

Gruppo II Preventivi 2020

Elena Vannuccini

Sigle CSN2-Fi 2019

Linea scientifica 2: radiazione dall'universo

Linea scientifica 4: onde gravitazionali, fisica generale e quantistica



	FISH	HUMOR	SUPREMO	MAGIA-ADV	VIRGO	LISA	ET_ITALIA	HERD	GAPS
start	2015	2013	2014	2016	<2005	2018	2019	2019	2017
Σ k€	853	648	511	401	11667	138	0	331	373

2019

P TOT	14,0	15,0	10,0	21,0	173,0	20,0	91,0	61,0	22,0
FTE TOT	7,0	9,1	5,0	10,8	101,6	14,6	20,6	30,5	12,7
k€	50,5	43,0	76,5	53,5	743,0	66,0	0,0	331,0	134,0
% budget	0,4	0,3	0,6	0,4	5,5	0,5	0,0	2,5	1,0

@Fi

Persone	5,0	5,0	5,0	15,0	10,0	5,0	4,0	12,0	1,0
FTE	3,4	3,7	2,3	7,2	5,2	3,3	1,0	6,7	0,7
FTE/Persona	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,6	0,7

Sigle CSN2-Fi 2019

	FISH	HUMOR	SUPREMO	MAGIA-ADV	
start	2015	2013	2014	2016	<20
Σ k€	853	648	511	401	1

2019

P TOT	14,0	15,0	10,0	21,0	
FTE TOT	7,0	9,1	5,0	10,8	
k€	50,5	43,0	76,5	53,5	
% budget	0,4	0,3	0,6	0,4	

@Fi

Persone	5,0	5,0	5,0	15,0	10,0	5,0	4,0	12,0	1,0
FTE	3,4	3,7	2,3	7,2	5,2	3,3	1,0	6,7	0,7
FTE/Persona	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,6	0,7

Tecnologie quantistiche (fisica ottica, atomica, molecolare)
per lo studio di Fisica fondamentale

FISH

Simulazione quantistica di teorie di gauge e fisica fondamentale con atomi ultrafreddi

HUMOR

Micro- e nano-optomeccanica per lo studio di effetti di quantum gravity / generalized uncertainty principle

MAGIA-Advanced

Nuovi interferometri atomici per misure accurate di gravità e test di relatività

SUPREMO

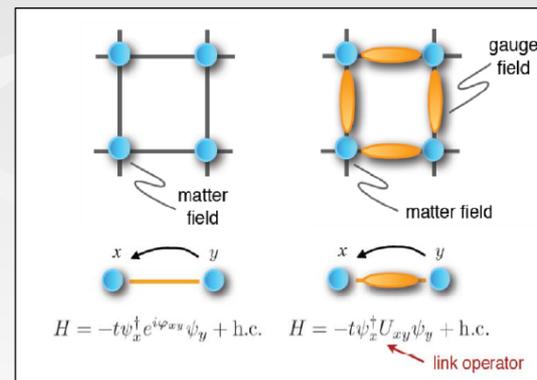
Misura e test di variazione di costanti fondamentali attraverso spettroscopia molecolare di precisione

(Mini-workshop in CSN2 – Febbraio 2018)

- Obiettivo scientifico dell'esperimento → Realizzazione di **simulatori quantistici di fisica fondamentale** attraverso il controllo delle interazioni in gas atomici ultrafreddi
- Sedi coinvolte → FI TIFPA

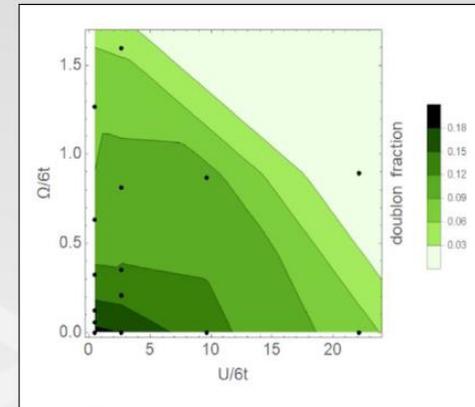
Studio di **fermioni** a molte componenti in presenza di campi di gauge

- Gas di fermioni ultrafreddi di ^{173}Yb con simmetria di interazione $\text{SU}(N)$
- Realizzazione di campi di gauge in reticoli ottici attraverso interazioni indotte da laser.
- Realizzazione di prototipi di teorie di gauge su reticolo.



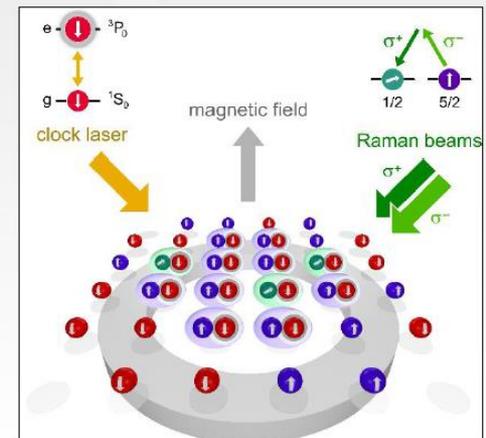
Attività 2019:

- Studio di stati di Mott fortemente interagenti di fermioni di ^{173}Yb con simmetria di interazione $SU(N)$ in reticolo ottico. L. Livi et al., in preparazione
- Controllo delle interazioni e di stati legati in reticolo ottico mediante risonanza di Feshbach orbitale. G. Cappellini et al., PRX **9**, 011028 (2019)



Programma 2020:

- Proseguimento dello studio di fermioni fortemente interagenti in reticolo ottico.
- Studio di «building blocks» (dinamica di spin) per la simulazione di teorie di gauge



FISH

Anagrafica 2020

Cappellini Giacomo	80	AR UniFi
Catani Jacopo	40	Ricercatore CNR-INO
<u>Fallani Leonardo</u> (RN)	60	PA UniFi
Franchi Lorenzo	80	PhD UniFi
Livi Lorenzo Francesco	80	PhD UniFi
Daniele Tusi	80	Dottorando UniFi
+	+	
XXX	(80)	AR (da bandire)



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA

~~3.4~~ **2.6 (+0.8) FTE**

Richieste finanziarie

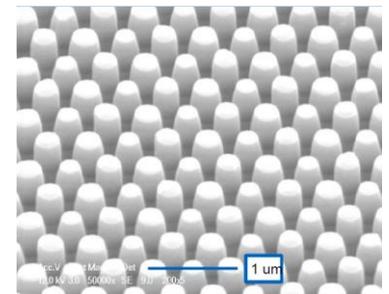
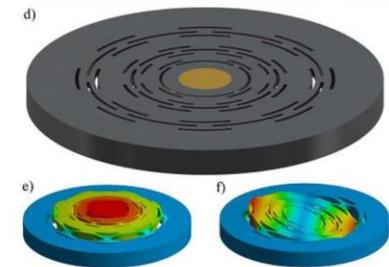
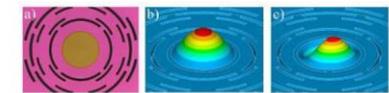
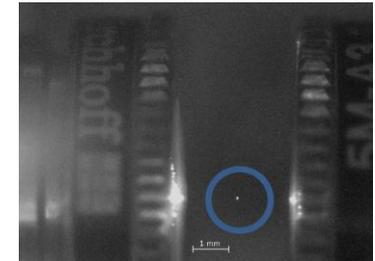
Materiale ottico/elettronico di consumo | 20÷25 k€

HUMOR

Test delle conseguenze del commutatore modificato
nella dinamica di un sistema quantistico

Heisenberg
Uncertainty
Measured with
Opto-mechanical
Resonator

- Sedi coinvolte → FI + PG (Camerino) + TIFPA
- Stato dell'esperimento:



... toward a quantum mechanical oscillator
(quantum fluctuations prevail over thermal fluctuations)

- ❖ nanoparticle trapped in optical potential
- ❖ SiN nano-membranes

- Progettazione e fabbricazione di oscillatori
- Messa a punto di un apparato sperimentale evoluto

- ✓ Fabbricazione di membrane col DRIE
- ✓ Integrazione delle membrane in sistemi di isolamento fabbricati da SOI
- Membrane con cristallo fotonico, altamente riflettenti
- Criostato a basso rumore meccanico
- Cavità ottica criogenica
- Messa a punto di schema di misura

F. Marin – CSN2 – Feb 2018

HUMOR – Attivita` @FI

- Attività svolta (a Firenze):
 - E' stato prodotto uno stato compresso (“squeezed”) di un oscillatore meccanico macroscopico (**membrana di SiN**), e ne sono state messe in evidenza le proprietà quantistiche.
 - E' stato raffreddato il moto di una **nanosfera di silice** nel potenziale creato da una pinzetta ottica, mediante amplificazione coerente in cavità ottica della radiazione di dipolo emessa (trasferimento di energia dal moto della particella alla radiazione ottica).
- Attività in corso e futura:
 - Produzione di uno stato coerente dell'oscillatore meccanico (membrana) e misura della stabilità di frequenza durante il decadimento.
 - Ottimizzazione del raffreddamento della nanosfera

HUMOR

Anagrafica 2020

Cataliotti Francesco	50	PO
Chowdhury Abhishek	100	AR CNR-INO
<u>Marin Francesco</u> (RN)	70	PA
Marino Francesco	50	Ricercatore CNR-INO
Veziò Paolo	100	Dottorando



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA

3.7 FTE

Richieste finanziarie

Missioni	5 k€
Materiale di consumo	15 k€

Sounding the time Unwinding of the Proton-to-Electron Mass ratio

Testing the stability of Nature's fundamental couplings provides a direct handle on new Physics: a detection of variations will be revolutionary, but even improved null results yield competitive constraints on a range of cosmological and particle physics paradigms

Molecular transition frequencies explicitly depend on β

Constrain over a few-year timescale the fractional temporal variation of the proton-to-electron mass ratio, $\beta = m_p / m_e$, at a level of $10^{-15}/\text{yr}$ by means of a spectroscopic frequency measurement on a beam of cold and slow molecules

Three target molecules with associated experimental strategies are identified


acetylene, fluoroform (NA)


carbon monoxide (FI)

- Sedi coinvolte → NA FI

SUPREMO – Attivita` @FI

- Attività realizzata nell'ultimo anno:
 - migliorata di un ordine di grandezza la precisione della misura assoluta di frequenza della transizione molecolare sul fascio di CO;
 - ottenuta una migliore stabilità del laser medio IR che usiamo per la spettroscopia sul fascio;
 - realizzato un metodo per caratterizzare la larghezza di riga del laser medio IR.
- Attività in corso:
 - elaborazione dello schema per la **spettroscopia a due fotoni sul fascio molecolare**, per migliorare ulteriormente la precisione di misura
 - acquisizione delle componenti necessarie per la due fotoni (laser QCL ad alta potenza);
 - realizzazione di un metodo per **imaging spaziale del fascio laser infrarosso**
- Attività future:
 - completamento dell'esperimento di imaging spaziale, utile in vista di interazioni coerenti o accoppiamenti a cavità risonanti;
 - realizzazione dell'esperimento di spettroscopia a due fotoni sul fascio;
 - progettazione e realizzazione di un **nuovo impianto per generazione di fasci molecolari freddi** a maggiore densità (buffer gas) per andare verso campioni molecolari ultrafreddi (laser cooling). E' uno step che ormai consideriamo fondamentale per un vero salto di qualità nella spettroscopia di precisione.

SUPREMO



Anagrafica 2020

Borri Simone (RL)	50	CNR-INO
D'Ambrosio Davide	40 80	AR (INRIM)
De Natale Paolo (RL)	10	CNR-INO
Santambrogio Gabriele Raimondo Giuliano	50	INRIM
Verde Maurizio	80	Dottorando
Insero Giacomo	80	AR



Richieste finanziarie

Missioni	10 k€
Materiale di consumo	20 k€
Cryocooler per sorgente buffer gas	40 k€

~~2.3~~ 3.5 FTE

MAGIA-Adv

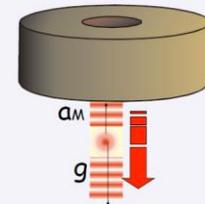


- Sedi coinvolte → FI PI
- Stato dell'esperimento
 - Completamento dello squeezing del campione atomico

MAGIA

(MISURA ACCURATA di G MEDIANTE INTERFEROMETRIA ATOMICA)

- Measure g by atom interferometry
- Add source mass
- Measure change of g



➤ Precision measurement of G

MAGIA → **MAGIA-Adv**

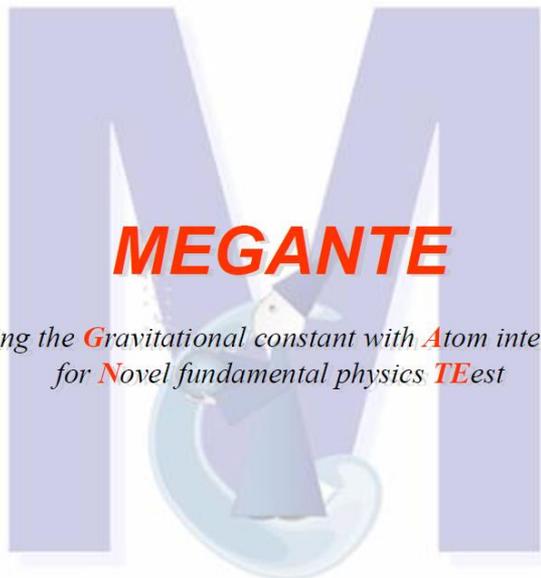
**Advanced atomic quantum sensors
for gravitational physics**

- Large-scale atom interferometer (Rb & Sr)
- New schemes for large momentum transfer
- High-flux atomic sources
- High-sensitivity detection schemes
- Squeezed atomic states

MEGANTE



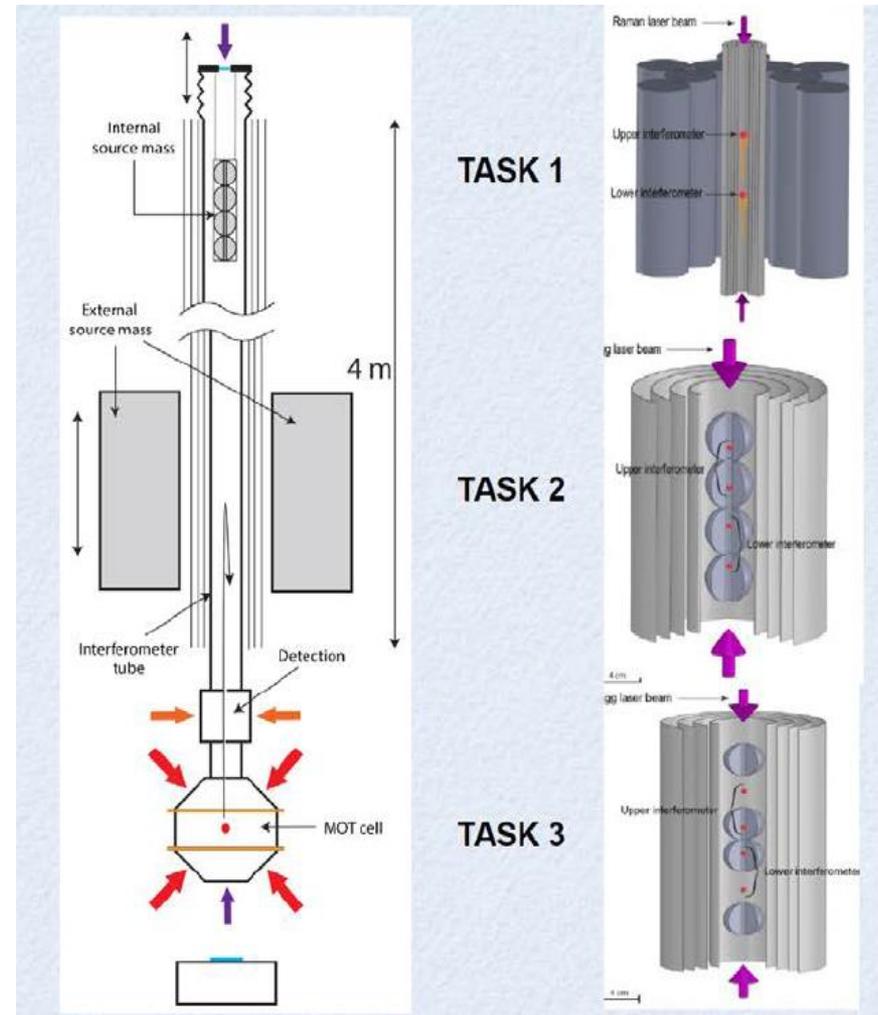
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



*ME*asuring the *G*ravitational constant with *A*tom interferometry for *N*ovel fundamental physics *TE*st



Gabriele Rosi – CdS – Marzo 2019



MAGIA-ADV + MEGANTE

Anagrafica 2020

Brighenti Francesco	40	AR (UniUrb)
Cacciapuoti Luigi	20	Ricercatore straniero
D'Amico Giulio	30	
De Angelis Marella	10	IFAC-CNR
Fattori Marco	50	PA
Jain Manan	100	Dottorando (UniFi)
Pezzé Luca	50	INO-CNR
Poli Nicola	10	PA
<u>Rosi Gabriele</u> (RN MEGANTE)	20 100	TD (INFN)
Salvi Leonardo	100	AR (UniFi)
Smerzi Augusto	50	INO-CNR
<u>Tino Guglielmo Maria</u> (RN Magia)	100	PO
Vetrano Flavio	0	PO
Vicere' Andrea	40	PA (UniUrb)
Wang Enlong	100	Dottorando UniFi/LENS

Servizi di sezione

Camera bianca	12 mesi
Officina meccanica	3 mesi



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA



Impegni da definire, sulla base di:

- Valutazione da parte della CSN2 della sinergia tra le due attività
- Valutazione da parte della CSN5 del progetto OLAG

Sigle CSN2-Fi 2019

	FISH	HUMOR	SUPREMO	MAGIA-ADV	VIRGO	LISA	ET_ITALIA	HERD	GAPS
start	2015	2013	2014	2016	<2005	2018	2019	2019	2017
Σ k€	853	648	511	401	11667	138	0	331	373

2019

P TOT	14,0	15,0	10,0	21,0	173,0	20,0	91,0		
FTE TOT	7,0	9,1	5,0	10,8	101,6	14,6	20,6		
k€	50,5	43,0	76,5	53,5	743,0	66,0	0,0	3	
% budget	0,4	0,3	0,6	0,4	5,5	0,5	0,0		

@Fi

Persone	5,0	5,0	5,0	15,0	10,0	5,0	4,0		
FTE	3,4	3,7	2,3	7,2	5,2	3,3	1,0	6,7	0,7
FTE/Persone	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,6	0,7

Interferometri
per rivelazione di
GW

VIRGO



Interferometro a terra di braccio 3 km per rivelazione di GW

Sedi coinvolte → FI GE NA PA PG PI RM1 RM2 TIFPA

Attività in corso e future:

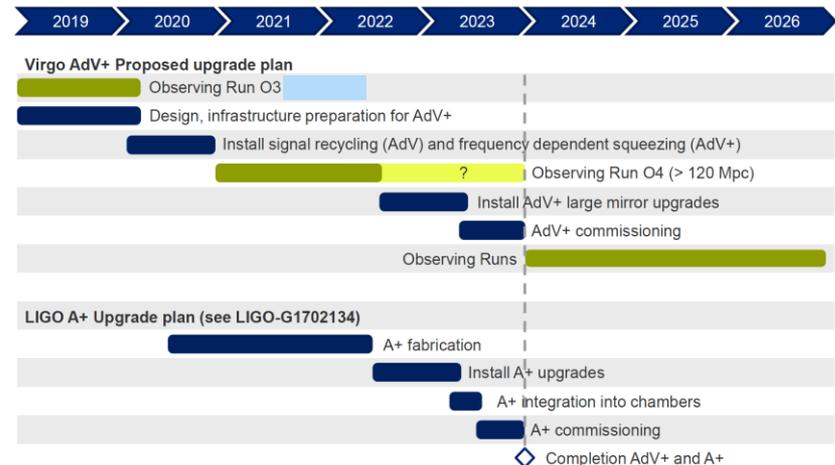
- O2-O3 runs:
 - LIGO-Virgo detected 10 binary black holes signals (O1+O2)
 - LIGO-Virgo detected a binary neutron star signal GW170817 in coincidence with a GRB (O2)
 - 18 public GCN alerts in O3
 - 24 publications in the last year (July 2018- July 2019)

• Advanced Virgo+:

- Project submission; expected to be approved mid-July
- Start upgrades in 2020



Five year plan for observational runs, commissioning and upgrades



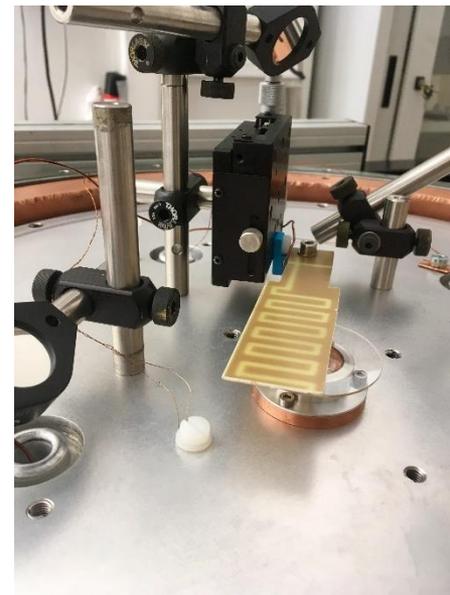
VIRGO – Attivita` @FI (Urbino)

1. Silica fibers:

1. Characterization and maintenance of silica fibers
2. Assembly of a new machine for pulling silica fibers for AdV+

2. Virgo Coating R&D:

1. Assembly and tests of GeNS machine
2. Samples thermal treatment and characterization with GeNS machine

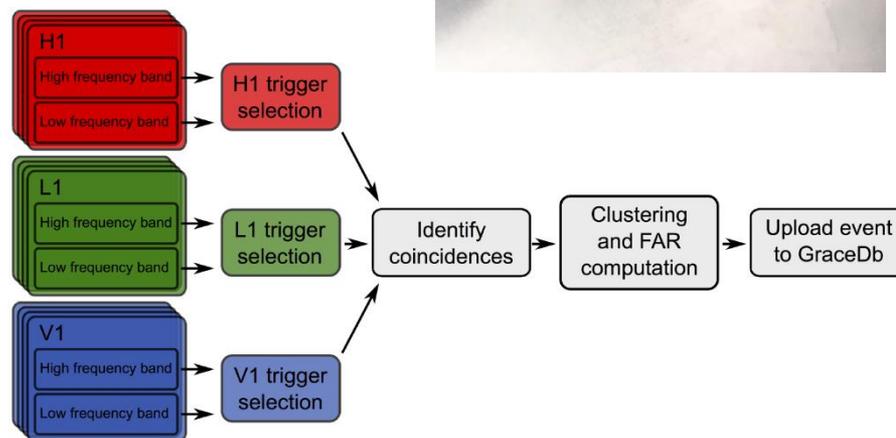


3. Data Analysis:

- Development of low latency detection Virgo pipeline (MBTA) for coalescing binary systems
- Low latency analysis of O3 data
- GW and Gamma Ray Bursts events
- Multimessenger activity, review automatic alert machinery

4. Outreach/open science activity

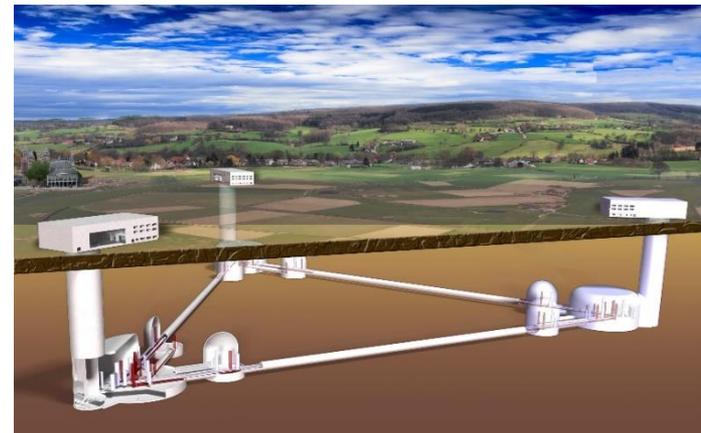
5. 3G research



ET_ITALIA

Interferometro di 3a generazione per rivelazione di GW

- Sigla INFN aperta nel 2019 a sostegno della candidature del sito minerario di Sos Enattos per ET
- Partecipazione limitata dei membri di VIRGO per attività di qualificazione del sito ed “Enabling technologies”
- Nel 2018, 17 M€ da parte del Governo per AdV+, ET r&d e candidature del sito
- Sito concorrente sostenuto da Olanda Belgio e Germania

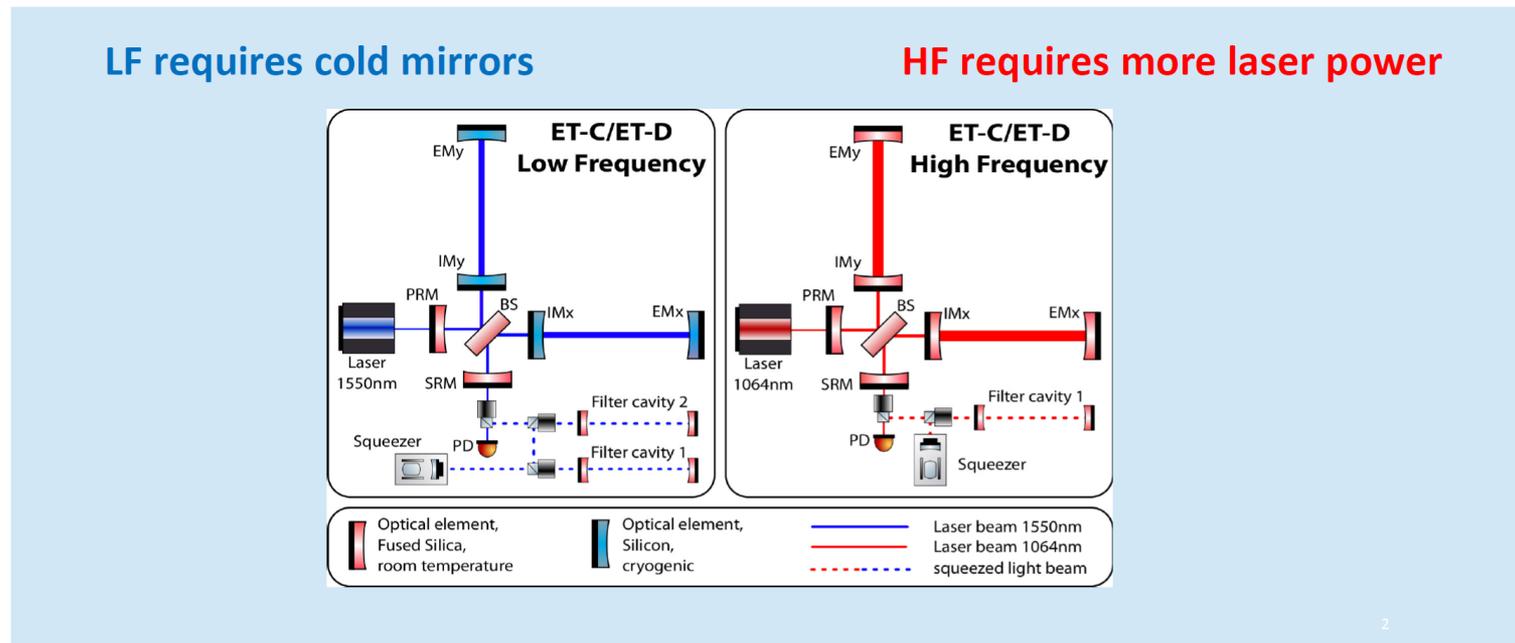


Ottime caratteristiche geologiche: stabilità, bassa antropizzazione.



ET- Attivita` @FI (Urbino)

- «Xylophon» solution (multi-band antenna)



- Attivita` nell'ambito delle «enabling technologies»
 - Studio preliminare delle caratteristiche dei materiali utilizzabili a temperature criogeniche (Silicio, Zaffiro, ...)

VIRGO + ET

Anagrafica 2020

	VIRGO	ET	
Bischi Matteo	100		Dottorando (UniUrb)
Brighenti Francesco	60		AR (UniUrb)
Greco Giuseppe	80	20	AR (UniUrb)
Guidi Gianluca (RL Virgo)	80	20	PA (UniUrb)
Martelli Filippo (RL ET)	60	40	PA (UniUrb)
Montani Matteo	40 100		RTDA (UniUrb)
Piergiovanni Francesco	80	20	Tecnologo RTDA (UniUrb)
Selleri Stefano	20		PA
Stratta Maria Giuliana	40		AR (INAF)
Vetrano Flavio	0		PO (UniUrb)
Vicere' Andrea	60 80		PA (UniUrb)



VIRGO

~~5.2~~ **6.4 FTE**

ET

1 FTE

VIRGO + ET

Richieste finanziarie

Missioni	45 k€
Materiale di consumo	15 k€
Materiale inventariabile	20 k€
Apparati	20 k€

(10k silica fibers + 45k coating &d)

Servizi di sezione

Officina meccanica	1 mese (da concordare)
--------------------	------------------------

LISA

(Laser Interferometer Space Antenna)

Interferometro a tre bracci ($2.5 \cdot 10^6 \text{ km}$) in orbita eliocentrica per rivelazione di GW di bassa frequenza (0.1 mHz - 0.1 Hz)

- **LISA Pathfinder** → Launch: December 3rd 2015 5.04 GMT+1
Mission end: July 18th, 2017
- **LISA** → Missione **ESA** approvata
 - in fase A dal 2018 («Industrial implementation studies»)
 - lancio 2030-2034

Sedi coinvolte → FI+RM2+TIFPA

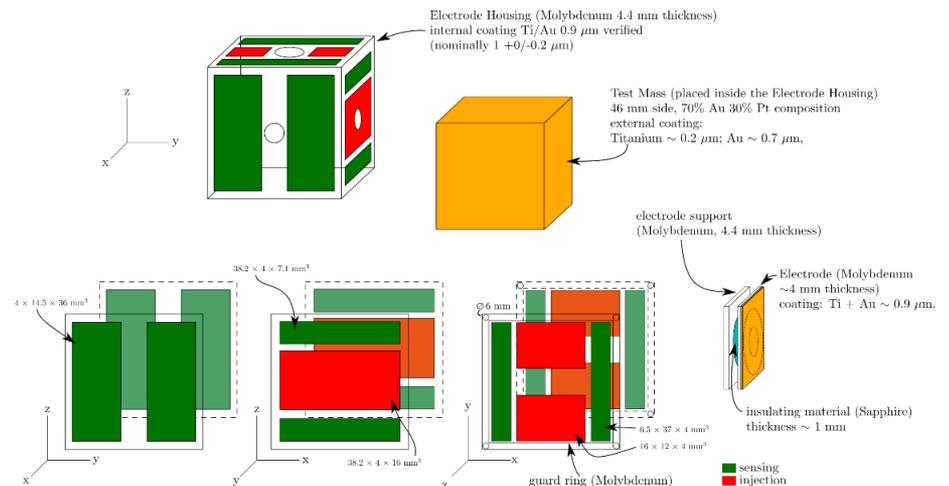
Attività in corso:

- TIFPA: Studio fase di rilascio delle TM in volo (facility di test a terra INFN)
- FI-Urbino: processo di caricamento delle masse di riferimento dovuto ai raggi cosmici
- Roma Tor Vergata: sviluppo prototipo elettronica di controllo delle sorgenti LED di luce UV per il sistema di scarica



- Studio del processo di caricamento delle masse dovuto ai raggi cosmici

- **LISA-PF: ANALYSIS OF INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD DATA VS LISA-PF OBSERVATIONS FOR SPACE WEATHER SCIENCE INVESTIGATIONS IN COLLABORATION WITH BARCELONA AND TURIN COLLEAGUES (will follow the 2019 activity)**
- **SOLAR PHYSICS (implications of GCR Forbush Decrease observed with LISA-PF): GRAD-SHAFRANOV RECONSTRUCTION OF A MAGNETIC CLOUD (ICME August 2, 2016)**
- **INTERPLANETARY PHYSICS: THEORY OF SMALL-MEDIUM FORBUSH DECREASES**
- **LISA-PF FOR LISA: FLUKA MONTE-CARLO TO BE USED TO GENERATE INPUT DATA FOR HOME MADE SIMULATION OF CHARGING AND DOSE RELEASE OF LOW-ENERGY ELECTRONS GENERATED AT THE SEPARATION SURFACES OF ELECTRODES AND TEST MASSES. We will also add SEP simulations to GCR simulations**



LISA



Anagrafica 2020

Benella Simone	100	Dottorando (UniUrb)
Finetti Noemi	60	UniAq
Grimani Catia (RL)	100	PA (UniUrb)
Stanga Ruggero	70 50	UniFi
Mattia Villani	100	AR (INFN+UniUrb)
Daniele Telloni	20	INAF
Andrea Cesarini	20	Docente SS
Michele Fabi	50	Tecnico (UniUrb)



~~3.3~~ 5 FTE

Richieste finanziarie

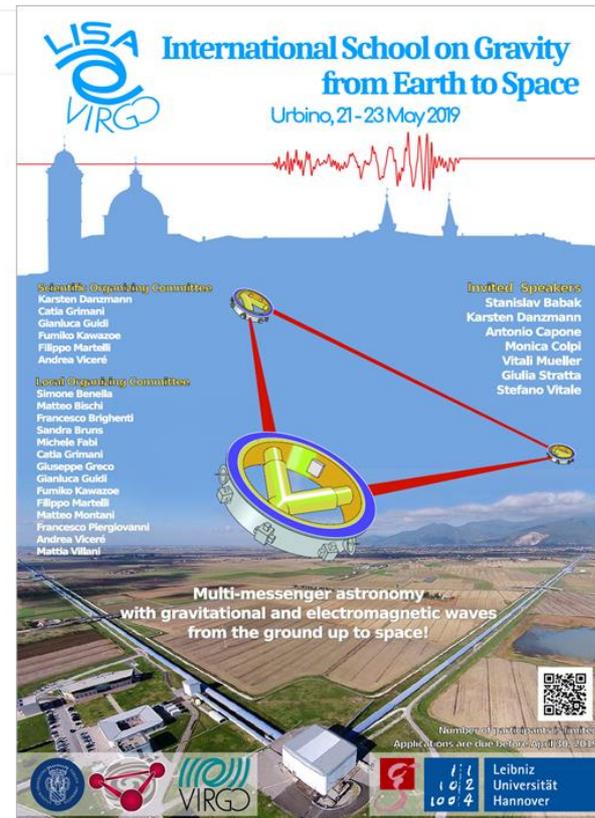
Missioni | 18.5 k€

International School on Gravity from Earth to Space 21-23 May 2019



The screenshot shows the website for the International School on Gravity from Earth to Space. At the top, there is a navigation menu with links for Home, SOC & LOC, Program, Venue & Travel Information, and Registration and Accomodation. Below the menu, there are logos for the host institutions: the University of Urbino Carlo Bo (founded 1506), the Leibniz Universität Hannover, and the INFN logo. A large photograph of the town of Urbino is displayed in the center.

40 participants (2 PhD students from Firenze)



The poster features the LISA VIRGO logo and the event title. It includes a silhouette of the Urbino skyline and a red waveform. The poster lists the Scientific Organizing Committee and Local Organizing Committee members, as well as invited speakers. A central graphic shows a satellite in space connected by red lines to two ground stations. At the bottom, there is a photograph of the VIRGO detector facility and a QR code.

Scientific Organizing Committee
 Karsten Danzmann
 Celia Grimmeri
 Gianluca Guidi
 Fumiko Kawazoe
 Filippo Martelli
 Andrea Vicere

Local Organizing Committee
 Simone Benelli
 Matteo Bischi
 Francesco Brighenti
 Sandra Bruns
 Michele Fabi
 Celia Grimmeri
 Giuseppe Greco
 Gianluca Guidi
 Fumiko Kawazoe
 Filippo Martelli
 Matteo Montani
 Francesco Piergiovanni
 Andrea Vicere
 Mattia Villari

Invited Speakers
 Stanislav Babak
 Karsten Danzmann
 Antonio Capone
 Monica Colpi
 Vicali Mueller
 Giulia Stratta
 Stefano Vitale

Multi-messenger astronomy
with gravitational and electromagnetic waves
from the ground up to space!

Number of seats is limited
Applications are due before April 15, 2019

Sigle CSN2-Fi 2019

	FISH	HUMOR	SUPREMO	MAGIA-ADV	VIRGO	LISA	ET_ITALIA	HERD	GAPS
start	2015	2013	2013	2013	2013	2013	2019	2019	2017
Σ k€	853	648					0	331	373
2019									
P TOT	14,0	15,0					91,0	61,0	22,0
FTE TOT	7,0	9,1					20,6	30,5	12,7
k€	50,5	43,0	76,5	53,5	743,0	66,0	0,0	331,0	134,0
% budget	0,4	0,3	0,6	0,4	5,5	0,5	0,0	2,5	1,0
@Fi									
Persone	5,0	5,0	5,0	15,0	10,0	5,0	4,0	12,0	1,0
FTE	3,4	3,7	2,3	7,2	5,2	3,3	1,0	6,7	0,7
FTE/Persona	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,6	0,7

Revelazione diretta di raggi cosmici

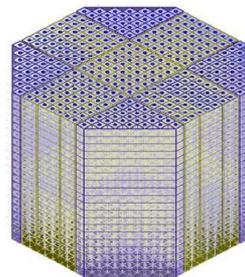
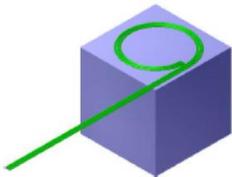
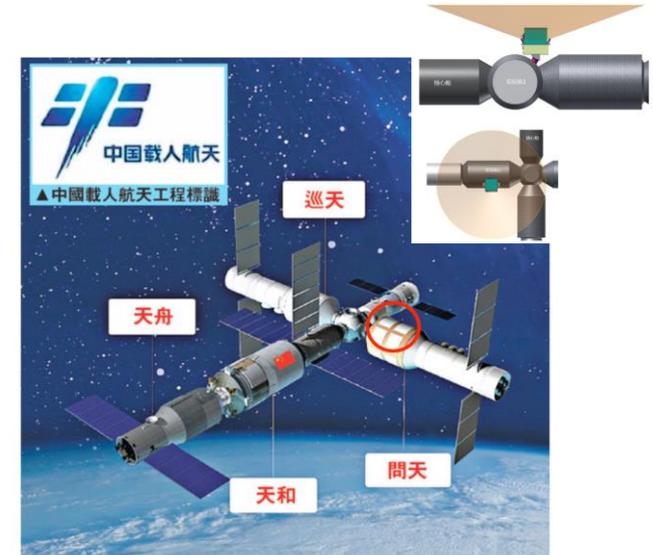
HERD_DMP

Misura di raggi cosmici e fotoni di alta energia,
tramite misure dirette con apparati in orbita, in
collaborazione con istituti Cinesi (IHEP, PMO,...)

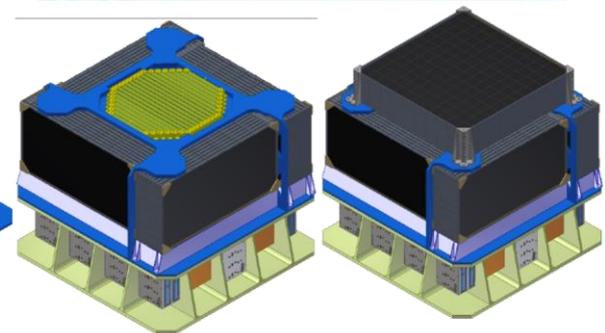
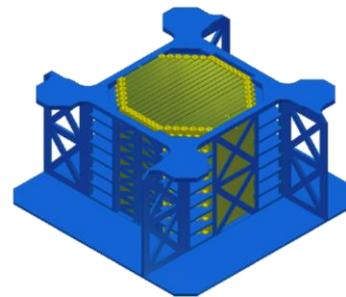
- DAMPE → Esperimento su satellite in orbita dal 2015
- +
• **HERD** → **Esperimento sulla futura stazione spaziale cinese**

Sedi coinvolte → BA FI GSGC LE NA PG PI PV **TS (RM2)**

Gruppo italiano impegnato nella progettazione di tutti i sottosistemi di HERD: tracciatore, calorimetro e anticoincidenza



LYSO size: 3cm*3cm*3cm
Detector dimension: 21
LYSO number: ~7500
Calo weight: ~ 1500 kg

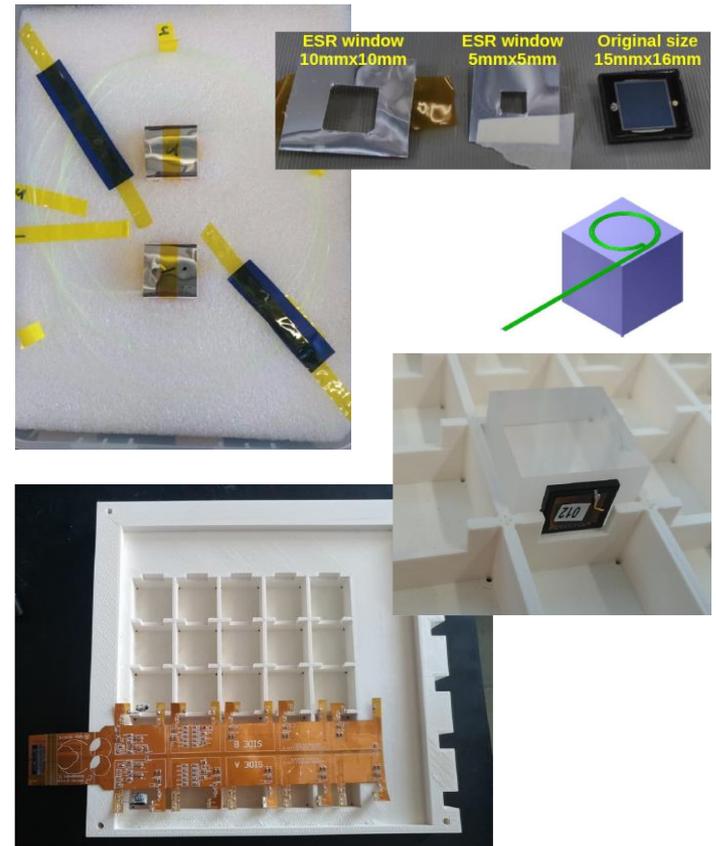


HERD – Attivita` @FI

Eredità delle attività di CSN5 **CALOCUBE** e **TIC** (Tracking In Calorimeter)

Attività in corso e futura:

- Proseguimento dell'attività di r&d sulla doppia lettura (PD e fibre) dei cristalli di LYSO
 - Test di doppia lettura (PD+fibra/SiPM)
 - Sviluppo di un package monolitico per PD grande/piccolo
- Proseguimento dello studio di applicabilità del progetto TIC a HERD, per la misura dei gamma
 - Sviluppo di una elettronica di lettura ibrida SiPM-fotodiodi per TIC
- Sviluppo di un framework generale comune di simulazione e analisi dati



HERD_DMP

Anagrafica 2020

Adriani Oscar	70	PO
Berti Eugenio	20	AR (ASI/UniFi)
Bongi Massimo	60	PA
Bottai Sergio	80	INFN
D'Alessandro Raffaello	20	PO
Finetti Noemi	40	UniAQ
Mori Nicola (RL)	80 90	INFN
Pacini Lorenzo	100	INFN
Papini Paolo	100	INFN
Ricciarini Sergio Bruno	50	IFAC-CNR
Tiberio Alessio	20	AR
Vannuccini Elena	30	INFN
Checchia Caterina	20	AR (ASI/UniFi)
Deti Sebastiano	70	Tecnico INFN



~~6.7~~ **7.7 FTE**

HERD

Richieste finanziarie 2020

Missioni

?? k€

Sensori (nuovi PD e SiPM)

4 k€

Studio package monolitico

50 k€

LYSO

10 k€

Realizzazione cavi kapton

7.5 k€

Realizzazione scheda accoppiamento SiPM-HIDRA

3 k€

Servizi di sezione

Tecnologo meccanico

1 mese

GAPS

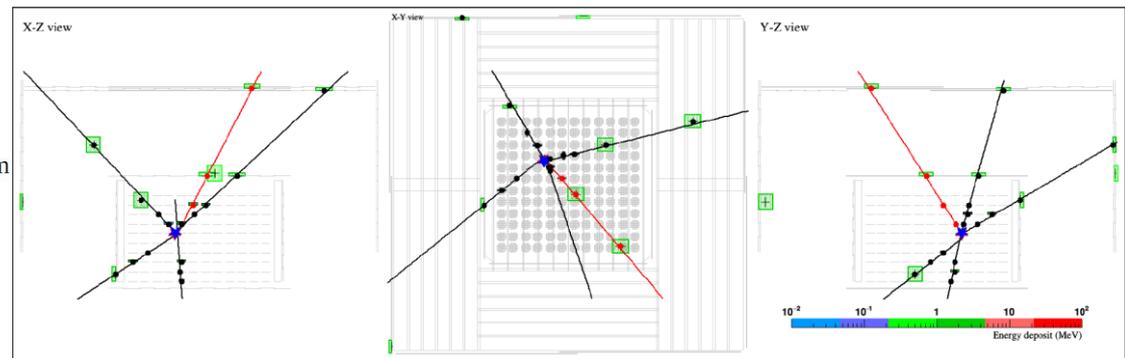
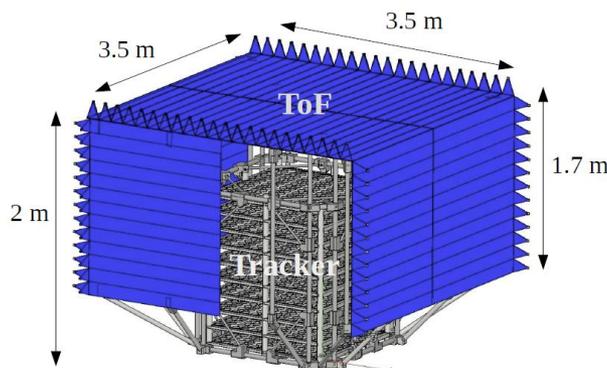
General Anti-Particle Spectrometer

Esperimento su pallone (Antartide 2021/2022) per la misura di antiparticelle (antiprotoni, antideuterio, antielio) di bassa energia nei raggi cosmici

Sedi coinvolte → FI PV RM2 TO IS

@FI

- Sviluppo degli algoritmi di ricostruzione degli eventi
- Attivita` di simulazione e analisi dati finalizzata allo studio delle prestazioni in termini di identificazione degli antinuclei



Anagrafica 2020

Vannuccini Elena (RL)

70

INFN

+

100

AR INFN/ASI (gia` bandito)

Sigle CSN2-Fi 2020 – FTE+servizi

Sigla	Start	FTE (Fi) 2019	FTE (Fi) 2020	Officina meccanica	Tecnologo meccanico	Camera bianca
FISH	2015	3,4	2,6 (+0,8)			
HUMOR	2013	3,7	3,7			
SUPREMO	2014	2,3	3,5			
MAGIA_ADV + MEGANTE	2016	7,2	7,2 (??)	3		12
VIRGO	<2005	5,2	6,4	1		
ET_ITALIA	2019	1,0	1			
LISA	2018	3,3	5			
HERD_DMP	2019	6,7	7,7		1	
GAPS	2017	0,7	0,7 (+1)			
		33,5	37,8 (+1,8)			

Terza missione



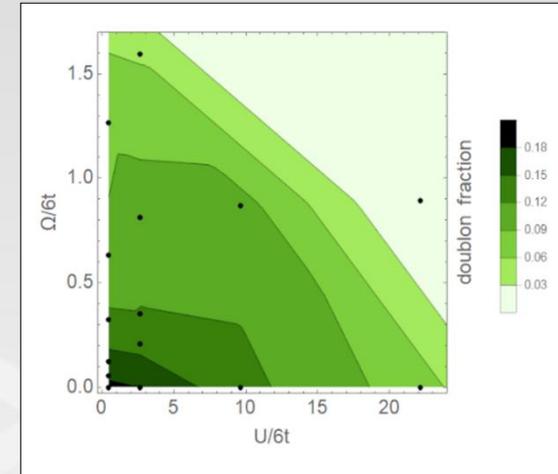
Spare parts

(material provided by local responsible)

Sviluppo di tecniche di simulazione quantistica con fermioni ultrafreddi fortemente interagenti e campi di gauge

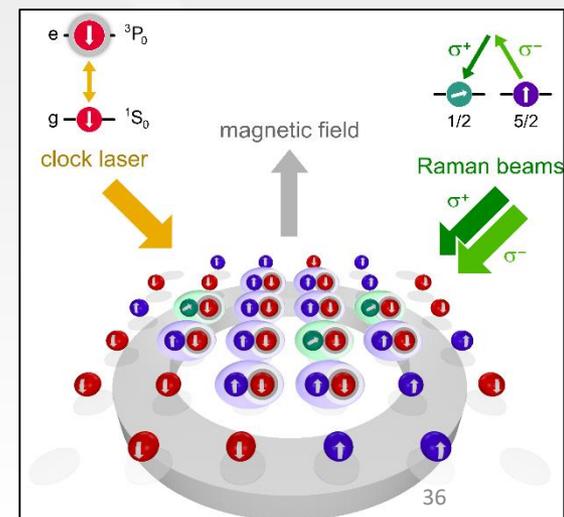
Attività 2019:

- Studio di stati di Mott fortemente interagenti di fermioni di ^{173}Yb con simmetria di interazione $SU(N)$ in reticolo ottico. L. Livi et al., in preparazione
- Controllo delle interazioni e di stati legati in reticolo ottico mediante risonanza di Feshbach orbitale. G. Cappellini et al., PRX **9**, 011028 (2019)



Programma 2020:

- Proseguimento dello studio di fermioni fortemente interagenti in reticolo ottico.
- Studio di «building blocks» (dinamica di spin) per la simulazione di teorie di gauge



Anagrafica 2020:

Leonardo Fallani	PA UNIFI Dip. Fisica	60%	
Lorenzo Livi	Assegnista Ricerca UNIFI	80%	
Daniele Tusi	Dottorando UNIFI	80%	
Jacopo Catani	Ricercatore INO-CNR	40%	
	+ Nuovo assegno di ricerca	80%	tot 2.6 (3.4) FTE

Richieste 2020:

Materiale ottico/elettronico di consumo (diodi laser, componenti ottici)	20-25 k€
---	----------

SUPREMO

Anagrafica:

Simone Borri: 0.5

Gabriele Santambrogio: 0.5

Davide D'Ambrosio (Assegnista): 0.8

Giacomo Inero (Assegnista): 0.8

Paolo De Natale: 0.1

Attività realizzata nell'ultimo anno:

- migliorata di un ordine di grandezza la precisione della misura assoluta di frequenza della transizione molecolare sul fascio di CO;
- ottenuta una migliore stabilità del laser medio IR che usiamo per la spettroscopia sul fascio;
- realizzato un metodo per caratterizzare la larghezza di riga del laser medio IR.

Attività in corso:

- elaborazione dello schema per la spettroscopia a due fotoni sul fascio molecolare, per migliorare ulteriormente la precisione di misura;
- acquisizione delle componenti necessarie per la due fotoni (laser QCL ad alta potenza);
- realizzazione di un metodo per imaging spaziale del fascio laser infrarosso.

Attività future:

- completamento dell'esperimento di imaging spaziale, utile in vista di interazioni coerenti o accoppiamenti a cavità risonanti;
- realizzazione dell'esperimento di spettroscopia a due fotoni sul fascio;
- progettazione e realizzazione di un nuovo impianto per generazione di fasci molecolari freddi a maggiore densità (buffer gas) per andare verso campioni molecolari ultrafreddi (laser cooling). E' uno step che ormai consideriamo fondamentale per un vero salto di qualità nella spettroscopia di precisione.

Richieste finanziarie:

- Missioni: 10k

- Consumabili: 20k (lamine e polarizzatori per isolamento ottico del laser QCL di alta potenza per due fotoni; materiale ottico per medio IR; rinnovo fornitura dei gas per i fasci molecolari; nuovo rivelatore medio IR; materiale meccanico ed elettronico per sorgente buffer gas)

- Inventariabile: 40 k (cryocooler per sorgente buffer gas)

HUMOR

Anagrafica (invariata rispetto allo scorso anno):

Cataliotti Francesco, Prof. Ordinario, 50
Chowdhury Avishek, Assegnista, 100
Marin Francesco, Prof. Associato, 70
Marino Francesco, Ricercatore CNR, 50
Veziò Paolo, Dottorando, 100

Richieste finanziarie:

Missioni 5k
Consumo 15k
Totale 20k

Attività svolta (a Firenze):

- E' stato prodotto uno stato compresso ("squeezed") di un oscillatore meccanico macroscopico (membrana di SiN), e ne sono state messe in evidenza le proprietà quantistiche.
- E' stato raffreddato il moto di una nanosfera di silice nel potenziale creato da una pinzetta ottica, mediante amplificazione coerente in cavità ottica della radiazione di dipolo emessa (trasferimento di energia dal moto della particella alla radiazione ottica).

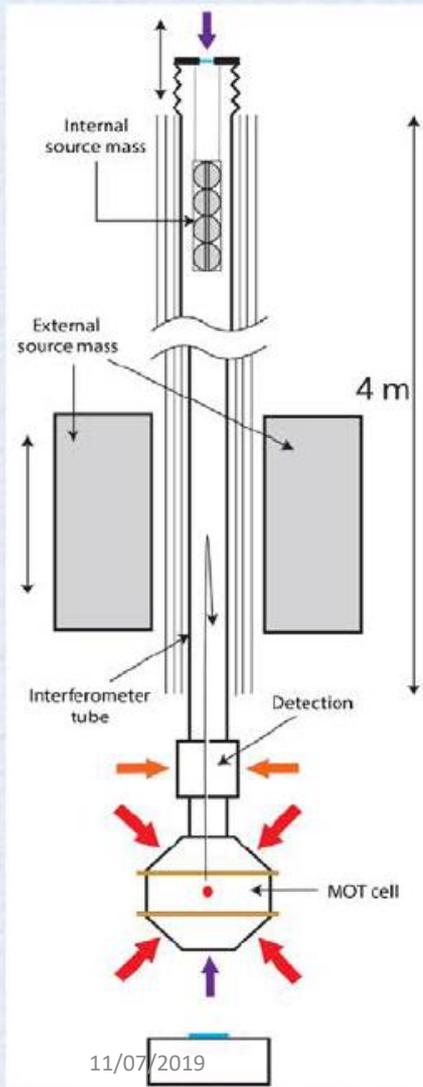
Attività in corso e futura:

- Produzione di uno stato coerente dell'oscillatore meccanico (membrana) e misura della stabilità di frequenza durante il decadimento.
- Ottimizzazione del raffreddamento della nanosfera

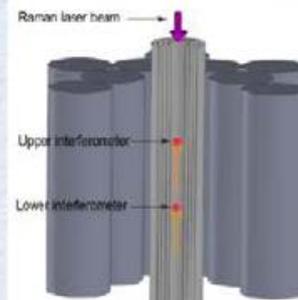


MEGANTE

MEasuring the Gravitational constant with Atom interferometry
for Novel fundamental physics TEsts

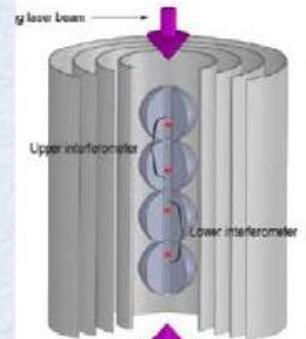


TASK 1



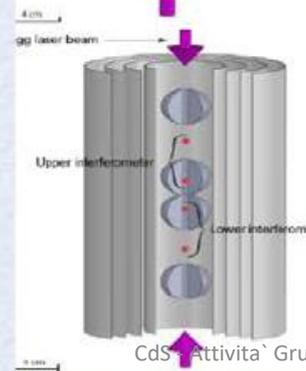
Target relative accuracy on G : $< 10^{-5}$
Investigation of the gravitational force

TASK 2



Target relative accuracy on G : $\sim 10^{-5}$
Investigation of the gravitational potential

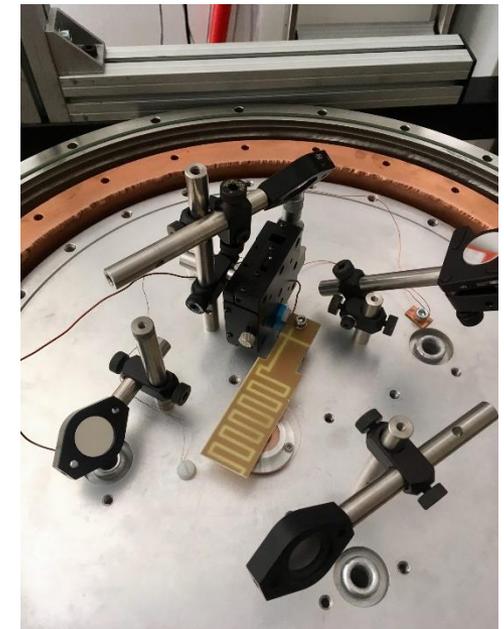
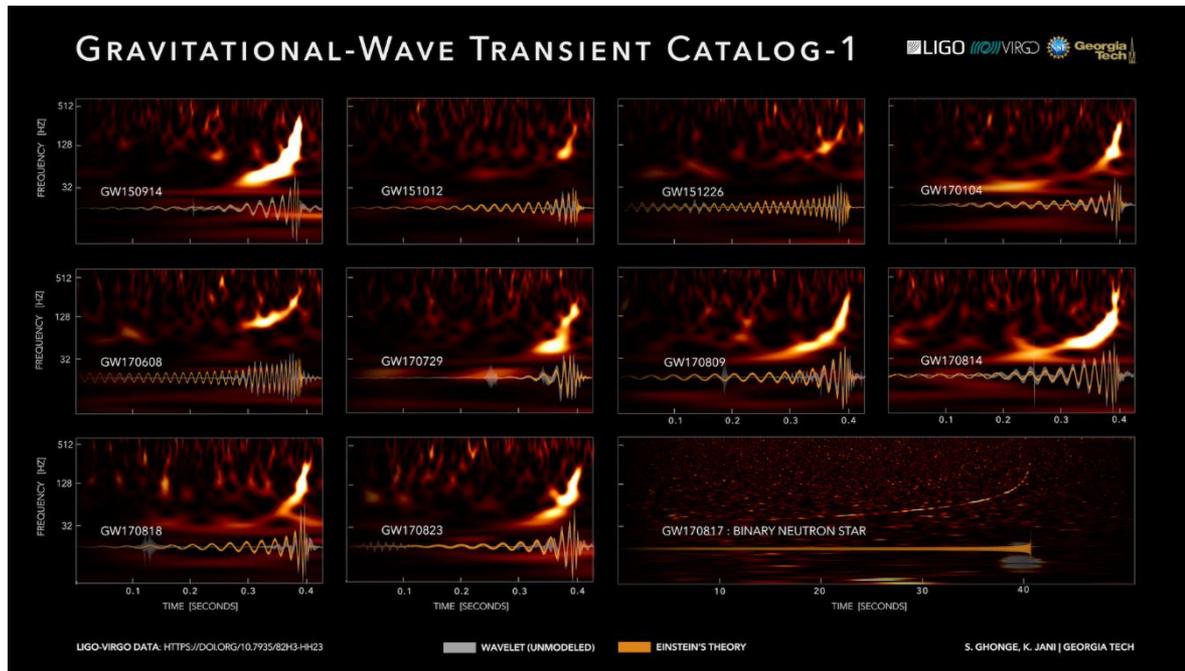
TASK 3



Precision test of gravity searching for dark energy signatures due to Chameleon scalar fields

VIRGO Firenze-Urbino

RESEARCH ACTIVITY 2019-2020
PREVENTIVI FINANZIARI 2020



Virgo results and planning

- O2-O3 runs:
 - LIGO-Virgo detected 10 binary black holes signals (O1+O2)
 - LIGO-Virgo detected a binary neutron star signal GW170817 in coincidence with a GRB (O2)
 - 18 public GCN alerts in O3
 - 24 publications in the last year (July 2018- July 2019)
- Advanced Virgo+:
 - Project submission; expected to be approved mid-July
 - Start upgrades in 2020

Five year plan for observational runs, commissioning and upgrades



Firenze-Urbino Activity – 2019

1. Silica fibers:

1. Characterization and maintenance of silica fibers
2. Assembly of a new machine for pulling silica fibers for AdV+

2. Virgo Coating R&D:

1. Assembly and tests of GeNS machine
2. Samples thermal treatment and characterization with GeNS machine

Annealing effects on the mechanical losses of fluorides thin films

Alex Amato¹; Matteo Bischi^{1,2}; Daniele Forest¹; Massimo Granata¹; G. M. Guidi^{1,2}; Filippo Martelli^{1,2}; Lorenzo Mereni¹; F. Piergianni^{1,2};
¹Università di Urbino; ²INFN Firenze; ³Laboratoire des Matériaux Avancés, CNRS

Introduction

Mirrors for gravitational waves detectors are composed of multiple thin layers of dielectric material deposited on a substrate. The stack is made of layers with a high refractive index interleaved with layers of a low refractive index. The goal is to find materials with low thermal noise and high reflectivity.

Fluorides like MgF₂ and AlF₃ have the lowest refractive index among the known coating materials; using them in a high-reflection (HR) Bragg mirror instead of SiO₂ one could reduce the total HR coating thickness and hence its coating thermal noise¹. A succession of annealing treatments at different temperature were performed on a silica disk coated with MgF₂. The annealing was done in a controlled Argon atmosphere, in order to prevent the oxidation of the coating. After each annealing cycle, the Q factor and the weight of the sample were measured, in order to control the coating losses. We present some measurements of the loss angle at room temperature. Each set of measures corresponds to a different annealing temperature.

Loss angle measurements

An example of a ringdown measurement and the corresponding linear regression in a logarithmic scale performed in Urbino:

Exponential amplitude decay: $A(t) = A_0 e^{-\omega Q^{-1} t}$

Linear fit: $\phi(f_0) = -\frac{1}{Q} \log p$

The first set of measures (blue dots) was performed in France by LMA just after the coating deposition. A second set (red squares) was done in Urbino after the shipment. Then a set of mechanical loss measurements were reported in Urbino after each annealing treatment. The results are reported in the following two graphs:

Quality factor

Mixed modes

X-Ray Diffraction

Heat treatment is limited by crystallization of the amorphous film, which can result in higher optical scattering and increased mechanical losses. An XRD analysis will be performed after each annealing treatment to check if the crystallization process took place. In this case, the increased value of $\phi(f_0)$ may be linked to this phenomena. Further research is needed.

Conclusions

After each annealing cycle the loss angle of the MgF₂ coating decreases until 400 °C. Above this temperature $\phi(f_0)$ increases (yellow triangles). An XRD analysis will allow us to understand if a crystallization process is linked to this behaviour. These ringdown measurements were performed at room temperature, but will be repeated at cryogenic temperatures in the near future in order to evaluate the thermal noise as a function of temperature for the next generation of interferometers.

References

1. Yamamoto, K. et al. (2006). Mechanical loss of the reflective coating and fluoride at low temperature. *Optical and Quantum Gravity*, 23(5), S1073–S1081.
2. Cahen, R. & Wilson, T. A. (1981). Irreversibility and Generalized Noise. *Physical Review*, 23(1), 34–40. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.23.34>
3. Park, Hoon & Martin, Jim. (2012). Measurements of Mirror Coatings for Gravitational Wave Detectors. *Coatings*, 2, 41. [10.3390/coatings204041](https://doi.org/10.3390/coatings204041).
4. F. Ciavarella et al. (2005). A generic noise spectrum for measurements of the acoustic attenuation in materials. *Rev. Sci. Instrum.*, 76, 053904

Thermal noise and mechanical dissipation

The sensitivity of interferometric gravitational wave detectors is limited in the frequency range around 100 Hz by thermal noise from mirrors and their suspensions. The fluctuation-dissipation theorem, established a connection between thermal noise and mechanical dissipation of a material: the thermal noise power spectral density $S_{\phi}(f)$ can be evaluated by:

Temperature, Coating thickness, Loss angle, Frequency, Young's modulus, Laser beam waist

The mechanical loss of the mirror coating is calculated by measuring the mechanical loss of an uncoated substrate and a coated one using the following formula²:

Loss angle of the coated substrate, Loss angle of the uncoated substrate

Where D is called "dilatation factor"

Experimental setup

MgF₂ thin layers were deposited on both sides of silica substrates by ion beam sputtering of the Laser Zentron Sputterer (LZ). The silica substrate has diameter of 50 mm and a thickness of 1 mm. The nominal thickness of each layer is 200 nm. The samples were also edge polished using a CO₂ laser. The masses of the uncoated substrate and the coated substrate are:

$m_{uncoated} = [4.6158 \pm 0.0002]g$ $m_{coated} = [4.6219 \pm 0.0002]g$

The heat treatment is performed inside a furnace in a controlled argon atmosphere in order to prevent the oxidation of MgF₂. Each annealing cycle has a duration of 90 hours: in the first 20 hours the temperature rise from 20°C to the annealing temperature, in the next 50 hours the temperature is maintained constant and in the last 20 hours goes down to its initial value. The mechanical dissipation associated with optical coatings has been measured using mechanical ringdown experiments on coated and uncoated disks: a resonant mode of the sample is excited and then left to freely decay. If the external sources of damping are minimized, then the loss angle $\phi(f_0)$ can be obtained from the time-dependent amplitude decay:

$A(t) = A_0 e^{-t/\tau} = A_0 e^{-\omega Q^{-1} t}$

A Geometric Nodal Suspension System (GeNS) is used to measure the mechanical losses of the samples. GeNS consists of a clamped sphere of sapphire where the disk is suspended on³.

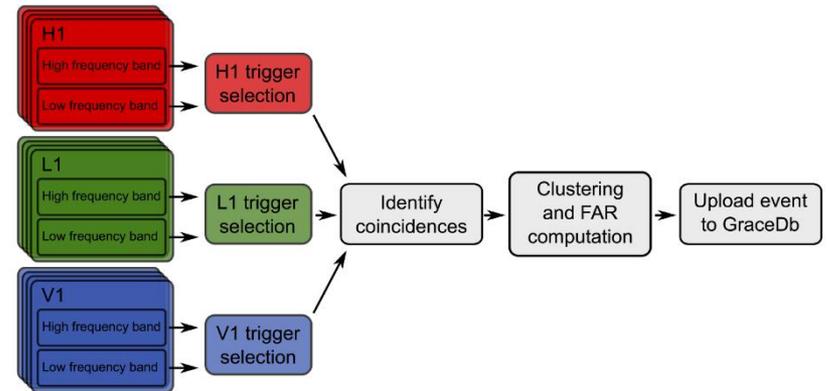
An electrostatic actuator is set near the surface of the disk to excite the resonance modes of the sample. A 30 mW HeNe laser is used to sense disk vibrations inside the chamber.



Firenze-Urbino Activity – 2019

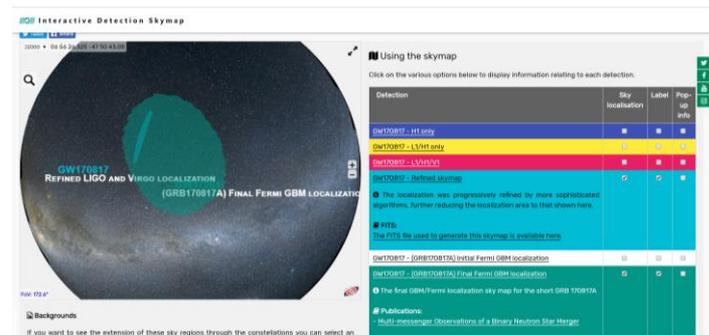
3. Data Analysis:

- Development of low latency detection Virgo pipeline (MBTA) for coalescing binary systems
- Low latency analysis of O3 data
- GW and Gamma Ray Bursts events
- Multimessenger activity, review automatic alert machinery



4. Outreach/open science activity

5. 3G research



<http://www.virgo-gw.eu/skymap.html>

International School on Gravity from Earth to Space 21-23 May 2019



Home SOC & LOC Program Venue & Travel Information Registration and Accomodation



40 participants (2 PhD students from Firenze)

LISA VIRGO International School on Gravity from Earth to Space
Urbino, 21-23 May 2019

Scientific Organizing Committee
 Karsten Danzmann
 Catia Grimaldi
 Gianluca Guidi
 Filippo Kawasoe
 Filippo Martelli
 Andrea Viceré

Local Organizing Committee
 Simone Benella
 Matteo Bischi
 Francesco Brighenti
 Sandra Bruns
 Michele Fabi
 Catia Grimaldi
 Giuseppe Greco
 Gianluca Guidi
 Ramko Kawasoe
 Filippo Martelli
 Matteo Montani
 Francesco Piervicini
 Andrea Viceré
 Mattia Villani

Invited Speakers
 Stanislav Babak
 Karsten Danzmann
 Antonio Capone
 Monica Colpi
 Vitali Mueller
 Giulia Stratta
 Stefano Vitale

Multi-messenger astronomy
with gravitational and electromagnetic waves
from the ground up to space!

Number of participants is limited
Applications are due before April 30, 2019

Firenze-Urbino activity 2020

1. O3 activity

1. Monolithic fibers maintenance
2. Commissioning/data taking
3. Data Analysis (MBTA, Multimessenger)
4. Outreach/open science

2. Advanced Virgo+:

1. Monolithic fibers for large mirrors: facilities set-up, production and characterization
2. Virgo Coating R&D: room-temperature dissipation measurement
3. Virgo Coating R&D: set-up of a cryogenic GeNS facility for dissipation measurement
4. Thermo-optic response facilities set-up

Virgo Group – 2020 Firenze-Urbino

Nome	% di afferenza a Virgo
Matteo BISCHI	100%
Giuseppe GRECO	100%
Gianluca Maria GUIDI	80%
Filippo MARTELLI	60%
Matteo MONTANI	100%
Francesco PIERGIOVANNI	80%
Stefano SELLERI	20%
Maria Giuliana STRATTA	40%
Andrea VICERE'	80%

VIRGO:STIMA RICHIESTE FINANZIARIE 2020

CONSUMO	15000
INVENTARIABILE	20000
APPARATI	20000
MISSIONI	45000

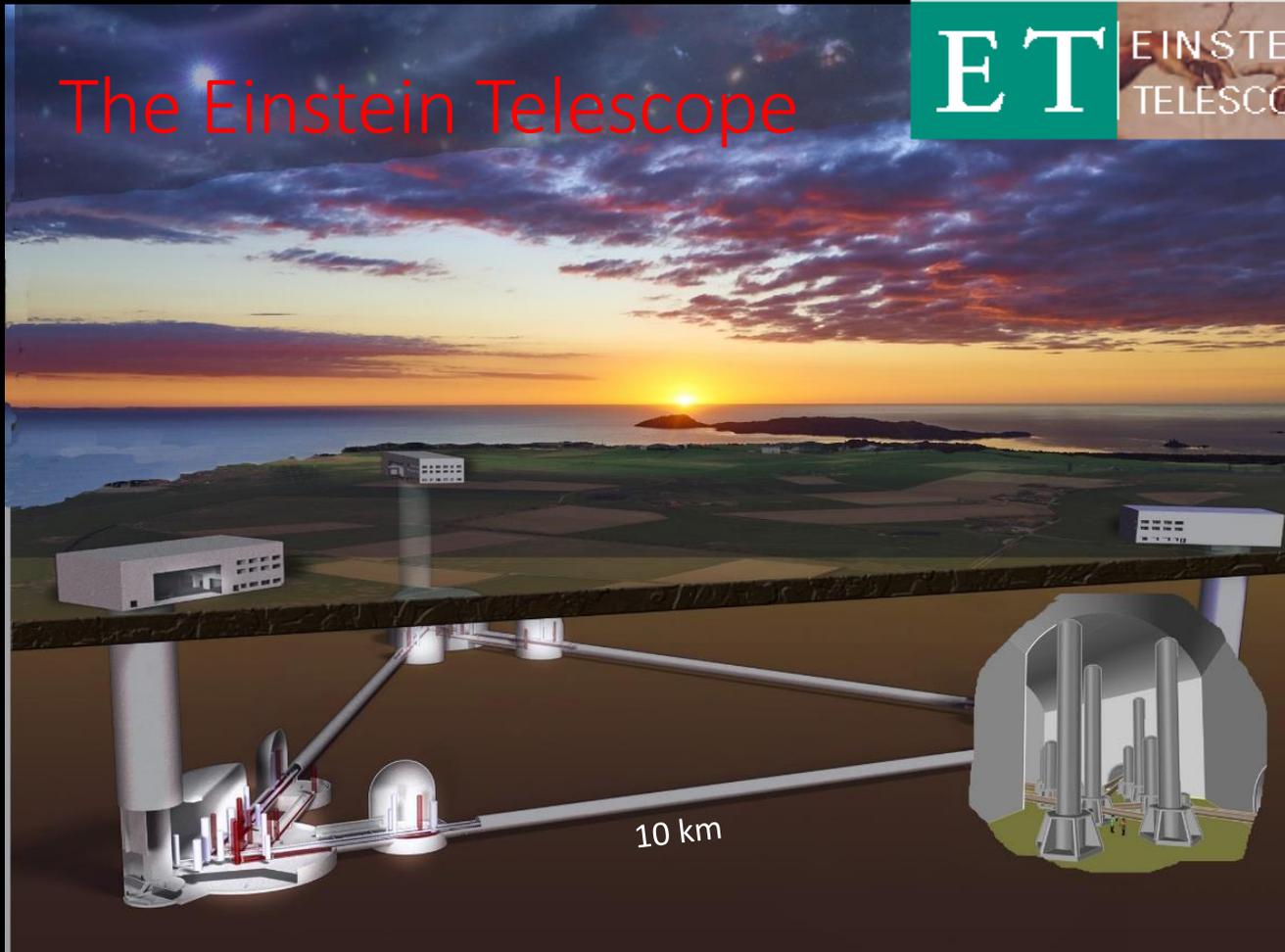
COATING R&D (GeNS + Thermo-optic + polishing)	45.000
SILICA FIBERS	10.000

SERVIZI DI SEZIONE	Mesi uomo
Officina meccanica	1 (da concordare)

The Einstein Telescope

ET

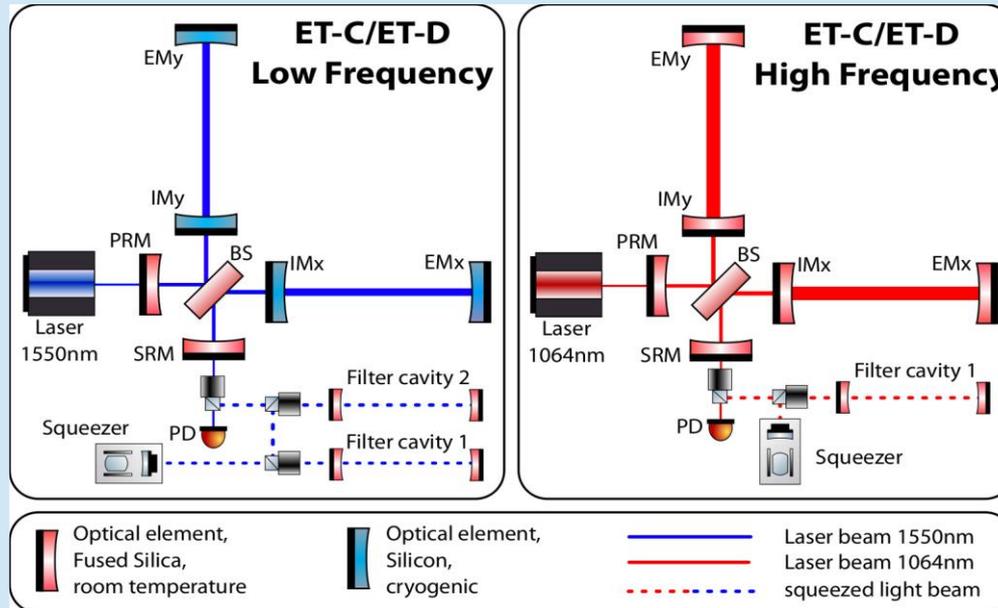
EINSTEIN
TELESCOPE



XYLOPHONE SOLUTION

LF requires cold mirrors

HF requires more laser power



Italian Government Support

17 Meuros for AdV+, ET R&D and support of the Sos Enattos candidature

ONDE GRAVITAZIONALI: MIUR, INFN E UNISS CANDIDANO LA REGIONE SARDEGNA A OSPITARE IL FUTURO OSSERVATORIO INTERNAZIONALE

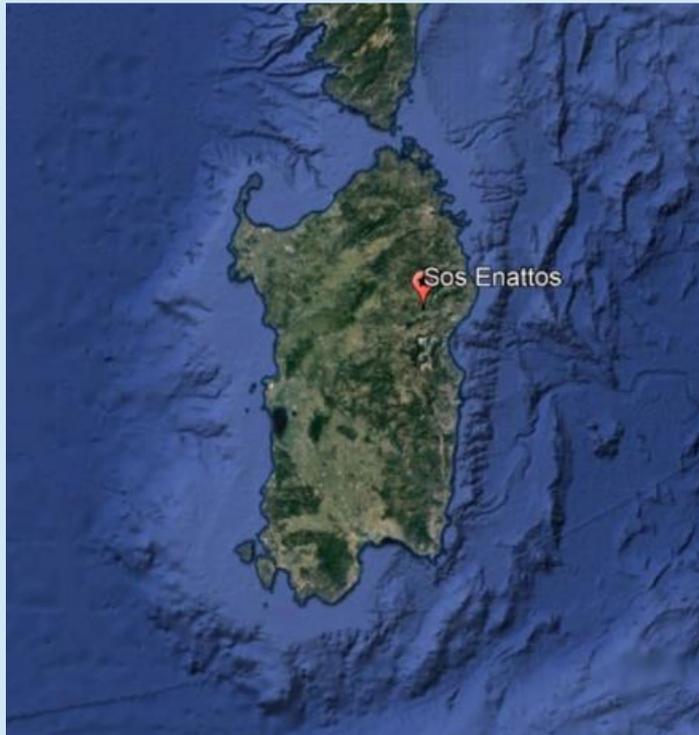
📅 Pubblicato: 22 Febbraio 2018



COMUNICATO CONGIUNTO MIUR/INFN/REGIONE SARDEGNA/UNISS_ Il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca sosterrà la candidatura della Regione Sardegna a ospitare un Centro europeo per l'Osservatorio delle onde gravitazionali nella miniera di Sos Enattos a Lula. Il MIUR, la Regione, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e l'Università di Sassari hanno firmato un Protocollo d'intesa finalizzato a mettere in atto ogni iniziativa utile a favorire l'insediamento della infrastruttura

Einstein Telescope nell'Isola, anche con lo scopo di entrare nella lista delle infrastrutture di ricerca riconosciute a livello europeo. Il progetto era stato presentato lo scorso 7 febbraio a Roma alla ministra Valeria Fedeli dal presidente della Regione Francesco Pigliaru e dall'assessore della Programmazione





Ottime caratteristiche geologiche: stabilità, bassa antropizzazione.

Finanziamento da 3 governi 😬



Sostenere la candidatura di Sos Enattos

Caratterizzazione del sito

- Analisi delle condizioni superficiali
- Analisi geologiche e geomorfologiche
- Stabilità del terreno e identificazione delle aree per le infrastrutture
- ...

ET Italia – Firenze/Urbino

Responsabile locale: Filippo Martelli (40%)

Partecipanti: Gianluca M Guidi (20%), Francesco Piergiovanni (20%), Giuseppe Greco (20%)

Expertise: Fibre per appendere gli specchi / Coating degli specchi

Attività: studio preliminare delle caratteristiche dei materiali (Silicio, Zaffiro, ..) utilizzabili a temperature criogeniche

Partecipazione limitata ad ET da parte di membri di Virgo, per attività specifiche sia di Sos Enattos che di sviluppo di «enabling technologies»

RICHIESTE

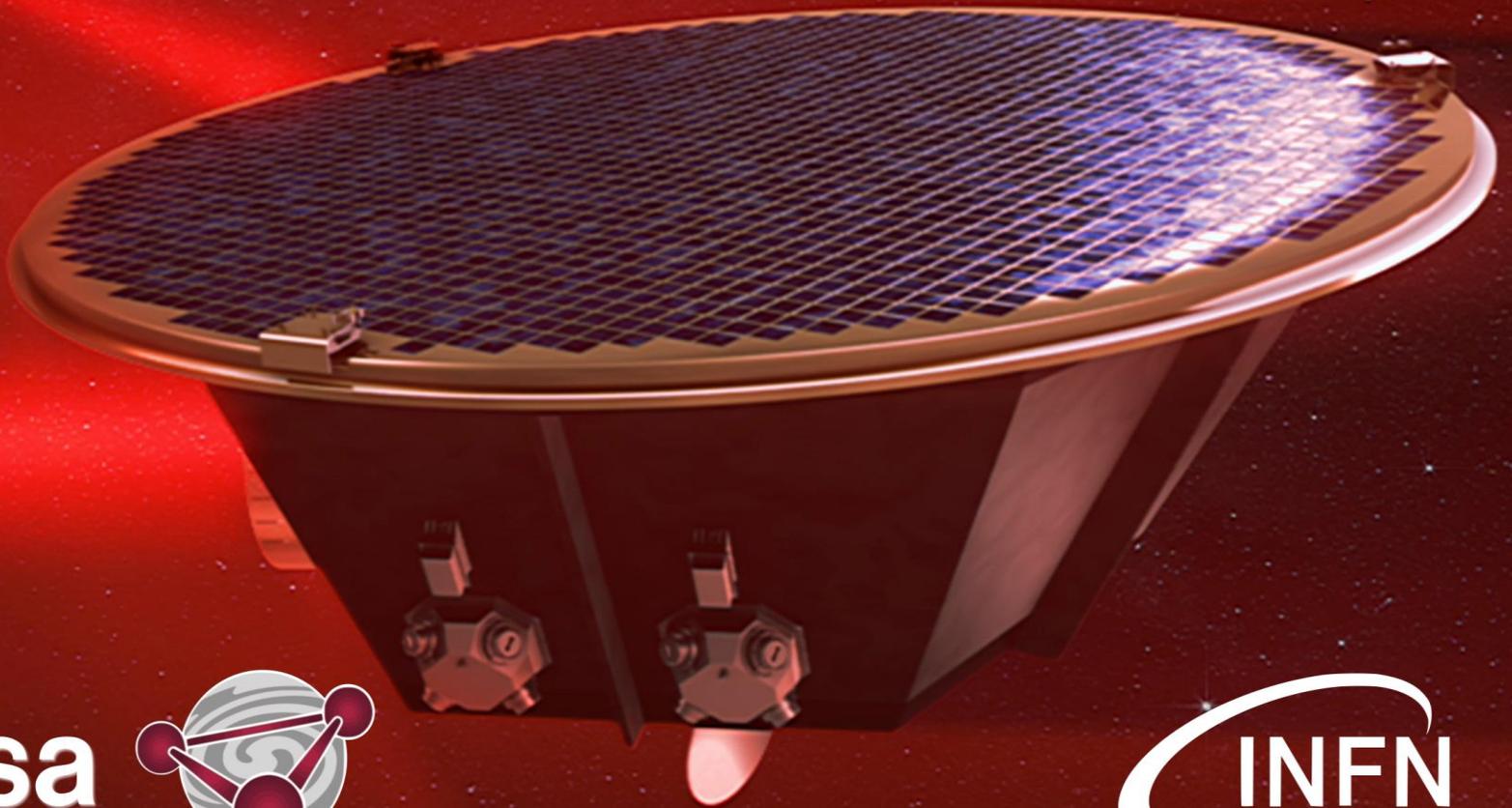
Missioni 4 k€ - Meeting e incontri di collaborazione

Consumo 6 k€ - materiali e lavorazioni; campioni di prova e liquidi criogenici.

Le assegnazioni genereranno un budget sulla sigla VIRGO_ET_MIUR

LISA

PREVENTIVI FINANZIARI 2019 – RESEARCH ACTIVITY 2020



LISA Group – 2019

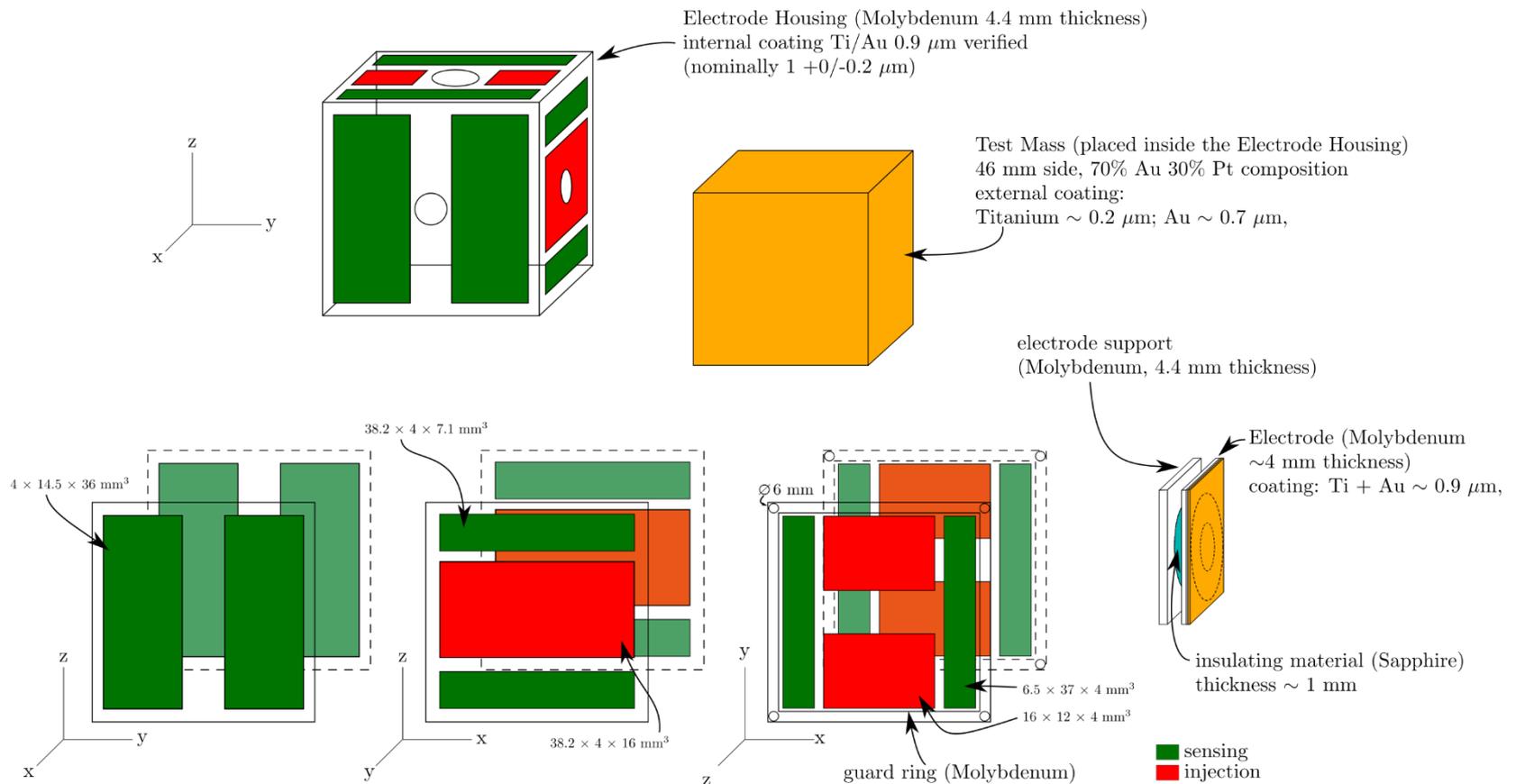
- Catia Grimani 100%
- Simone Benella 100%
- Mattia Villani 100%
- Noemi Finetti 60%
- Ruggero Stanga 50%
- Daniele Telloni 20%
- Andrea Cesarini 20%

- Michele Fabi (AT) 50%
- **FTE: 5.0**

Florence Activity – 2019

- **LISA-PF: ANALYSIS OF PARTICLE DETECTORS DATA AND INTERPLANETARY SOLAR WIND PARAMETERS FOR SPACE WEATHER SCIENCE IN COLLABORATION WITH BARCELONA AND TURIN COLLEAGUES**
- DATA ANALYSIS FROM MAGNETOMETERS
- **LISA-PF FOR LISA: PRELIMINARY MONTE-CARLO SIMULATION OF CHARGING AND DOSE RELEASE OF LOW-ENERGY ELECTRONS GENERATED AT THE SEPARATION SURFACES OF ELECTRODES AND TEST MASSES**
- **SOLAR PHYSICS (implications of GCR Forbush Decrease observed with LISA-PF): GRAD-SHAFRANOV RECONSTRUCTION OF A MAGNETIC CLOUD (ICME August 2, 2016)**

LPF Test-masses and capacitive sensors



Low-energy Electron test-mass effective charging

Nucleus	El/s	El/s 2^{ary} ionization	El/s Attenuated flux	Nucleus dose (Gy/s)	Electrons dose (Gy/s)
^1H	79	612	566	71.9×10^{-8}	42×10^{-16}
^4He	165	457	368	2.53×10^{-8}	19×10^{-16}
^{12}C	9	212	162	0.42×10^{-8}	5.2×10^{-16}
^{14}N	1	24	17	0.12×10^{-8}	0.5×10^{-16}
^{16}O	4	133	90	0.48×10^{-8}	3.4×10^{-16}
^{20}Ne	2	44	29	0.07×10^{-8}	0.8×10^{-16}
^{24}Mg	36	192	124	0.08×10^{-8}	2.8×10^{-16}
^{28}Si	6	30	18	0.02×10^{-8}	0.4×10^{-16}
^{56}Fe	39	36	18	0.03×10^{-8}	1.6×10^{-16}
TOTAL	341	1740	1392	75.65×10^{-8}	75.6×10^{-16}

Monte Carlo and data simulation



TM 1 (el/s) ¹	TM 2 (el/s) ¹	Simulations (el/s)
1060 ± 90	1360 ± 130	1392 ± 278

¹ M Armano, et al., Physical Review Letters 118.17(2017) : 171101

We consider a conservative error of **20%** for our simulations

- **LISA-PF: ANALYSIS OF INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD DATA VS LISA-PF OBSERVATIONS FOR SPACE WEATHER SCIENCE INVESTIGATIONS IN COLLABORATION WITH BARCELONA AND TURIN COLLEAGUES (will follow the 2019 activity)**
- **LISA-PF FOR LISA: FLUKA MONTE-CARLO TO BE USED TO GENERATE INPUT DATA FOR HOME MADE SIMULATION OF CHARGING AND DOSE RELEASE OF LOW-ENERGY ELECTRONS GENERATED AT THE SEPARATION SURFACES OF ELECTRODES AND TEST MASSES. We will also add SEP simulations to GCR simulations**
- **INTERPLANETARY PHYSICS: THEORY OF SMALL-MEDIUM FORBUSH DECREASES**

FINANCIAL REQUESTS 2020



18.5 keuro MISSIONI:

2 italian LISA INFN collaboration meetings x 3 p	4.0 keuro
2 collaboration meetings x 1 p (solar physics)	2.5 keuro
Isradynamics conf (talk) (LPF IP magnetic field data: Comparison with Wind and ACE)	2.0 keuro
2 int. Collaboration meetings x 2 p (1USA-1EU LISA Consortium)	6.0 keuro
2 LISA INFN-Florence collaboration meetings x 1 p	1.0 keuro
LISA Symposium (EU) per 2 persone	3.0 keuro

Recent publications (in cyan are reported the publications prepared and written by the Florence group)

Armano, M. et al., CQG, 33 (23), 235015, 2017

Armano M. et al., PRL, 118 (17), 17110, 2017

Armano et al.; PRD, 96, 062004, 2017

Armano M. et al., PRL, 120, 061101, 2018

Armano M. et al., Astrop. Phys., 98, 28, 2018

Armano et al.; PRD, 98, 062001, 2018

Armano M. et al., ApJ, 854, 113, 2018

Armano M. et al., PRD, 97, 122002, 2018

Ward et al., PRD, 2018

Armano et al.; ., ApJ, 874, 167, 2019

C. Grimani et al., Il Nuovo Cimento, 42 C (2019) 42

S. Benella et al.; Il Nuovo Cimento, 42 C (2019) 44

Armano et al., Phys. Rev. D, 99, 122003, 2019

Armano et al., Phys. Rev. D, 99, 082001, 2019

Armano et al., MNRAS, 486, 3368, 2019