CF 6 ways cross, one rot. flange per axes	1,00 pz	1.350,00 €	22%	1.350,00 €
310861 - DN63-40CF reducing T piece, 2 rotatable flanges	1,00 pz	226,10 €	22%	226,10 €
310862 - 4 way cross with 3x DN160CF ports, 1x DN160ISO-K	1,00 pz	1.421,40 €	22%	1.421,40 €
441-ISO160-B - DN160 ISO-K Blank Flange, Stainless Steel	1,00 pz	69,90 €	22%	69,90 €
441-ISO160-CR-AV - DN160 centering ring with o.r., AL/Viton	5,00 pz	46,22 €	22%	231,10 €
418-CFZ160-100 - DN160CF to DN100CF zero length adapter, SS 304L	1,00 pz	166,90 €	22%	166,90 €
418-CFZ100-63 - DN100-63CF zero length adapter, , M8 tapped holes, material 304L	1,00 pz	113,90 €	22%	113,90 €
418-CFZ100-40 - DN100-40CF zero length adapter, , M6 tapped holes, material 304L	1,00 pz	89,90 €	22%	89,90 €
418-CFB100 - DN100CF blank flange, through holes, material 304L	1,00 pz	61,60 €	22%	61,60 €
452-HOSE-K25-1000 - DN25KF hose, 1000 mm long, SS	3,00 pz	74,10 €	22%	222,30 €
518-AV-K25 - DN25KF manual angle valve, SS	2,00 pz	229,00 €	22%	458,00 €
310863 - custom DN160-100-40CF zero length adapter	1,00 pz	448,70 €	22%	448,70 €
000008 - Packing and Shipping IT	1,00 pz	150,00 €	22%	150,00 €

Trattiamo i Vostri dati per finalità amministrative e contabili. Specifiche misure di sicurezza sono osservate per prevenire la perdita dei dati, usi illeciti, o non corretti, e accessi non autorizzati. A richiesta forniamo informativa completa ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 13 e ss. del Regolamento UE n. 679/2016 del 27 aprile 2016.

Termini di pagamento		Imponibile	5.009,80 €
Modalità:	Bonifico	Imposta 22%	1.102,16 €
Scadenze:	30 gg Data Fattura	Totale	6.111,96 €
Banca mittente			
Banca:	Unicredit Spa		
IBAN:	IT45G0200839011000106096088		

Note
CONSEGNA 8 SETTIMANE

Il presente preventivo non costituisce documento valido ai fini fiscali. RingraziandoVi per l'attenzione, rimaniamo in attesa di un gentile riscontro.

When VAT and transport included 7.8 kEuro

Data fine validità: 16/06/2025 DATA E FIRMA
La fornitura è soggetta ai nostri termini e condizioni.

Trattiamo i Vostri dati per finalità amministrative e contabili. Specifiche misure di sicurezza sono osservate per prevenire la perdita dei dati, usi illeciti, o non corretti, e accessi non autorizzati. A richiesta forniamo informativa completa ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 13 e ss. del Regolamento UE n. 679/2016 del 27 aprile 2016.