

# Fisica Applicata

---

23 Gennaio 2024

# ***Fisica Applicata in Bicocca***

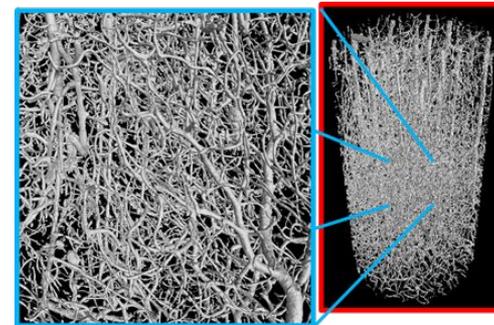
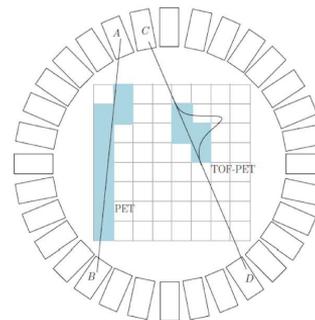
- Fisica Medica applicata alla Diagnostica e alla Terapia
- Fisica Applicata all'Ambiente
- Fisica Applicata ai Beni Culturali
- Reattori Nucleari e Flussi Neutronici
- Sviluppo di Rivelatori di Radiazione
- Tecniche di Misura per Elementi in Tracce
- Tecnologie Quantistiche
- ....

# Fisica Medica

- Sviluppo di metodologie Fisiche per Analisi Diagnostica
  - **Rivelatori e tecniche per analisi PET e SPET**
  - Elaborazione di immagini diagnostiche
- Sviluppo di metodologie Fisiche per Radioterapia
  - Macchine acceleratrici in ambito terapeutico
  - Studio e validazione di **trattamenti terapeutici**
- Analisi dosimetrica delle radiazioni in campo sanitario
  - Studio delle dosi di radiazione su **fantoccio e su paziente**
  - Sviluppo di tecniche e strumentazioni **dosimetriche**
- Tecniche di elaborazione di dati clinici
  - Sviluppo tecniche di **quantificazione** per medical imaging
  - **Ricostruzione al simulatore** delle dosi cliniche ai pazienti

Collaborazioni: San Gerardo, San Raffaele, Niguarda, IEO, CNAO, CNR Neuroscienze Milano, LMU (Monaco di Baviera), UNICAL, CNR Nanotec Roma, Sincrotrone Trieste, European Synchrotron Radiation Facility (Grenoble), .....

Bravin, Castiglioni, Di Martino, Govoni, Nucciotti, Paganoni, Pizzichemi



Nano tomografia: microcapillari della corteccia cerebrale

# Fisica Applicata all'Ambiente

Misure ambientali sui vari agenti fisici

- **Fallout Radioattivo:** dispersione contaminati in ambiente
- Studio e caratterizzazione di **carote di ghiaccio**
- Spettroscopia gamma per **l'agricoltura di precisione**
- **Sviluppo di rivelatori** per la spettroscopia neutronica e  $\gamma$  in situ



Collaborazioni: Dip. Scienze Ambientali, INFN, Else Nuclear, Nuclear Instruments

Capelli, Chiesa, Clemenza, Cremonesi, Di Stefano, Gorini, Nastasi, Paganoni, Pedrini, Pozzi, Previtali, Sisti

# Fisica Applicata ai Beni Culturali

Attività connesse con beni culturali e archeometria

- **Analisi** di campioni di interesse **storico/archeologico**
- Studio della **composizione elementare** di reperti storici

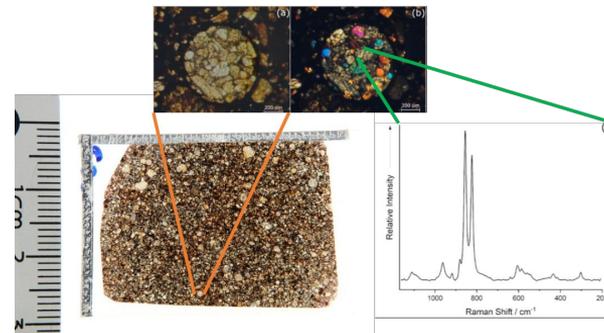
Sito archeologico di  
Sant'Imbenia - Alghero (SS)



Gemme di vetro monocrome



Collaborazioni: Università di Sassari, INFN, Musei  
Cataldo, Clemenza, Di Martino, Gorini, Marcucci



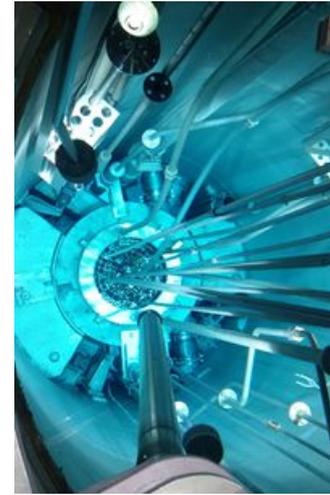
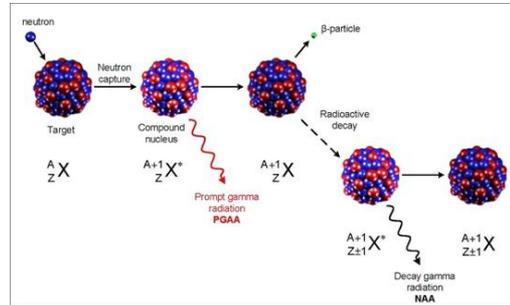
Analisi Raman di condruoli in meteoriti



Campioni di Canne  
d'organo

# Reattori Nucleari e Flussi Neutronici

- Studio e analisi di **reattori nucleari di ricerca**
- Caratterizzazione dei **flussi neutronici**
  - Studio del danno da radiazione in ambito aerospaziale
- Analisi per **Attivazione Neutronica**
  - Spettroscopia gamma con rivelatori al germanio per misurare gli isotopi attivati dai neutroni con diverse reazioni nucleari



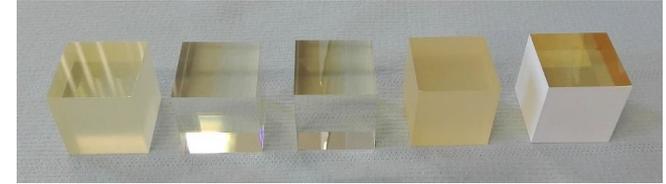
Collaborazioni: LENA Pavia, ENEA Casaccia, ISIS Neutron and Muon Source (UK)

Chiesa, Clemenza, Nastasi, Sisti, Previtali

# Sviluppo di Rivelatori di Radiazione

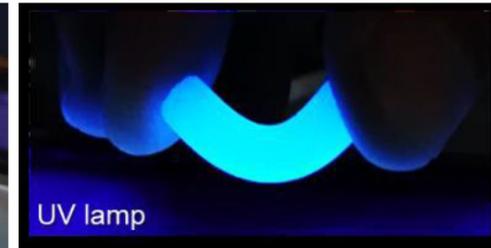
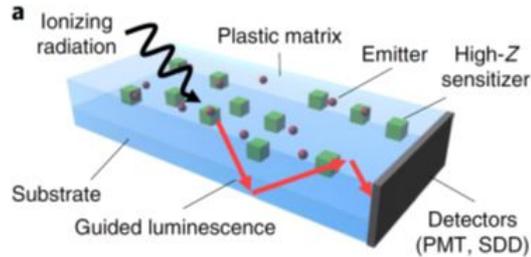
- Strumentazione 'ibrida' per misure a basso fondo
- Realizzazione di rivelatori di radiazione innovativi
- Sviluppo di rivelatori per misure in campo in collaborazione con aziende

Ottimizzazione di scintillatori



Scintillatori di  $\text{CdWO}_4$

Rivelatori composti contenenti **nanocristalli**



Collaborazioni: INFN, Dip. Scienza dei Materiali, Else Nuclear, Nuclear Instruments  
Brofferio, Capelli, Clemenza, Croci, Gironi, Nastasi, Previtali, Sisti

# Tecniche di Misura per Elementi in Tracce

- Sviluppo di **metodi e strumenti** di misura
- Caratterizzazione di **materiali ultra puri**
- Ottimizzazione di **scintillatori liquidi** per misure di radionuclidi antropogenici nelle carote di ghiaccio



Presso i **laboratori di Radioattività** si conducono studi di elementi radioattivi su matrici di diversa natura mediante l'utilizzo di **rivelatori a semiconduttore**



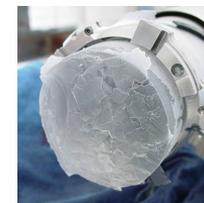
Per raggiungere **sempre maggiori sensibilità** di misura si sviluppano tecniche e strumentazioni che trovano applicazioni in diversi ambiti

*Collaborazioni: INFN*

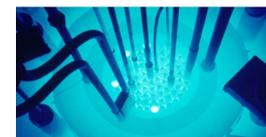
*Clemenza, Di Stefano, Nastasi, Previtali, Sisti*



Fisica delle particelle



Fisica ambientale



Reattori

# ***TESI TRIENNALI***

## ***Regole generali per lo svolgimento delle tesi triennali***

- In generale hanno durata di circa 1 mese
- E' prevista la scrittura di un elaborato e una discussione finale
- L'attività si svolge tipicamente all'interno di gruppi di ricerca
- Potete contattare direttamente i docenti o scrivermi ([luca.gironi@unimib.it](mailto:luca.gironi@unimib.it))

## ***Possibili argomenti di tesi:***

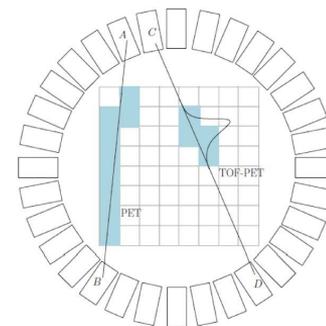
# ***Fisica Medica***

# Fisica Medica

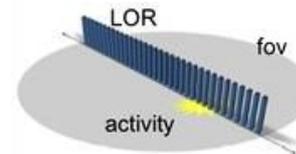
- Sviluppo di scintillatori ibridi basati su eterostrutture composte da scintillatori inorganici ad alto Z e scintillatori veloci ( nano cristalli) per ottimizzare risoluzione temporale e sensibilità nei rivelatori PET
- Sviluppo di metodi innovativi per determinare la profondità di interazione dei raggi gamma in matrici di scintillatori utilizzate in scanner PET
- Sviluppo di metodi innovativi per ottimizzare la sensitivity di scanner PET utilizzando lo scatter dei raggi gamma tra cristalli
- Studi di fattibilità per lo sviluppo di scanner PET orientati alla misura on line della dose somministrata ai pazienti durante sessioni di protonterapia
- Studio dell'impatto dell'utilizzo dei fotoni Cerenkov per migliorare la risoluzione temporale di detector PET

## Time of Flight in PET (TOF)

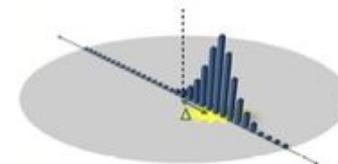
M. Paganoni, M. Pizzichemi



Conventional PET



Time-of-flight PET



## **Progetti XAI (eXplainable Artificial Intelligence)**

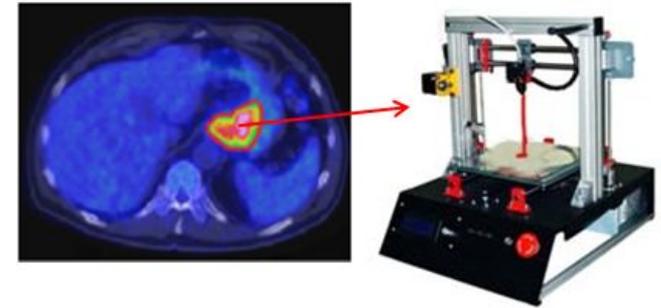
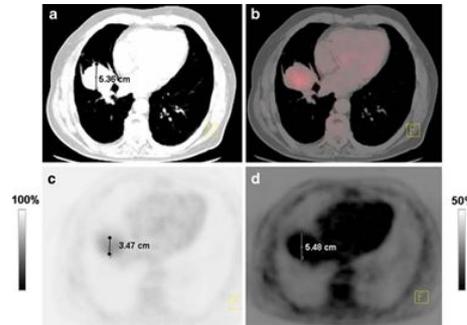
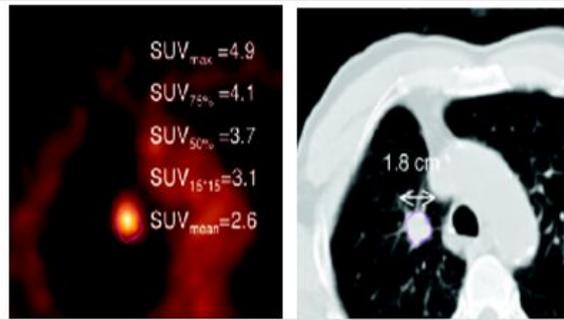
*Pietro Govoni, Simone Gennai*

- Migliorare la stima della probabilità di recidiva in pazienti affetti da tumore tramite l'utilizzo di modelli di intelligenza artificiale
- Ottimizzazione della scelta delle variabili da usare in modelli di intelligenza artificiale per la stima della probabilità di recidiva in pazienti affetti da tumore.
- Tesi compilativa su tecniche statistiche usate per validare la correttezza dei modelli matematici per la stima della probabilità di recidiva in pazienti affetti da tumore.

# Fisica Medica

## Tecniche di elaborazione di dati clinici Isabella Castiglioni

- elaborazione delle immagini mediche per il miglioramento della qualità e accuratezza quantitativa
- elaborazione delle immagini mediche per l'estrazione di biomarcatori quantitativi diagnostici
- elaborazione delle immagini di modelli fisici antropomorfici



# Fisica Medica

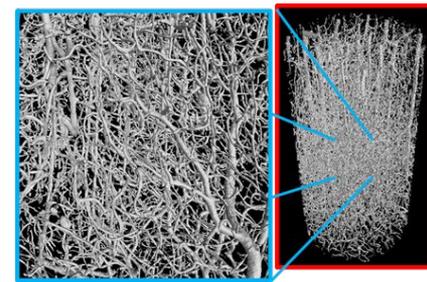
- Realizzazione di esperimenti di imaging diagnostico con raggi X nell'ambito di collaborazioni internazionali
  - Imaging tomografico a scala micrometrica e nanometrica presso laboratori di luce di sincrotrone Europei
  - Acquisizione ed elaborazione di immagini 2D e 3D
- Analisi biostrutturale di tessuti biologici mediante tecniche di diffusione a piccolo angolo (small angle scattering ) e di imaging di fluorescenza con raggi X
  - Acquisizione ed analisi dei dati presso infrastrutture di ricerca internazionali
  - Estrazione di parametri quantitativi
- Caratterizzazione di strumentazione utilizzata in fisica medica
  - Caratterizzazione di rivelatori di raggi X (risoluzione spaziale, rumore, efficienza)
  - Misure dosimetriche di radiazione (sperimentali e di Monte Carlo)

## Imaging diagnostico

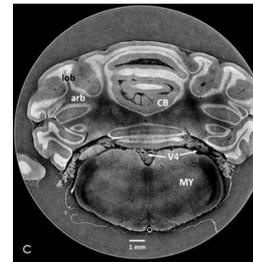
Alberto Bravin,  
Daniela Di Martino



European Synchrotron Radiation Facility , Grenoble



Nano tomografia: microcapillari della corteccia cerebrale

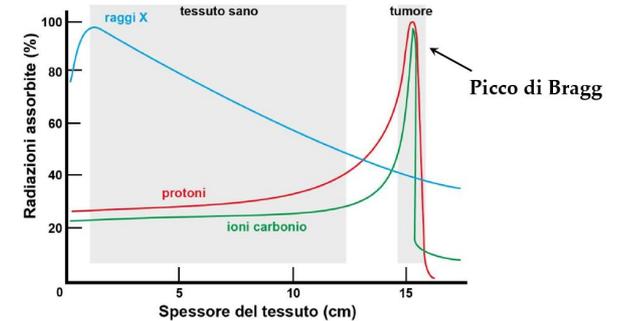
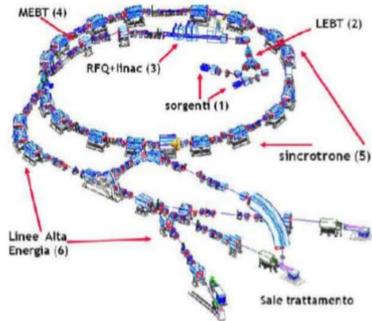


Micro Tomografia:  
cervello e cervelletto

# Fisica Medica

- caratterizzazione di strumenti per microdosimetria
- studi dosimetrici per piani di trattamento radioterapici con fasci di ioni
- controllo qualità della strumentazione per il monitoraggio del fascio
- misure dosimetriche con fantocci di acqua

## Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica (CNAO), Pavia *Angelo Nucciotti*

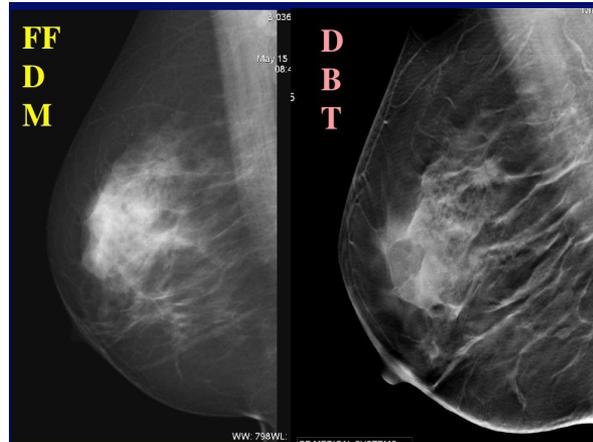


# Fisica Medica

## Struttura Complessa Fisica Sanitaria dell'Ospedale San Gerardo, Monza

*Angelo Nucciotti*

- dosimetria su strumentazione diagnostica (TAC, PET, mammografi, ...)
- controllo e confronto qualità di procedure diagnostiche
- treatment planning per radioterapia e misure dosimetriche in fantocci



# ***Fisica Applicata all'Ambiente***

# Fisica Applicata all'Ambiente

- **Carote di ghiaccio**

Forniscono informazioni sull'**andamento del clima** nel corso del tempo, sulla **composizione atmosferica** e sui **moti delle masse d'aria**

Analisi della polvere minerale depositata in **Antartide** intrappolata nel ghiaccio

- Misure di radionuclidi antropogenici beta emettitori nelle carote di ghiaccio  $^3\text{H}$ ,  $^{137}\text{Cs}$

- **Crioconiti**

**Sedimento** che si accumula in fori da fusione sui ghiacciai, particolarmente ricco di nuclidi radioattivi. Il loro studio fornisce importanti informazioni sui **moti delle masse d'aria**

- Misure di campioni prelevati sul ghiacciaio dell'Adamello
- Misure di campioni provenienti dall'Antartide

*Studi di campioni di origine glaciologica mediante spettroscopia  $\gamma$  e  $\beta$*   
*Baccolo, Clemenza, Di Stefano, Nastasi, Previtali, Sisti*



# Fisica Applicata all'Ambiente

## Spettroscopia gamma:

- Misure **in laboratorio** con HpGe
  - Misure sui profili di suolo campionati presso del Parco Nord Milano
  - Misure campioni di suolo Campo Agricolo di Lodi
- Misure **in situ** (Parco Nord Milano) con droni
  - Spettroscopia gamma con HpGe Portatile
  - Spettroscopia gamma con rivelatori a scintillazione

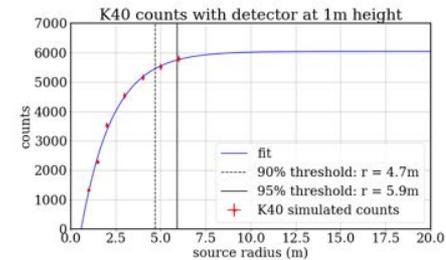
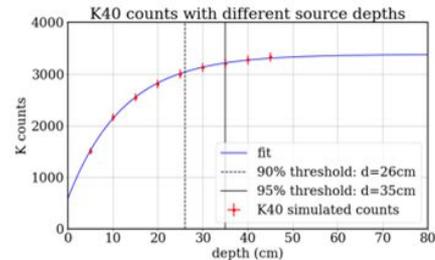
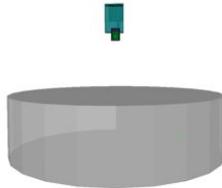
## Applicazione di Tecniche Nucleari per l'agricoltura di precisione Clemenza, Cremonesi, Di Stefano, Gorini, Paganoni, Pedrini



# Fisica Applicata all'Ambiente

## Spettroscopia gamma:

- Simulazioni **Monte Carlo**
  - Simulazioni con software ARBY basato su GEANT4
- **R&D di rivelatori** per spettroscopia gamma e neutronica in collaborazioni con aziende



**Applicazione di Tecniche Nucleari  
per l'agricoltura di precisione**  
Clemenza, Cremonesi, Di Stefano,  
Gorini, Paganoni, Pedrini



# Fisica Applicata all'Ambiente

## EyeRAD

Rete nazionale EyeRAD per il monitoraggio atmosferico volto alla rilevazione di rilasci anomali/accidentali di radioattività

- Misure tramite spettroscopia gamma di filtri esposti al particolato atmosferico sul tetto del Dipartimento di Fisica
- Misure della concentrazione di Radon in atmosfera a diverse quote

## Monitoraggio atmosferico Capelli, Nastasi, Sisti



# Fisica Applicata all'Ambiente

## Misure Radon Nastasi, Sisti

Studio della **contaminazione superficiale di materiali** esposti al Radon

- Misure tramite spettroscopia alfa di materiali esposti ad alte concentrazioni di Radon e modellizzazione del comportamento del Radon e della sua progenie

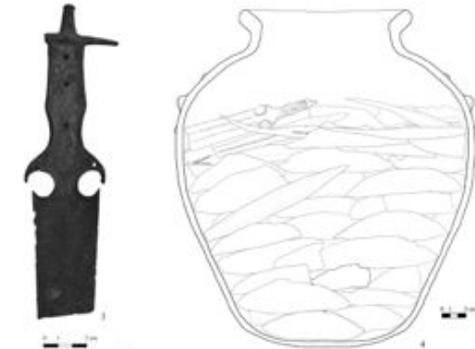
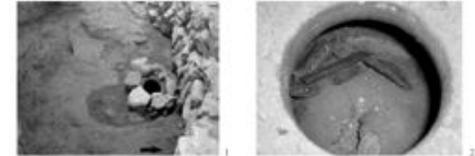
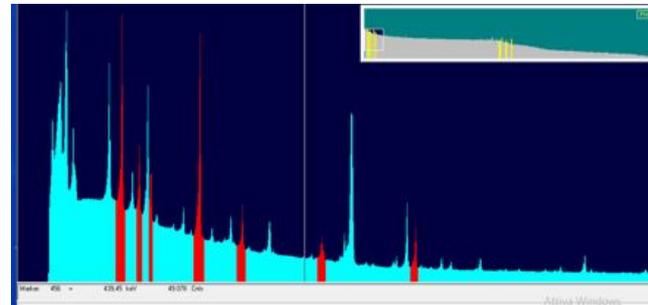
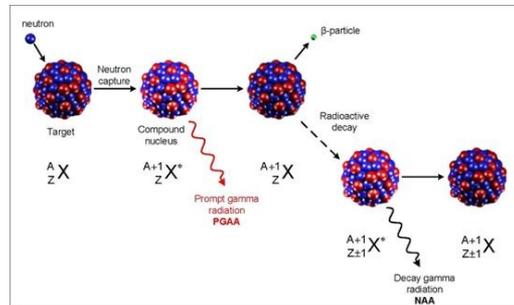


# ***Fisica Applicata ai Beni Culturali***

# Fisica Applicata ai Beni Culturali

## PGNAA applicata ai beni culturali Clemenza, Cremonesi, Di Martino, Gorini Progetto CHNET-TANDEM

- Misure di Prompt Gamma Neutron Activation presso il LENA (Laboratorio Energia Nucleare Applicata, Pavia)
- Simulazioni Monte Carlo per caratterizzazione sistema di misura e flussi neutronici



# Fisica Applicata ai Beni Culturali

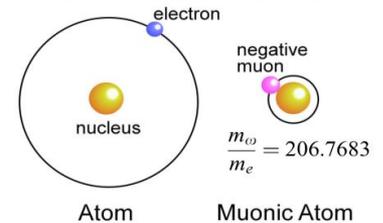
- Misure di MAXRS presso RIKEN\_RAL (UK)
- Simulazioni Monte Carlo per caratterizzazione sistema di misura e validazione processo di emissione raggi X da atomi muonici
- Confronto tra simulazioni e misure sperimentali



## Muonic Atom X-Ray Spectroscopy applicata ai beni culturali Clemenza, Cremonesi, Gorini Progetto CHNET-TANDEM

### Muonic Atom

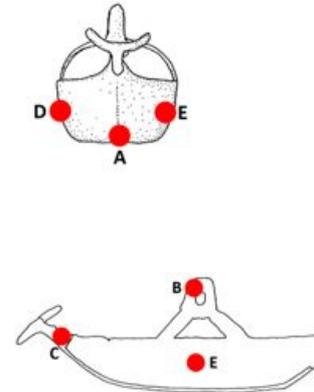
$$m_{\mu} = 105.658389 \text{ (34) MeV}/c^2 .$$



$$a_0 = \frac{n^2 \hbar^2}{m_e e^2 Z} \approx \frac{5.3}{Z} 10^4 \text{ fm}$$

(for n=1)

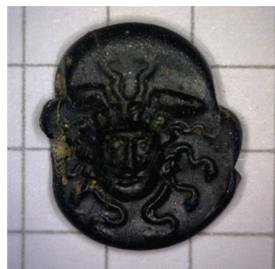
$$a_{\mu} = \frac{m_e}{m_{\mu}} a_0 \approx \frac{1}{207} a_0$$



Test beam per misure reperti  
archeologici "navicelle Nuragiche"

# Fisica Applicata ai Beni Culturali

- Implementazione e caratterizzazione del **set-up di misura** presso il LENA (Laboratorio Energia Nucleare Applicata, Pavia)
- Analisi dati di esperimenti con neutroni (diffrazione di neutroni e cattura neutronica risonante) applicate allo studio di canne d'organo
- Analisi dati di imaging neutronico applicato allo studio di oggetti di interesse artistico

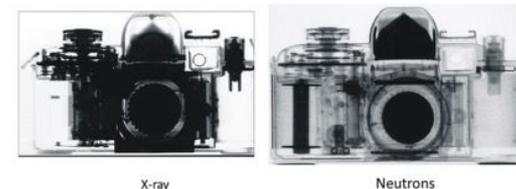


Gemme di vetro monocrome

## Neutron Imaging applicato ai beni culturali

Clemenza, Di Martino, Gorini  
Progetto CHNET-NICHE

Comparison of X-ray and Neutron Radiographs



Diverse caratteristiche di penetrazione e di interazione con i materiali tra sonda neutronica e raggi X.

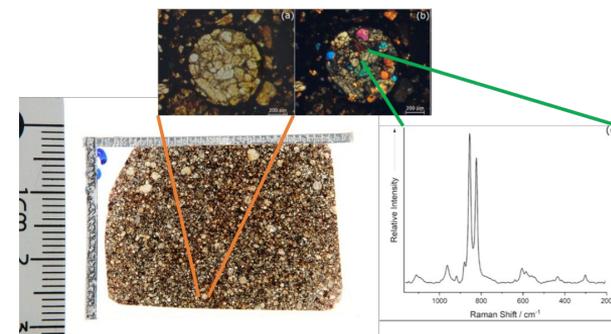
# Fisica Applicata ai Beni Culturali

Analisi di diversi materiali con tecniche complementari alle tecniche di neutroni, in particolare:

- analisi di dati Raman, IR e XRF su campioni di vetro (campagna di misure già effettuata);
- campagna di misura di spettroscopia Raman su campioni di meteorite (da svolgere in Bicocca);
- campagne di misura di risonanza paramagnetica elettronica (EPR) su tessere musive (misure da svolgere a Pavia);
- campagna di misure XRF su campioni di interesse numismatico (in collaborazione con Pavia e Como).

## Analisi numerica tecniche complementari Di Martino

Analisi Raman di condruoli in meteoriti



# Fisica Applicata ai Beni Culturali

Collaborazione col Dipartimento di Geologia dell'Università di Roma Tre per la caratterizzazione di marmi bianchi antichi utilizzati per **le statue più famose presenti nei musei** (es. Venere di Milo)

- Misure tramite **spettroscopia gamma e/o attivazione neutronica** di campioni di marmo bianco provenienti da cave antiche
- Studio tramite **simulazioni Monte Carlo** di una possibile configurazione sperimentale per la misura diretta di marmi bianchi presso i musei

## Caratterizzazione marmi antichi Nastasi, Sisti



# ***Reattori Nucleari e Flussi Neutronici***

# Reattori Nucleari e Flussi Neutronici

## Attivazione neutronica di campioni solidi e liquidi

Chiesa, Nastasi, Previtali, Sisti

Tipica attività di tesi

- **Preparazione dei campioni** da irraggiare in camera pulita
- **Irraggiamento** con neutroni presso il reattore di Pavia
- Misura dei campioni attivati presso il **laboratorio di radioattività** di Bicocca
- Calcolo delle efficienze tramite simulazione **Monte Carlo**
- **Valutazione delle concentrazioni** dei contaminanti in traccia nei campioni esaminati con la tecnica del confronto con gli standard di irraggiamento



## Tecniche in studio per aumentare la sensibilità

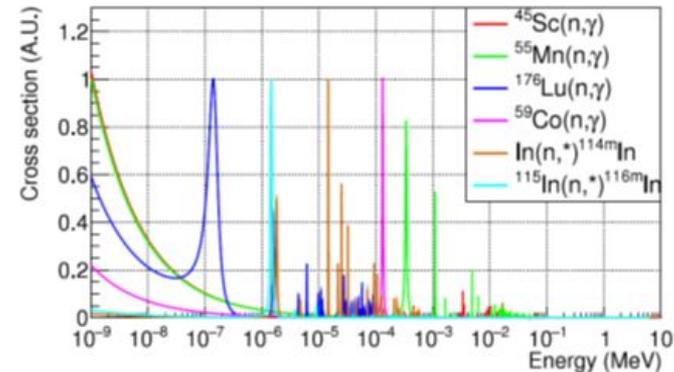
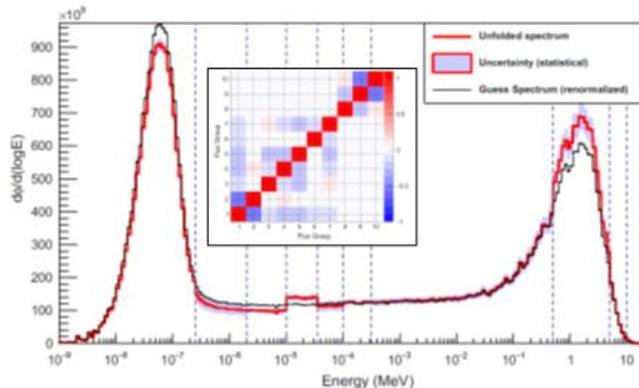
- Pre-concentrazione dei campioni
- Trattamenti radiochimici post-irraggiamento per selezionare i radionuclidi di interesse

# Caratterizzazione del flusso neutronico nelle facility di irraggiamento di un reattore nucleare

## Caratterizzazione flussi neutronici Chiesa

Analisi del flusso neutronico in un reattore nucleare

- Ricostruzione dell'intensità e dello spettro energetico del flusso neutronico a partire dai dati dei tassi di attivazione di diverse reazioni.
- Tecniche di analisi basate sulla statistica Bayesiana.
- Simulazioni Monte Carlo degli irraggiamenti con neutroni per migliorare l'accuratezza dell'analisi.

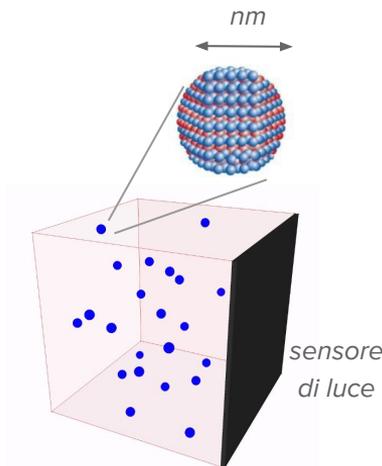


# ***Sviluppo di Rivelatori di Radiazione***

# Sviluppo di Rivelatori di Radiazione

Sviluppo di un rivelatore di radiazione ionizzante composto da matrice contenente **nanocristalli** + sensore di luce

- Caratterizzazione ottica accoppiando il campione a sensori di luce
- Misure con sorgenti radioattive
- Sviluppo di software per acquisizione e analisi dati



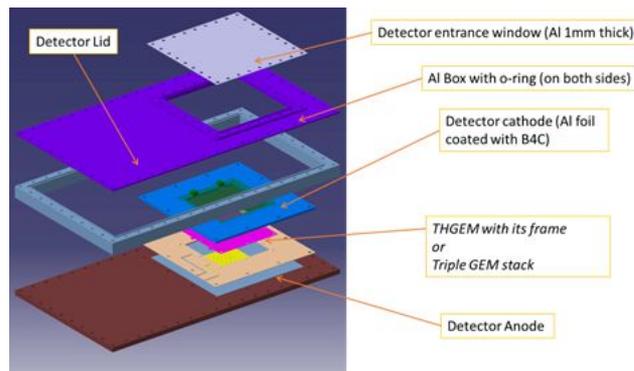
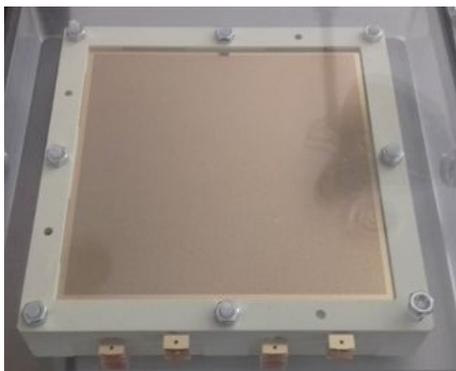
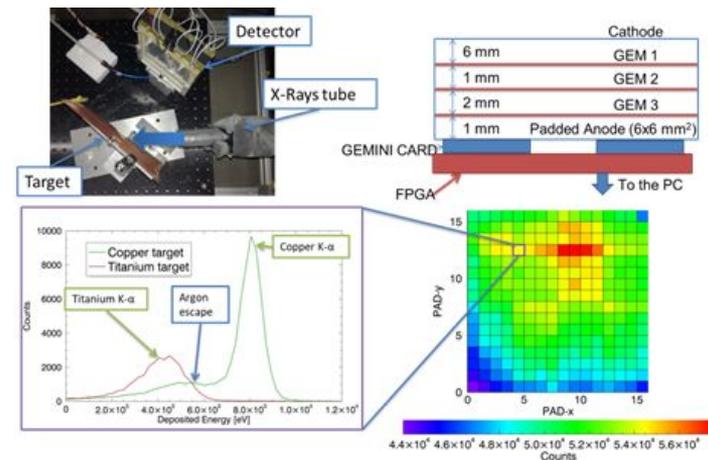
## Sviluppo di nuovi scintillatori contenenti nanocristalli Brofferio, Capelli, Gironi



# Sviluppo di Rivelatori di Radiazione

- Rivelatori a Gas basati sul concetto GEM
- Rivelatori a semiconduttore (diamanti e SiC)
- Applicazioni in esperimenti di neutron scattering
- Forte legame con sorgenti di neutroni a spallazione (ISIS e ESS)

## Sviluppo di rivelatori di neutroni Croci, Gorini

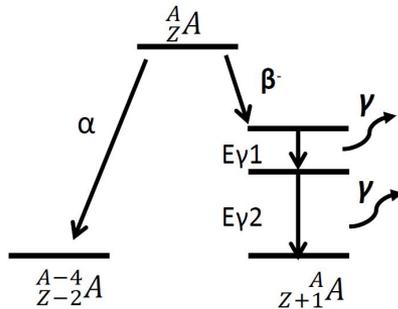


# ***Tecniche di Misura per Elementi in Tracce***

# Tecniche di Misura per Elementi in Tracce

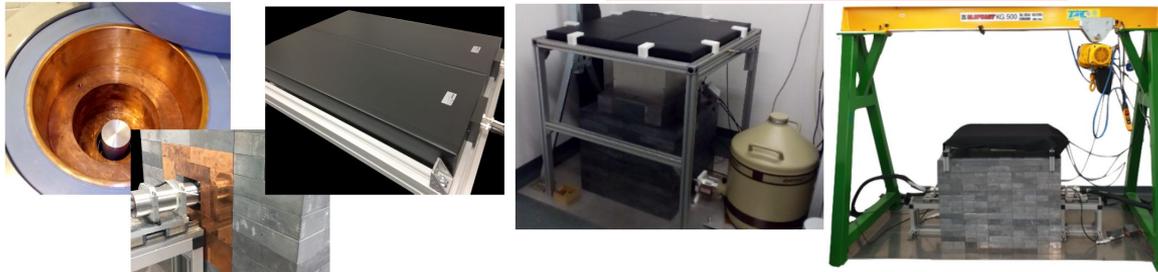
## Spettroscopia $\alpha$ e $\gamma$

Nastasi, Previtali, Sisti, Chiesa



Nelle misure di campioni a **bassa attività** il fondo ambientale è un **limite alla sensibilità** di misura: è cruciale **ridurre gli eventi indesiderati** per mettere in evidenza il debole segnale cercato.

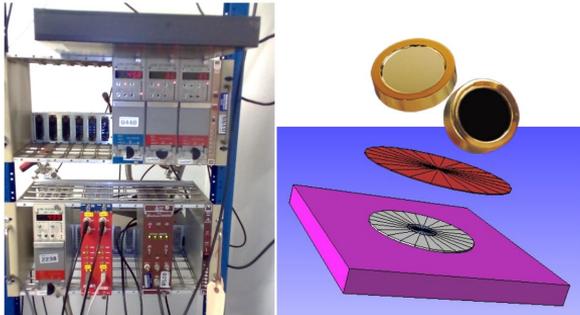
Sviluppo di tecniche di riduzione del fondo per sistemi ad alta sensibilità:  
schermature, sistemi di veto, rivelatori operanti in coincidenza



# Tecniche di Misura per Elementi in Tracce

## Spettroscopia $\gamma$

- Realizzazione di un sistema di veto innovativo per la riduzione del fondo generato dalla radiazione cosmica in rivelatori HPGe
- Ottimizzazione della sensibilità di misura mediante una modellizzazione integrata di segnale e fondo ambientale
- Riduzione del fondo ambientale di un rivelatore al germanio mediante l'analisi dei segnali
- Sviluppo di metodi radiometrici per la determinazione di  $^{210}\text{Pb}$  nelle acque potabili



## Spettroscopia $\alpha$ e $\gamma$

Nastasi, Previtali, Sisti, Chiesa



## Spettroscopia $\alpha$

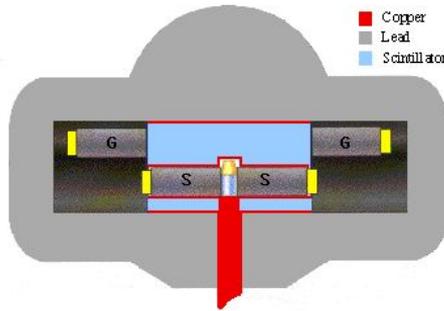
- Sviluppo di un rivelatore ad alta efficienza per misure di contaminazioni radioattive superficiali
- Modellizzazione Monte Carlo di un sistema di misura per decadimenti  $\alpha$ -X

# Tecniche di Misura per Elementi in Tracce

Scintillazione liquida: spettroscopia  $\alpha/\beta$

Clemenza, Di Stefano

Spettrometro per scintillazione liquida



Tattamento in camera «pulita» e «fredda»  
di Campioni di ghiaccio alpino presso  
«Eurocold»

