

Presentazione del Curriculum di Fisica Biosanitaria

(I Parte)

**Corso di Laurea Magistrale
in Scienze Fisiche**

Manuel Mariani

INSEGNAMENTI DEL CURRICULUM (1)

CFU TOTALI PER IL CURRICULUM DI FISICA BIOSANITARIA: 72

48 CFU acquisibili con i seguenti insegnamenti obbligatori:

Nome Insegnamento – Docente	Settore	CFU	Semestre	Laurea
Fisica delle Radiazioni Ionizzanti - S. Altieri	FIS/04	6	I	T
Biologia Generale, Anatomia e Fisiologia Umana - A. Facoetti	BIO/06	6	I	M
Tecniche Diagnostiche II - A. Lascialfari	FIS/07	6	I	M
Tecniche Diagnostiche I - S. Altieri	FIS/07	6	II	M
Elementi di Radioprotezione - E. Giroletti	FIS/07	6	II	M
Radiobiologia - A. Ottolenghi	MED/36	6	II	M
Strumentazione Fisica Biosanitaria - M. Mariani	FIS/07	6	I	M
Laboratorio di Radiazioni Ionizzanti - A. De Bari	FIS/04	6	II	M

Qualora l'insegnamento di Fisica delle radiazioni ionizzanti sia già stato sostenuto nella Laurea in Fisica deve essere sostituito con un altro insegnamento dei SSD FIS/03 o FIS/04

INSEGNAMENTI DEL CURRICOLO (2)

6 CFU acquisibili con 1 insegnamento scelto dal seguente elenco:

Nome Insegnamento – Docente	Settore	CFU	Semestre	Laurea
Metodi Statistici della Fisica - P. Pedroni	FIS/01	6	I	M
Procedimenti Informatici di Simulazione - A. Rimoldi	FIS/01	6	I	M
Rivelatori di Particelle - M. Livan	FIS/01	6	II	M
Simulazione in Campo Biosanitario - S. Bortolussi (5), F. Ballarini (1)	FIS/07	6	I	M

6 CFU acquisibili con 1 insegnamento scelto dal seguente elenco:

Nome Insegnamento – Docente	Settore	CFU	Semestre	Laurea
Elettrodinamica e Relatività - M. Carfora	FIS/02	6	I	T
Meccanica Statistica - M. Guagnelli	FIS/02	6	II	T
Complementi di Fisica di Base - A. De Ambrosis	FIS/08	6	II	T
Termodinamica Quantistica - M. Sacchi	FIS/02	6	I	M
Metodi Computazionali della Fisica - F. Piccinini	FIS/02	6	II	M

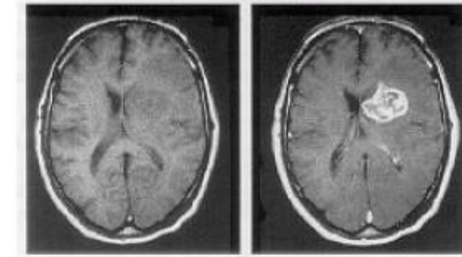
12 CFU acquisibili con 2 insegnamenti a scelta libera

TECNICHE DIAGNOSTICHE II

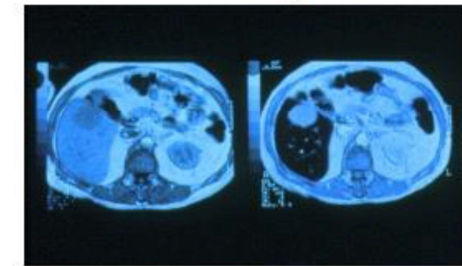
Obiettivi: formare gli studenti nel settore delle tecniche diagnostiche basate sulla risonanza magnetica nucleare.

Argomenti:

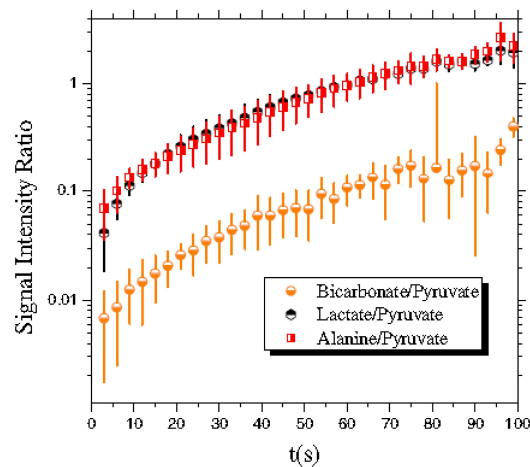
- ❑ Principi fisici della Risonanza Magnetica Nucleare
- ❑ Risonanza Magnetica per Immagini (MRI)
- ❑ Tecniche di ricostruzione di immagini
- ❑ Imaging funzionale, imaging del tensore di diffusione
- ❑ Agenti di contrasto, tecniche di iperpolarizzazione



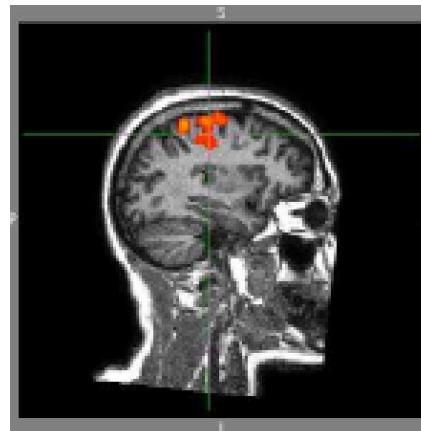
b



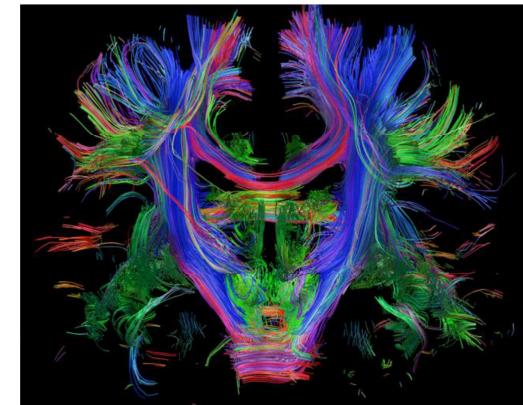
MRI without (left) and with (right) CA



In vivo molecular imaging



Functional MRI



Tractography of neural tracts

STRUMENTAZIONE FISICA BIOSANITARIA

Obiettivo: fornire le modalità operative ed principi fisici e di funzionamento della strumentazione elettronica più largamente diffusa nel settore diagnostico e biomedicale con l'ausilio di laboratori dedicati.

Apparati per misure di viscosità ematica



Viscometer Visco 6.0

Cone and Plate Viscometer

Risonanza magnetica nucleare (NMR)



NMR equipment

Risonanza magnetica per immagini (MRI)



Low field MRI
ARTOSCAN

MRI Image

Tecniche ultrasonografiche: ecografia



Ultrasounds equipment and images

LINEE DI RICERCA

NMR e MRI per la Teranostica (Terapia e Diagnostica)

Nanoparticelle superparamagnetiche per diagnostica e terapia
(A. Lascialfari e M. Mariani)

Linee di ricerca in collaborazione con ospedali lombardi
(A. Lascialfari)

Polarizzazione dinamica di nuclei per diagnostica precoce di tumori
(P. Carretta)

Diagnostica e Sensoristica Ottica vs Morfologia

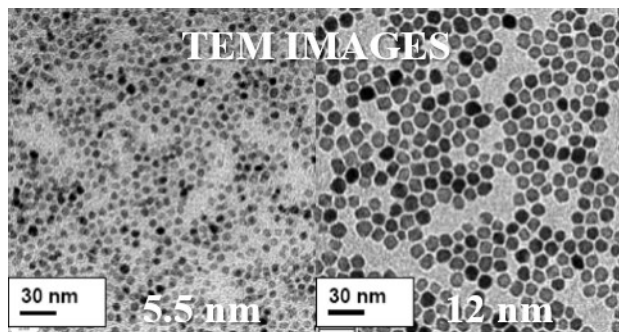
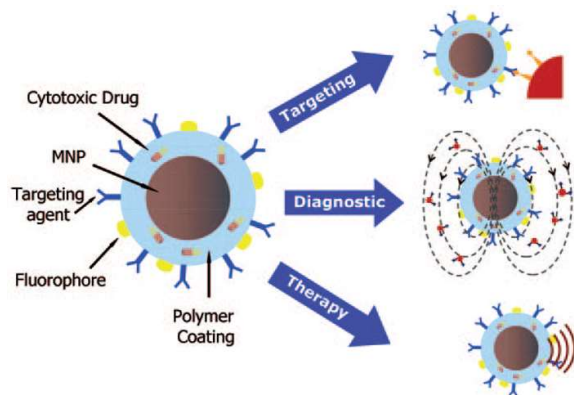
Nanostrutture plasmoniche (particelle, rod e stelle di Au e Ag) per azione antibatterica e terapia fototermica; SERS sensing
(M. Patrini e P. Galinetto)

NP_s SUPERPARAMAGNETICHE PER LA TERANOSTICA

NANOPARTICELLE SUPERPARAMAGNETICHE

Terapia: (Ipertermia magnetica fluida, rilascio di farmaci)

Diagnostica: (Agenti di contrasto MRI, fluorescenza)

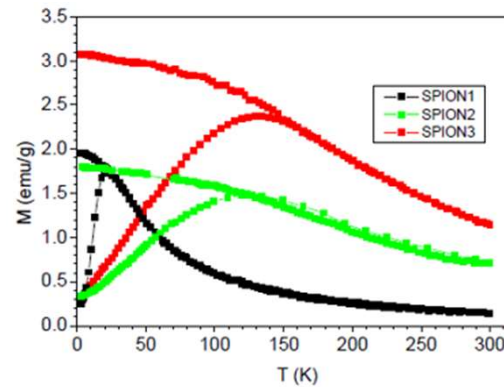


Coating: PEG (polyethylen glycol), PAA (polyacrylic acid)

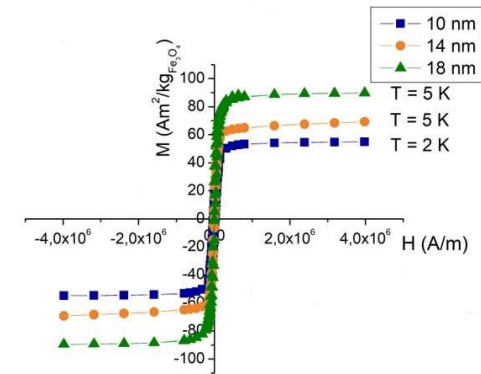
Core magnetico: γ -Fe₂O₃, Fe₃O₄, 5nm<d<50nm

CARATTERIZZAZIONE MAGNETICA

Magnetometria DC con SQUID

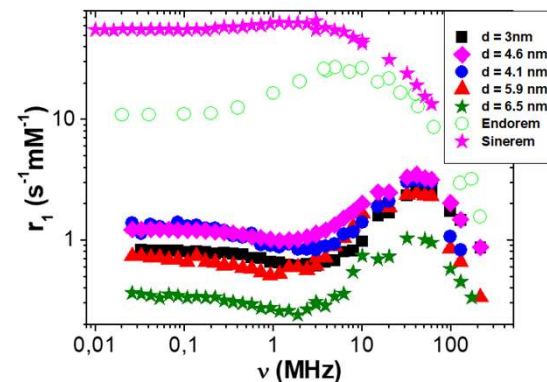


M vs T (curve ZFC – FC)



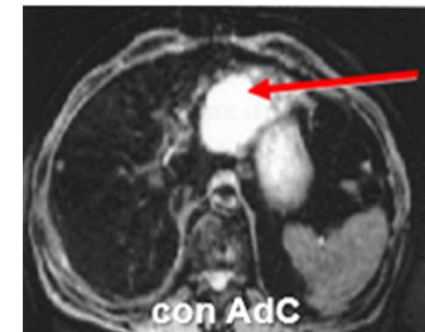
M vs H (ciclo di isteresi)

Rilassometria NMR



r_{1,2} vs ν (rilassività)

Immagini MRI

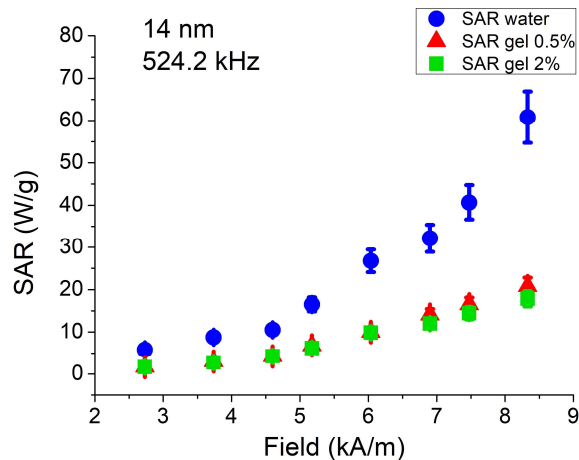
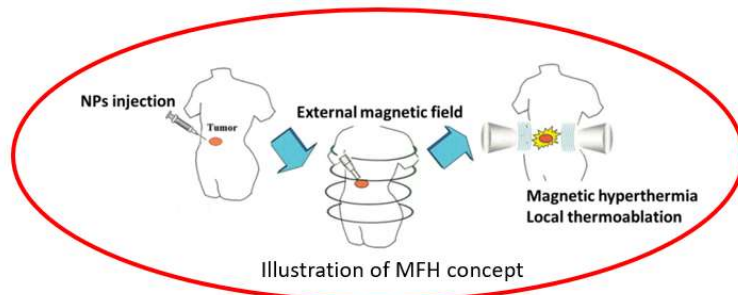


Tumore al fegato rilevato da SPION

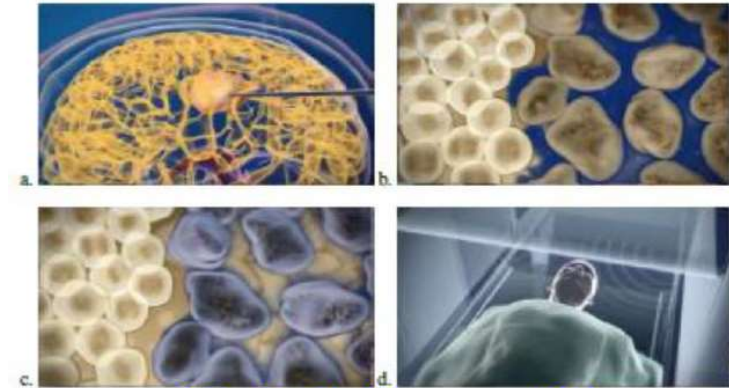
Ref.: A. Lascialfari et al., *Rivista del Nuovo Cimento* 36 (6), 211-269 (2013); T. Orlando et al., *Contrast Media & Molecular Imaging* 11, 139-145 (2016); T. Orlando et al., *Nano Lett.* 14, 3959-3965 (2014)

NP_s SUPERPARAMAGNETICHE PER LA TERANOSTICA

IPERTERMIA MAGNETICA FLUIDA: tecnica antitumorale consistente nell'innalzamento locale di temperatura all'interno del tumore, fino a $\sim 43^{\circ}\text{C}$, per danneggiarne le cellule con l'uso di NP_s che rilasciano calore in un campo magnetico alternato.



Misure
in vitro di
SAR su NP_s
in acqua e
in gel
(@ Dip. di
Fisica UniMI)



Clinical trials (Germany, USA)

Figura 3.5: (a) Esempio di iniezione di nanoparticelle in un paziente affetto da glioblastoma multiforme, direttamente nella regione da trattare. (b) Le MNP iniettate diffondono nello spazio intercellulare tra le cellule neoplastiche (a destra) ma non tra le cellule dei tessuti sani (a sinistra). (c) Le nanoparticelle vengono assorbite dalle cellule tumorali. (d) Il paziente viene quindi esposto a un campo magnetico alternato per ipertermia. Immagini da video azienda MagForce[®], the nanomedicine company, NanoTherm[®] Therapy, Germany [19].

Progetto HADROMAG finanziato da INFN

Hadron Therapy and Magnetic Hyperthermia: a combined therapy for Pancreatic Cancer Treatment



Valutazione dell'effetto combinato di ipertermia magnetica fluida e adroterapia (protoni e ioni carbonio) su cellule tumorali del pancreas.

RICERCHE IN COLLABORAZIONE CON GLI OSPEDALI

- ASST Grande Ospedale Metropolitano Niguarda, Milano

Dott. Torresin: (a) Neuroimaging con tecniche multimodali (MRI; -fMRI e DTI-, CT/PET); (b) Perfusion cerebrale (in CT e MRI); (c) Imaging di Risonanza Magnetica in radioterapia

- IRCCS Istituto Europeo di Oncologia, Milano

Dott.ssa Botta e Dott.ssa Origgi: (a) valutazione della dose individuale al paziente in Tomografia Computerizzata mediante simulazione Monte Carlo; (b) Analisi radiomica di immagini di risonanza magnetica per la determinazione di parametri prognostici e/o predittivi in pazienti oncologici

- IRCCS Ospedale San Raffaele, Milano

Dott. Spinelli: Optical imaging dosimetry utilizzando radiazione Cerenkov e non Cerenkov

Dott. Fiorino: Impatto del movimento delle anse intestinali in trattamenti di tumori prostatici mediante imaging MVCT giornaliero e mappe di distribuzione di probabilità

- Istituti Clinici Scientifici Maugeri, Pavia

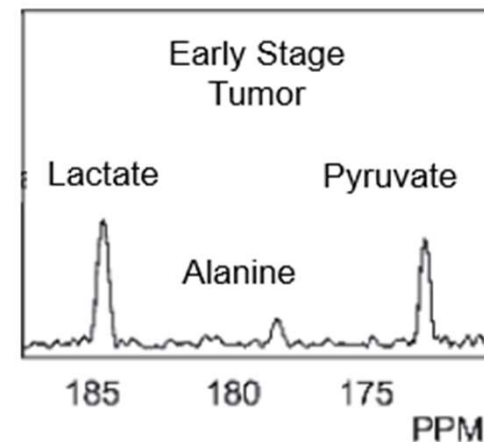
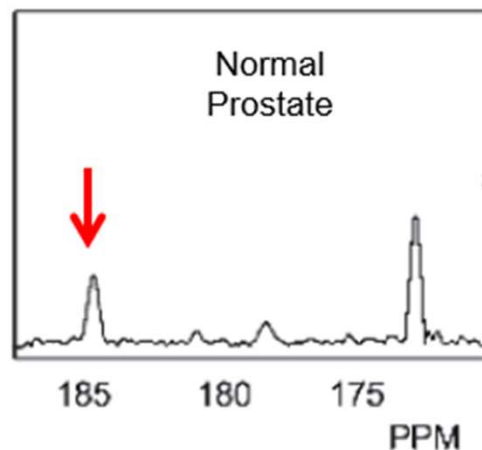
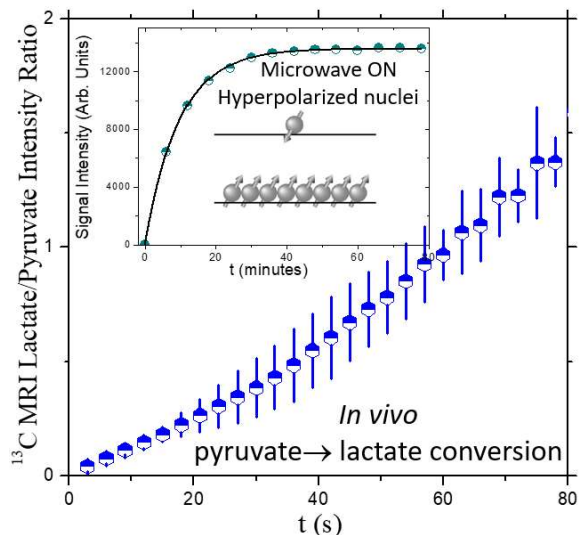
Dott. Crespi: Sviluppo di una metodologia di valutazione dell'allineamento di immagini prodotte da tomografi ibridi in medicina nucleare

- Istituto Clinico Humanitas, Rozzano (MI)

Prof. Chiti: analisi avanzata delle immagini medicali (radiomica) in oncologia

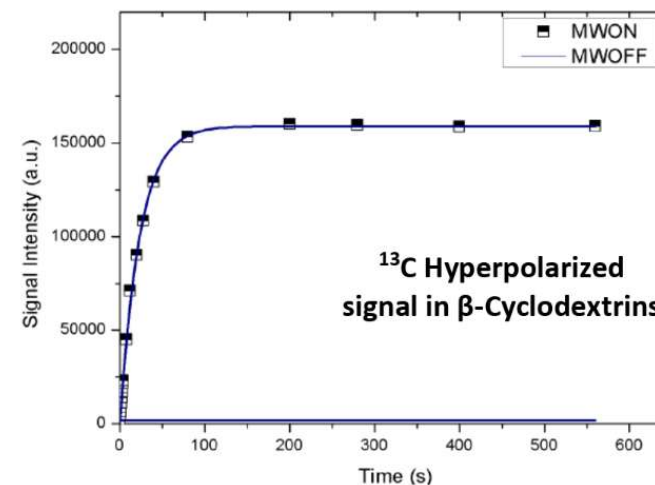
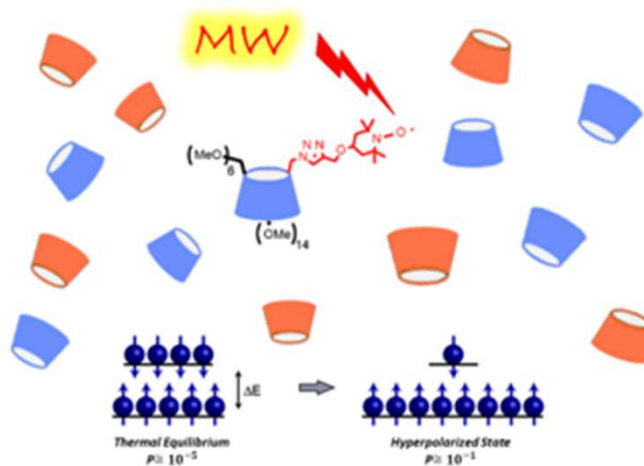
Dott. Cozzi: (a) radiomica di immagini di tomografia computerizzata; (b) radiomica di immagini di tomografia ad emissione di positroni

DYNAMIC NUCLEAR POLARIZATION (DNP)



DNP IN β - CYCLODEXTRINS

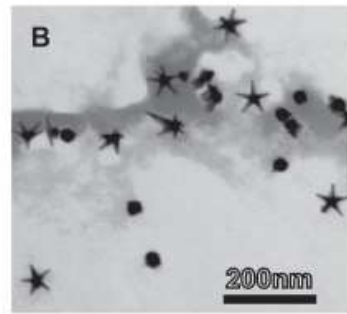
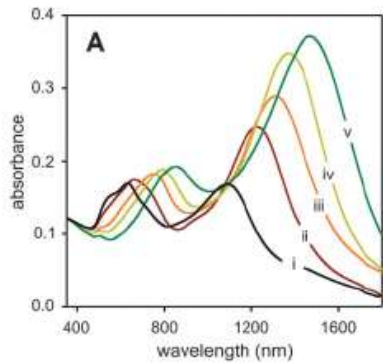
β -Cyclodextrins
are nanovectors
for drug delivery
DNP would allow
to follow the fate
of the drug in vivo
through molecular
imaging



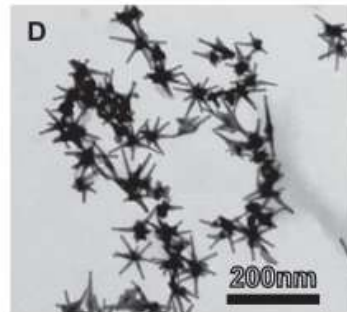
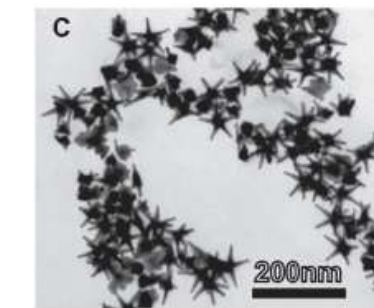
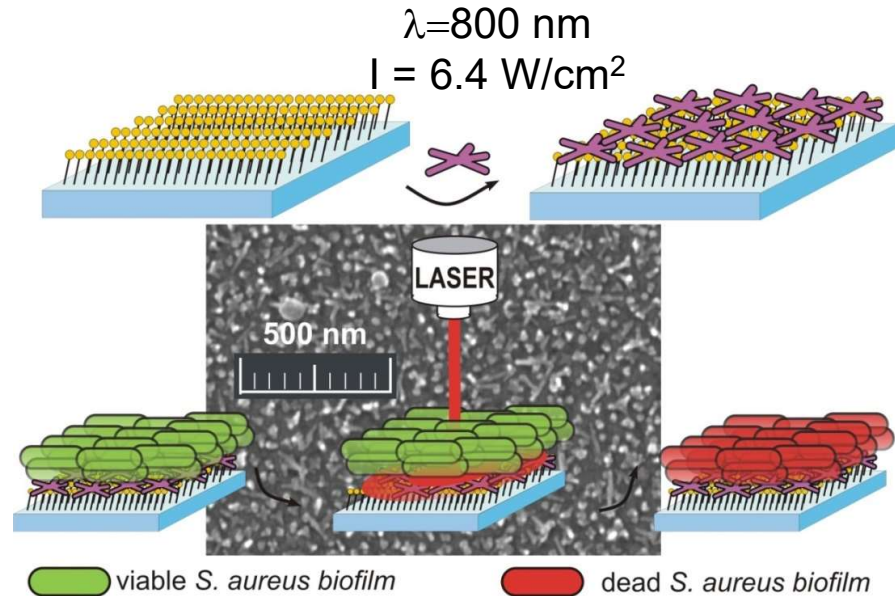
Ref: M. Filibian et al., *PCCP* 16, 27025 (2014); J. Kurhanewicz et al., *Neoplasia* 13, 81 (2011)

pietro.carretta@unipv.it

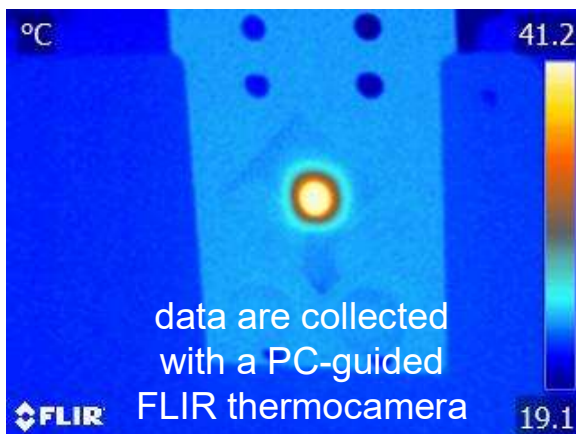
Nanostrutture Plasmoniche per Azione Fototermica e Antimicrobica



nanostelle Au con risonanza SPR nel vicino IR (biotrasparenza)



TEM Au nanostelle a differente aspect ratio



Monostrati Au/Ag funzionali su superfici vetrose:

- azione antibatterica per rilascio locale e continuo nel tempo di ioni Ag(I)
 - risposta per conversione foto-termica con $\Delta T > 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- = azioni combinate in supporti impiantabili

Coll. Dip. Chimica UniPV & Fisica UniMIB

maddalena.patrini@unipv.it

pietro.galinetto@unipv.it



UNIVERSITÀ DI PAVIA
Dipartimento di Fisica

Presentazione della Laurea Magistrale in Scienze Fisiche

Curriculum di Fisica Biosanitaria – Radiazioni ionizzanti

Francesca Ballarini

Didattica – insegnamenti obbligatori (48 CFU)



Nome insegnamento	Settore	CFU	Semestre	Laurea (1)
Fisica delle radiazioni ionizzanti (S. Altieri)	FIS/04	6	I	T
Biologia generale, anatomia e fisiologia umana (A. Facoetti, R. Nano)	BIO/06	6	I	M
Tecniche diagnostiche II (P. Carretta, A. Lascialfari)	FIS/07	6	I	M
Tecniche diagnostiche I (S. Altieri)	FIS/07	6	II	M
Elementi di radioprotezione (E. Giroletti)	FIS/07	6	II	M
Radiobiologia (A. Ottolenghi)	MED/36	6	II	M
Strumentazione fisica biosanitaria (M. Mariani)	FIS/07	6	I	M
Laboratorio di radiazioni ionizzanti (A. De Bari)	FIS/04	6	II	M

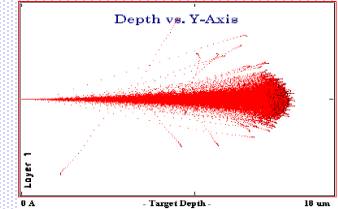
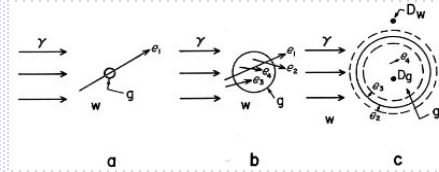
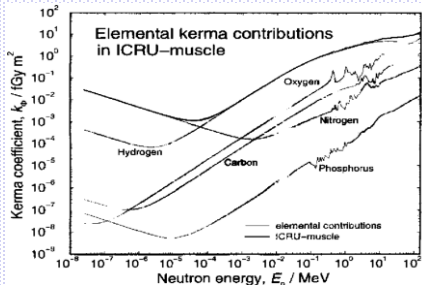
Qualora l'insegnamento di Fisica delle radiazioni ionizzanti sia già stato sostenuto nella laurea in Fisica deve essere sostituito con un altro insegnamento dei SSD FIS/03 o FIS/04.



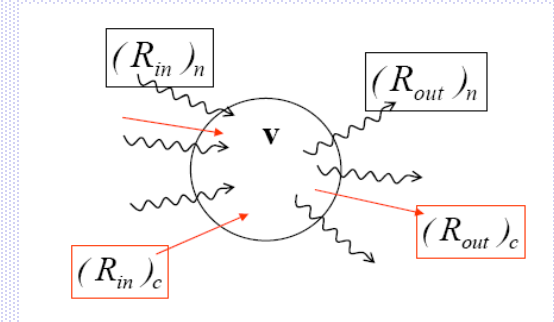
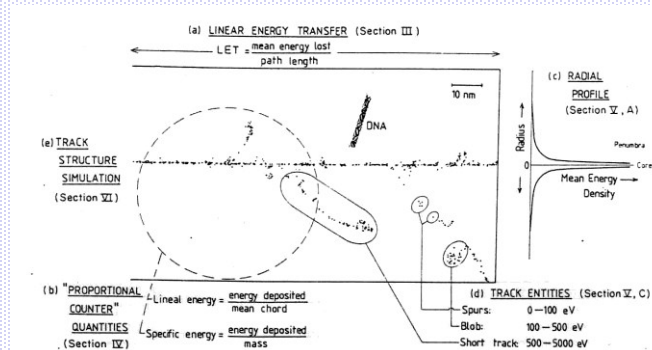
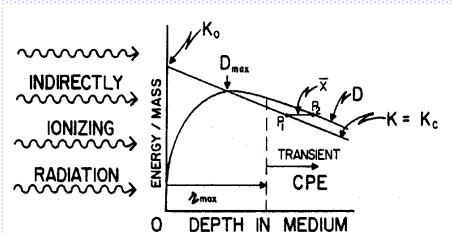
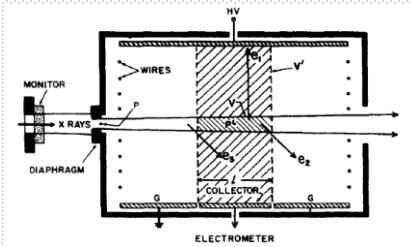
FISICA DELLE RADIAZIONI IONIZZANTI

Introduzione alla dosimetria delle radiazioni ionizzanti

saverio.altieri@unipv.it



- Interazione radiazione – materia: particelle cariche, fotoni, neutroni
- Grandezze radiometriche: kerma, esposizione, dose assorbita
- Teoria della cavità
- Microdosimetria
- Fondo naturale di radiazioni



**DOSIMETRIA PER BNCT
MISURA BORO**

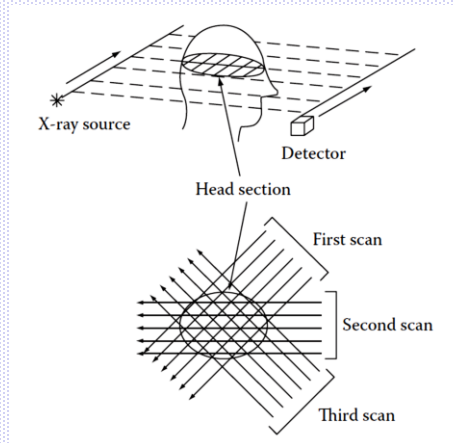
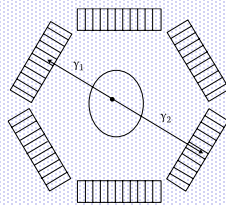
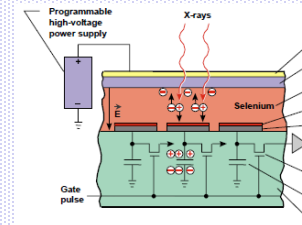
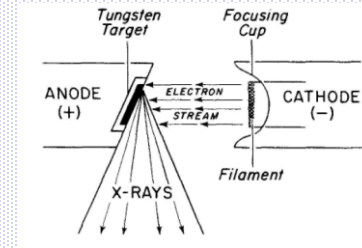
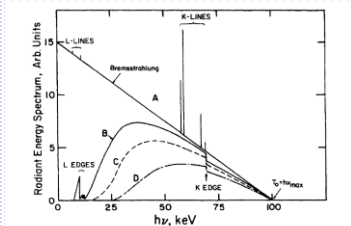


saverio.altieri@unipv.it

TECNICHE DIAGNOSTICHE I

Introduzione alle tecniche diagnostiche basate su radiazioni ionizzanti

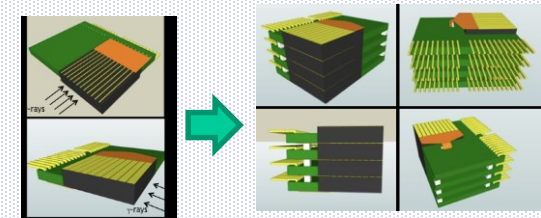
- Imaging
- Rivelatori analogici e digitali
- Raggi X
- Radiografia e Tomografia, TAC
- Imaging con radioisotopi
- SPECT
- PET



**SPECT
PER MISURA DOSE IN BNCT**

$$D \propto \int n_B \sigma \phi dV$$

**CICLOTRONE
al LENA
Produzione
radioisotopi**



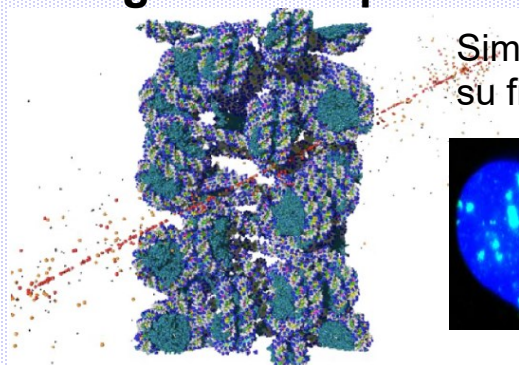
CdZnTe

Radon Transform

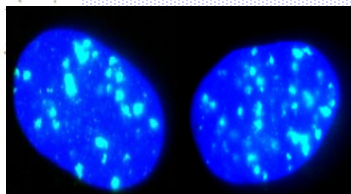
$$\lambda_{\phi}(x_T) = -\ln\left(\frac{\Phi_{\phi}(x_T)}{\Phi_0}\right) = \int_l \mu(\mathbf{r}) dy_T$$

RADIOBIOLOGIA (6 CFU, Il semestre, Prof. A. Ottolenghi)

- Effetti **fisici** (es.: struttura di traccia), **chimici** e **biologici** delle **radiazioni ionizzanti**, a livello sub-cellulare (es.: DNA), cellulare e di organismo (approccio integrato multi-scala - ***systems radiation biology***)
- Approcci teorico/sperimentali integrati per l'**ottimizzazione** dell'**uso delle radiazioni ionizzanti in medicina** (in terapia e in diagnostica) e per la **radioprotezione** in diversi ambiti (es. radiazione spaziale) e la **stima del rischio**
- Le **radiazioni** come **strumento di indagine** per lo studio dei **meccanismi di risposta biologica** a una **perturbazione**



Simulazione di traccia di radiazione su fibra di cromatina



Spot luminosi di danno al DNA in nuclei visti con microscopio a fluorescenza

con sessioni di laboratorio presso RadBioPhys LAB



Da 9 anni il corso è integrato con il corso internazionale:
A two-week course on

Modelling radiation effects from initial physical events

Learning modelling approaches and techniques in radiation biophysics and radiobiology research, from basic mechanisms to applications

May 27th to June 7th, 2019

Physics Dept., University of Pavia,
Via Bassi 6, Pavia, Italy

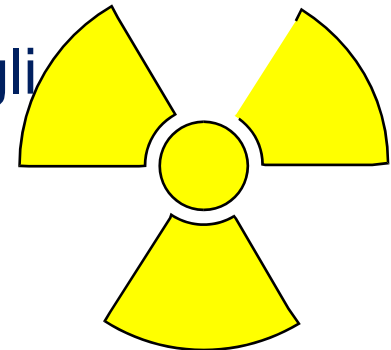


<http://radbiophys.unipv.eu/>

ELEMENTI DI RADIOPROTEZIONE

Elio Giroletti
elio.giroletti@unipv.it

- docente: Elio GIROLETTI
- CFU 6, lezioni frontali: 48 ore
- obiettivi: al termine del corso lo studente conoscerà, per sommi capi, le problematiche sulla **protezione e sicurezza dalle radiazioni ionizzanti** di origine naturale e artificiale, dei soggetti tutelati: **lavoratori, popolazione e pazienti**, con riferimento agli aspetti fisici, operativi e normativi
- Nota: il corso fornisce le basi per la professione di **esperto qualificato** e di **esperto in fisica medica**



LABORATORIO DI RADIAZIONI IONIZZANTI



Utilizzo pratico di rivelatori a scintillazione, a stato solido e strumentazione di fisica sanitaria.

Esperienze:

- Montaggio catena NaI(Tl)
- Calibrazione in energia di una catena NaI(Tl)
- Analisi di spettri gamma
- Identificazione di radionuclidi mediante spettrometria gamma
- Risoluzione in energia di un NaI(Tl)
- Misura dell'attività di radionuclidi
- Misura coefficiente di assorbimento massico di Pb e Al con fotoni gamma a 661 keV
- Misura contaminazione superficiale
- Calibrazione in efficienza di un HPGe
- Attivazione neutronica e analisi dei campioni attivati
- Misura della concentrazione del radon
- Utilizzo di SiPM nella caratterizzazione di una sorgente γ

Antonio De Bari
antonio.debari@unipv.it

BIOLOGIA GENERALE, ANATOMIA E FISIOLOGIA UMANA (A. Facoetti, R. Nano)

Obiettivi: Apprendimento di concetti e meccanismi di base di biologia, anatomia e fisiologia.

Argomenti:

- La cellula come unità fondamentale degli organismi: organizzazione e funzione
- Organizzazione delle cellule procariote ed eucariote.
- DNA, cromosomi, mitosi e meiosi, RNA e sintesi proteica.
- I ruoli chiave della divisione cellulare; apoptosi (morte cellulare programmata), necrosi
- Tecniche di colorazione morfologica e immunohistochimica
- Tessuto epiteliale, connettivale, muscolare, nervoso
- Midollo osseo, cellule del sangue e del sistema immunitario
- Sistema circolatorio, digestivo, respiratorio

Didattica – insegnamenti opzionali (24 CFU)

6 CFU acquisibili con 1 insegnamento scelto dal seguente elenco:

Nome insegnamento	Settore	CFU	Semestre	Laurea (1)
Metodi statistici della fisica	FIS/01	6	I	M
Procedimenti informatici di simulazione	FIS/01	6	I	M
Rivelatori di particelle	FIS/01	6	II	M
Simulazione in campo biosanitario	FIS/07	6	I	M

6 CFU acquisibili con 1 insegnamento scelto dal seguente elenco:

Nome insegnamento	Settore	CFU	Semestre	Laurea (1)
Elettrodinamica e relatività	FIS/02	6	I	T
Meccanica statistica	FIS/02	6	II	T
Complementi di Fisica di Base	FIS/08	6	II	T
Termodinamica Quantistica	FIS/02	6	I	M
Metodi Computazionali della Fisica	FIS/02	6	II	M

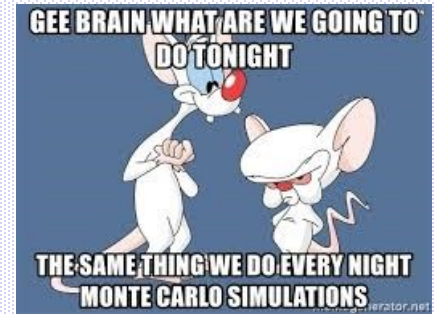
12 CFU acquisibili con 2 insegnamenti a scelta libera.

Simulazione in Campo Biosanitario

Docenti: **Silva Bortolussi e Francesca Ballarini**

Lecturers: **Ian Postuma e Andrea Fontana**

Crediti: 6 Esame: Pratico + orale



Corso teorico E PRATICO su tecniche di simulazione per la fisica medica.

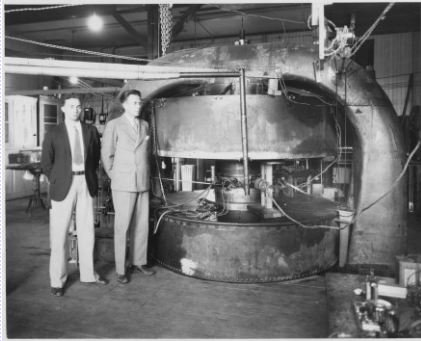
Si tratta sia la simulazione a livello macroscopico con codici di trasporto, sia la simulazione a livello sub-cellulare con Monte Carlo scritto per questo scopo.

Argomenti:

- Panoramica sui principali codici di simulazione
- Approfondimento del codice di trasporto MCNP
- Esercizi ed esempi pratici in campo biosanitario utilizzando MCNP, con particolare riguardo al calcolo della dose assorbita
- Approfondimento del codice di trasporto PHITS
- Esercizi ed esempi pratici utilizzando PHITS
- Studio comparativo dei risultati della simulazione di un caso con diversi codici di trasporto
- Modellizzazione/simulazione di effetti biologici radioindotti, in particolare danno cromosomico e morte cellulare, con esempi di applicazioni in adroterapia e radioprotezione

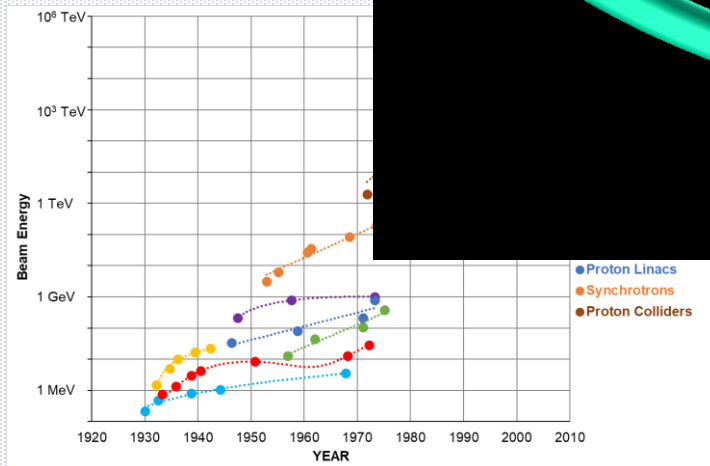
ACCELERATORI E REATTORI NUCLEARI

Modulo di Acceleratori di Particelle (4 CFU) Alessandro.Braghieri@pv.infn.it



- ★ Tipi: Ciclotrone, Betatrone, Linac, Sincrotrone, Collider
- ★ Evoluzione
- ★ Principio di Funzionamento
- ★ Guide d'onda, cavità acceleratrici

★



- Principi fisici
- Applicazioni
- Limiti
- Esempi e laboratori



ACCELERATORI E REATTORI NUCLEARI

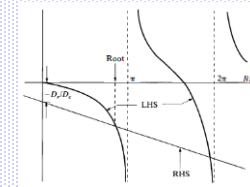
Modulo di Reattori Nucleari



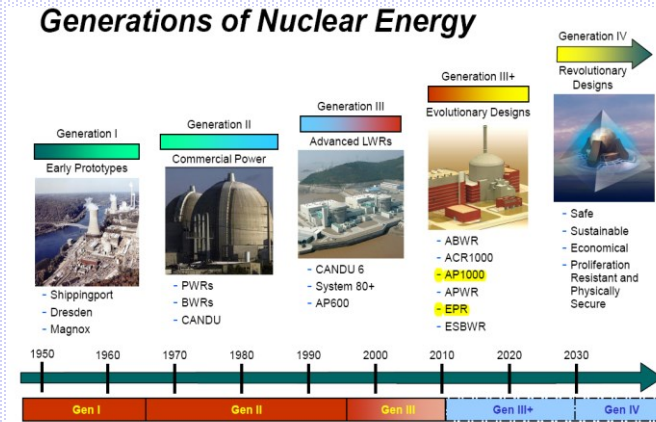
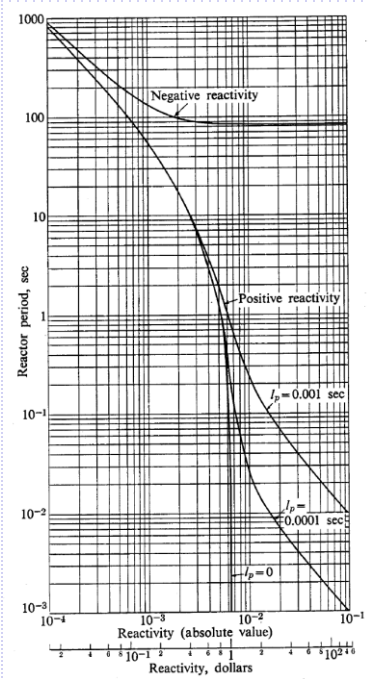
saverio.altieri@unipv.it

- Trasporto neutronico e teoria della diffusione
- Cenni di teoria dei reattori nucleari
- Le condizioni di criticità di un reattore
- Cinetica dei reattori nucleari
- Energia nucleare e relative problematiche

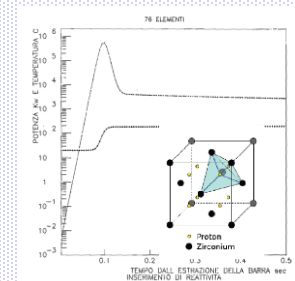
$$\frac{\partial n(\mathbf{r}, t)}{\partial t} = s(\mathbf{r}, t) - \Sigma_a(\mathbf{r})\phi(\mathbf{r}, t) - \text{div } \mathbf{J}(\mathbf{r}, t).$$



$$\frac{k_{\infty}}{(1 + B^2 L_T^2)(1 + B^2 \tau_T)} = 1.$$

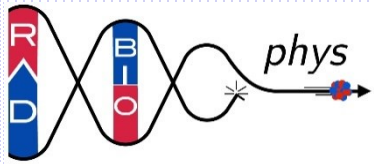


**REATTORE TRIGA MARK II al LENA
BNCT. Attivazione neutronica,
PGNAA, Danni da radiazioni,
Analisi ambientali ...**



Attività di ricerca





Radiation Biophysics and Radiobiology

<http://radbiophys.unipv.eu/>

Andrea Ottolenghi, Giorgio Baiocco, Sofia Barbieri, Giusi Borsci, Leonardo Lonati, Vere Smyth

*Attività di ricerca (**sperimentale e teorica**):*

- **Studio dei meccanismi**, a partire dalle interazioni fisiche fino alla risposta del sistema complesso alla perturbazione (es: **danno al DNA e meccanismi di riparo, perturbazione del ciclo cellulare, della comunicazione tra cellule, effetti infiammatori, risposta del sistema immunitario, etc.**);
- **Applicazioni** per l'ottimizzazione dell'uso medico della radiazione (es.: rischio di **tumori secondari; adroterapia, es.: microdosimetria per fasci di protoni**), per la radioprotezione e sviluppo di contromisure (es.: **sistemi di radioprotezione per astronauti, rischio biologico degli elementi radioattivi nel ciclo della produzione di energia**);
- **Strumentazione di Lab:** tutto il necessario per **colture cellulari** (sistema in vitro), strumentazione per **analisi di proteine, imaging** (microscopio a fluorescenza), **citofluorimetro**;

L'attività di ricerca è/(è stata) finanziata da:

Commissione Europea (programma EURATOM), Agenzia Spaziale Italiana, Agenzia Spaziale Europea, ...

e si svolge in stretta collaborazione con:

Dipartimenti UniPv (es.: Medicina Molecolare, Biologia e Biotecnologie) e Enti di Ricerca/Università Europee e Americane

RADIOBIOLOGIA COMPUTAZIONALE

http://fisica.unipv.it/ricerca/RicApp/ITA/SFB_Radio_Computazionale.htm



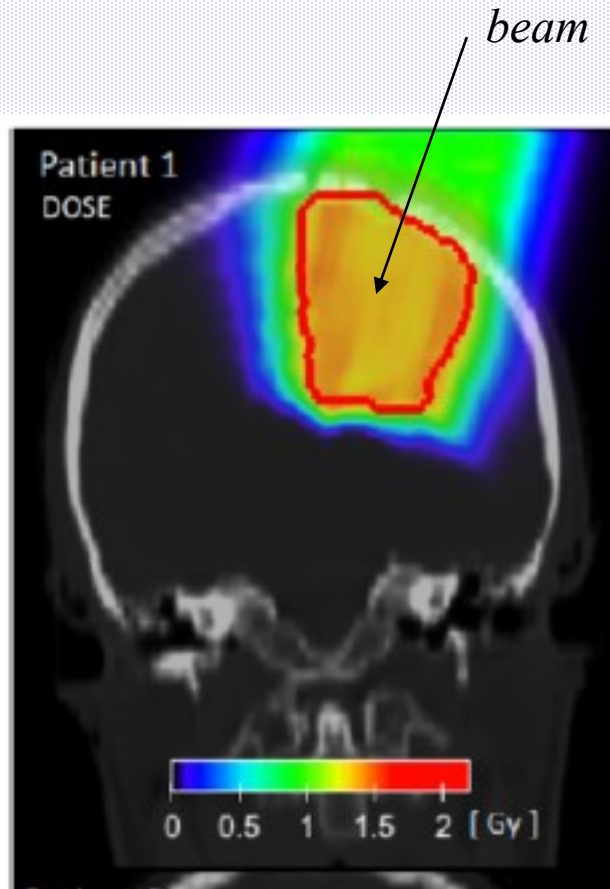
- Francesca Ballarini (francesca.ballarini@unipv.it)
- Mario Carante (mariopietro.carante01@ateneopv.it)
- John Tello (johnjames.tellocajiao01@universitadipavia.it)
- Alessandro Cicchetti (alessandro.cicchetti01@universitadipavia.it)
-
- *in collaborazione con CERN, CNAO, HIT, Ist. Naz. Tumori, Università di Campinas (Brasile)...*

modelli matematici e **codici di simulazione** che descrivono gli **effetti delle radiazioni ionizzanti** in bersagli biologici (in particolare, morte cellulare e danno cromosomico)

meccanismi

applicazioni in adroterapia

adroterapia = terapia oncologica con adroni (p e C)



efficacia biologica (RBE) variabile



necessario quantificare



modelli:

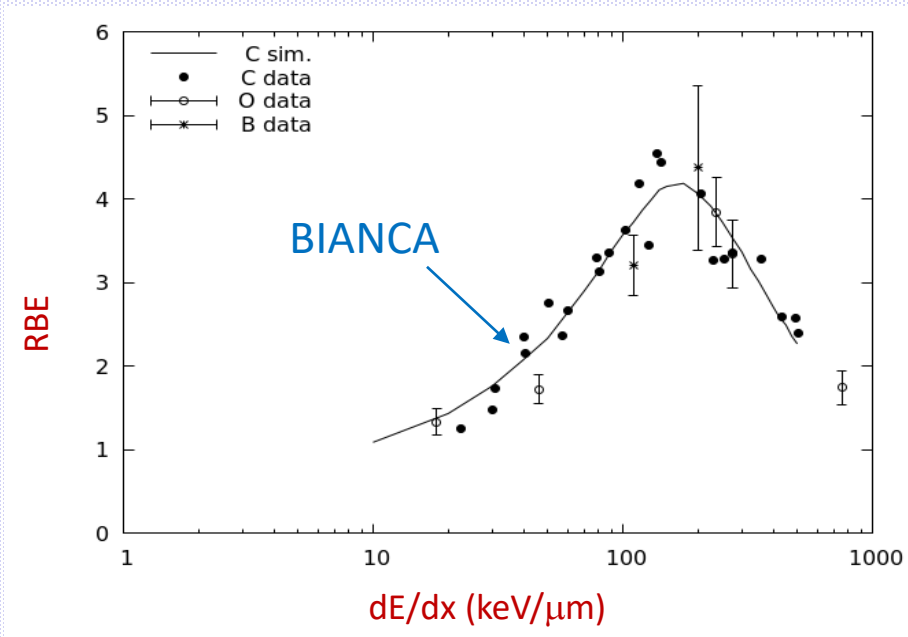
LEM (Germany)

MKM (Japan)

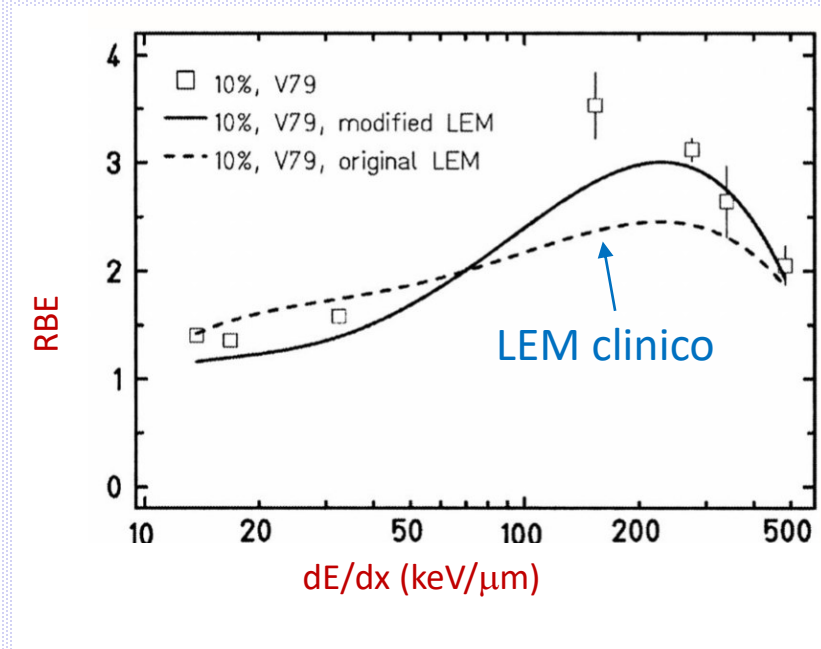
..e BIANCA? (Pavia)

Giovannini et al. 2016, Radiat Oncol

valutazione dell'efficacia sul tumore....

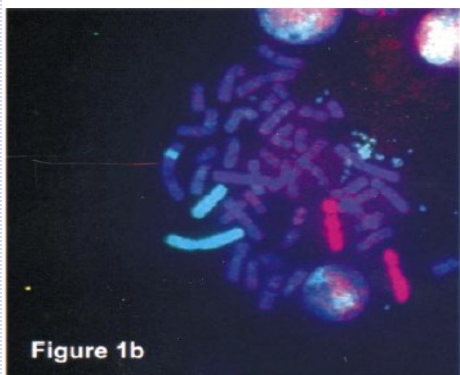


(Carante et al, in preparation)



(Elsaesser and Scholz 2007)

...e del danno ai tessuti sani

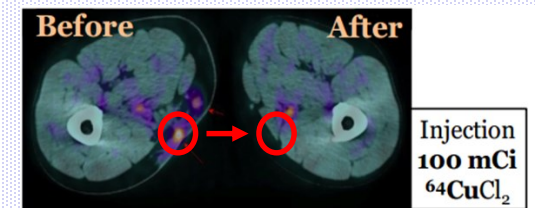
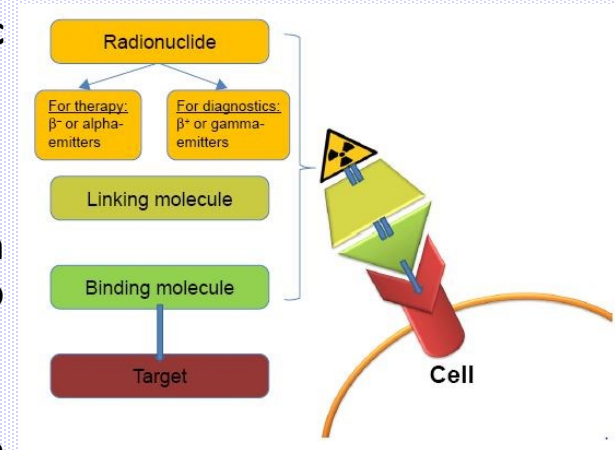


(George et al. 2001, Radiat Res)

nel frattempo si continua a sviluppare il modello...

ISOTOPI RADIOATTIVI: dal reattore al ciclotrone

- Isotopi per diagnostica e terapia (**teranostica**): non solo ^{18}F e $^{99\text{m}}\text{Tc}$...
- Produzione di radioisotopi innovativi per uso medico: ^{67}Cu , ^{64}Cu , ^{47}Sc , ^{44}Sc ... con:
 - tradizionali reattori: costi elevati e ridotte abbondanze isotopiche
 - moderni ciclotroni**: costi ridotti e nuove reazioni da studiare
- **Collaborazione** con Laboratori Nazionali di **Legnaro** dell' INFN e con INFN **Padova** nell' ambito dei progetti **LARAMED** (Laboratorio Radioisotopi per MEDicina) e **ISOLPHARM** dell' INFN
- Possibilità di partecipare a **misure** a SPES(Legnaro) e Arronax(Fr)
- Interesse per future attività' a **Pavia**, complementari alle attività' in corso
- Connessione con attività INFN 2018-2020 in Fisica Nucleare (progetto **METRICS**): studio di nuove reazioni indotte da protoni/deutoni/alfa o da neutroni per la produzione degli isotopi ^{52}Mn e ^{51}Mn , paramagnetico e radioattivo con decadimenti β^+ e γ , utilizzabile come agente MRI/PET (imaging multimodale) e per radioterapia.

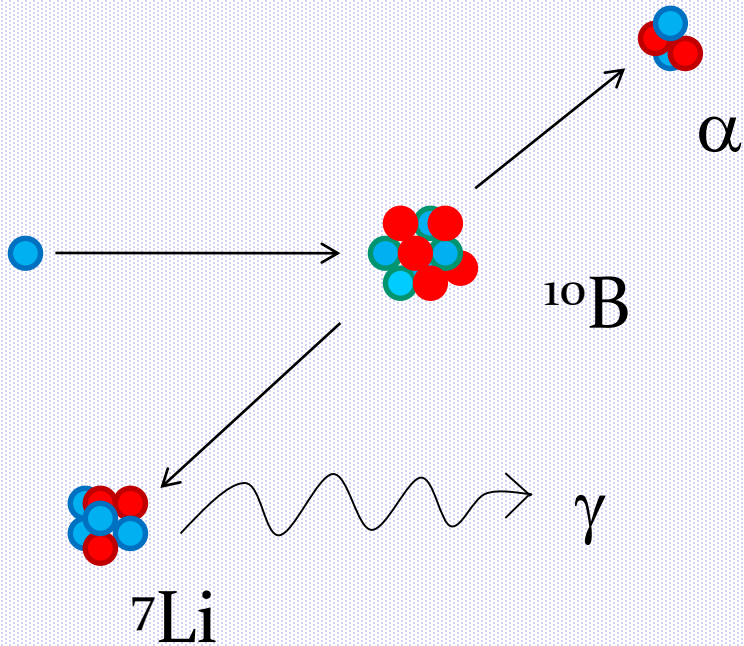


Worldwide production per month:
100 mCi (\approx 1 therapeutic dose)

contatto: andrea.fontana@pv.infn.it
corsi: Radioattività II/Lab. Fis. Nuc. II

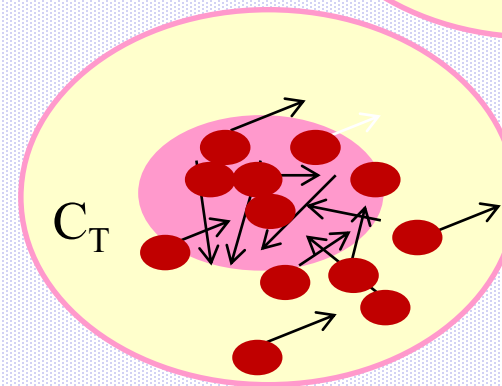
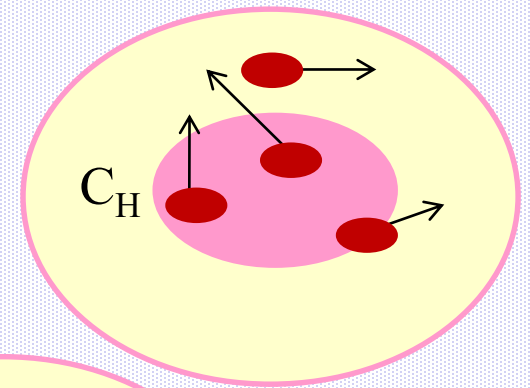
Boron Neutron Capture Therapy

SELETTIVITA'
INDIPENDENTE DAL
FASCIO!



Il range delle particelle ad alto LET è più corto di un diametro cellulare, le cellule normali non vengono danneggiate dalle reazioni.

Cellula normale $D_H \propto C_H$



$D_T \propto C_T$

Cellula Tumorale

Argomenti di ricerca

Applicazione della terapia a tumori non operabili o diffusi

Studio dell'assorbimento del boro *in vitro* e *in vivo*

Studio dell'efficacia biologica *in vitro* e *in vivo*

Test di nuovi composti borati per la BNCT

Studio di fasci da acceleratore per applicazioni cliniche

Dosimetria computazionale e sperimentale

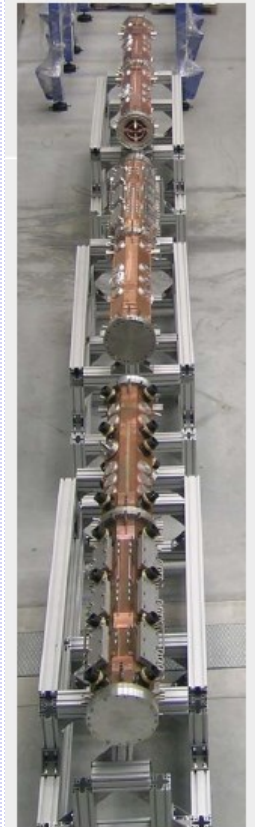
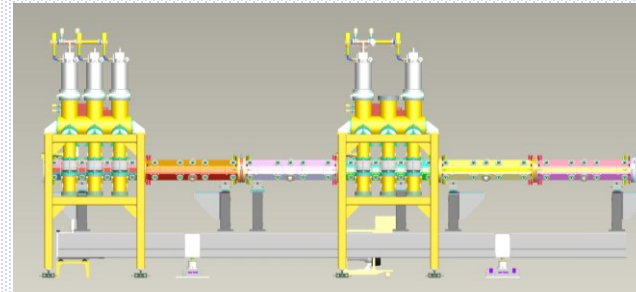
Sviluppo di imaging SPECT per dosimetria online

Today



Reattore di ricerca
TRIGA Mark II
L.E.N.A. – UniPV
Unico in Italia

Tomorrow



Sviluppo di facility clinica
basata su acceleratore RFQ



Il gruppo

- **Saverio Altieri** (saverio.altieri@pv.infn.it)
- **Silva Bortolussi** (silva.bortolussi@pv.infn.it)
- **Nicoletta Protti** (nicoletta.protti@pv.infn.it)
- **Ian Postuma** (ian.postuma@pv.infn.it)
- **Setareh Fatemi** (setareh.fatemi@pv.infn.it)
- **Chunhui Gong** (gongchunhui@nuaa.edu.cn)
- **Chiara Magni** (chiara.magni@pv.infn.it)

- Laureandi
- Ospiti stranieri (dottorandi, post-doc, ricercatori)

più.... Biologi, Chimici, Medici, e molte collaborazioni italiane e internazionali.

RADIOPROTEZIONE

Elio Giroletti
elio.giroletti@unipv.it

Protezione dalle **radiazioni ionizzanti**

- nell'industria e negli enti di ricerca, ad es.
 - protezione dei lavoratori e della popolazione
 - controlli di radioprotezione e misure di tutela
 - valutazione di radon nei luoghi chiusi
 - valutazione della radioattività nei rottami metallici
 - valutazione di siti radiocontaminati, radioecologia
 - in Italia e nel mondo: Nigeria, Congo, Kazakhstan, Indonesia, Brasile, Salvador, Ecuador ...
- nelle attività sanitarie:
 - protezione medici, infermieri, ecc.
 - protezione a valutazione dose ai pazienti
 - collaborazione con Fond. CNAO

RADIAZIONI NELL'INDUSTRIA

radiografia ai cibi



radiografia oleodotti



grazie per l'attenzione!

