



# Interazione Laser Materia: Plasmi, Nanomateriali ed Applicazioni

L. Torrisi & L. Silipigni

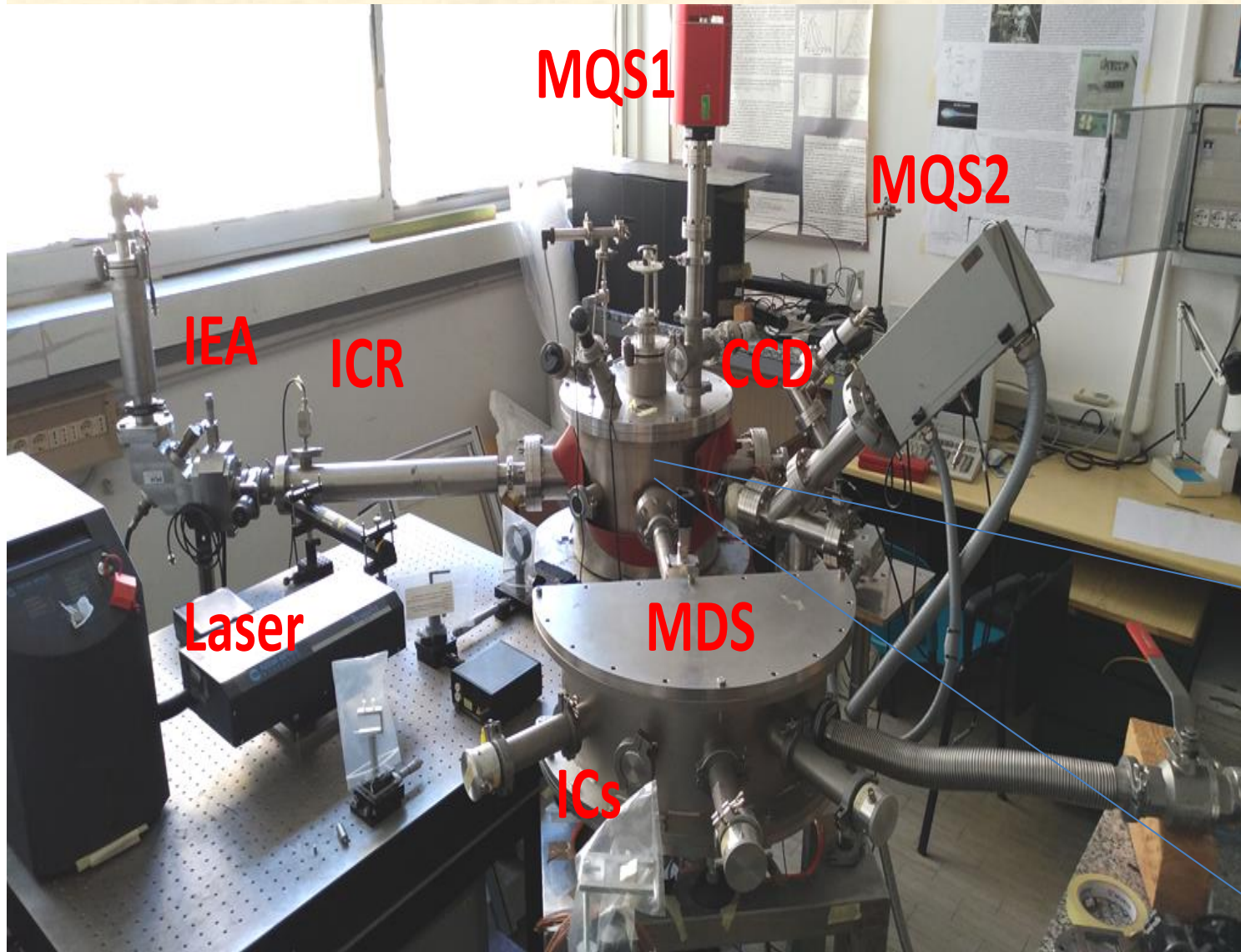
*Dipartimento MIFT, Università di Messina*

*Laboratorio di Fisica dei Plasmi Laser*

*&*

*Laboratorio di Analisi Spettroscopiche*

# Laboratorio di Fisica dei Plasmi Laser - MIFT



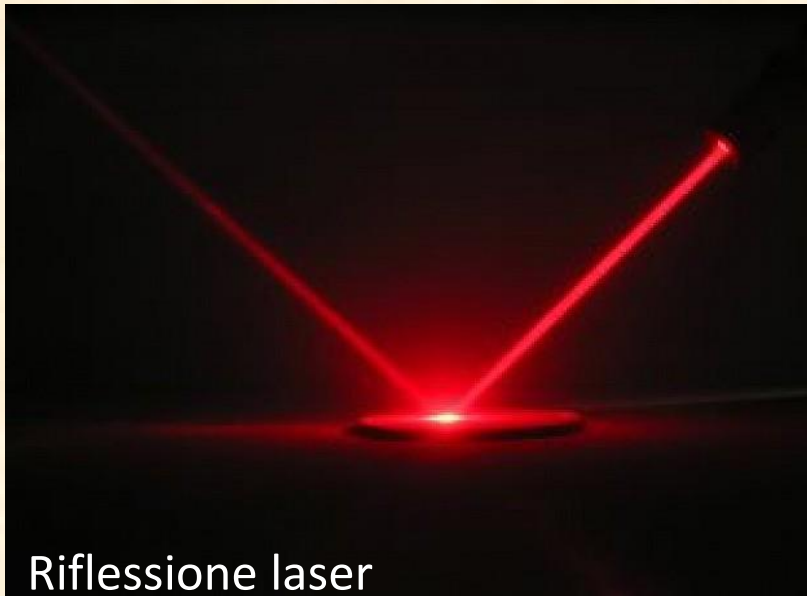
Nd:YAG, 1064 nm  
3-6 ns , 900 mJ,  
 $I=10^{12}$  W/cm<sup>2</sup>

Impulso singolo o  
ripetitivo (1-10 Hz).

Irraggiamenti focalizzati  
su target solidi (metalli,  
polimeri, semiconduttori)



Tecniche diagnostiche di plasmi laser (ns) ad alta temperatura:  
Si, SiC, Diamond, GaAs, IC, Spettrometri ottici, Thomson parabola, Gaf-Chromix, Mass  
quadrupole analysis, Langmuir probe, spettrometri elettro-magnetici, ...

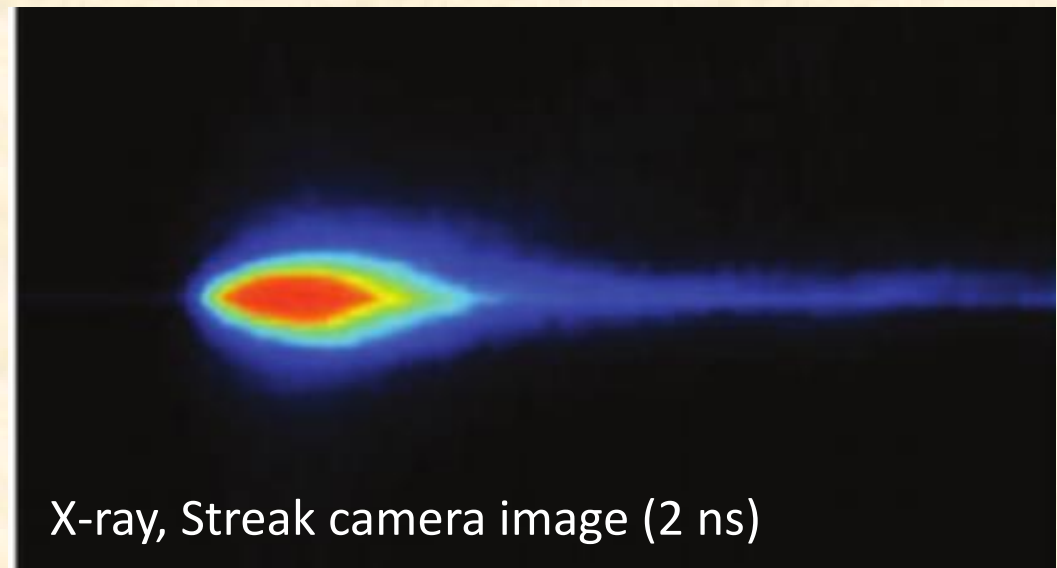


Riflessione laser

- Produzione di vapore ionizzato
- Espansione adiabatica in vuoto
- Alte temperature ( $>10^5$  K)
- Alte densità  $\sim 10^{20}$  atomi/cm<sup>3</sup>
- Alti stati di carica, ex: C<sup>+</sup>... C<sup>6+</sup>
- Distribuzioni di cariche in non equilibrio con formazioni di elevati campi elettrici
- Generazione di ioni, elettroni e fotoni (UV, X soft e X hard)
- Emissione direzionata

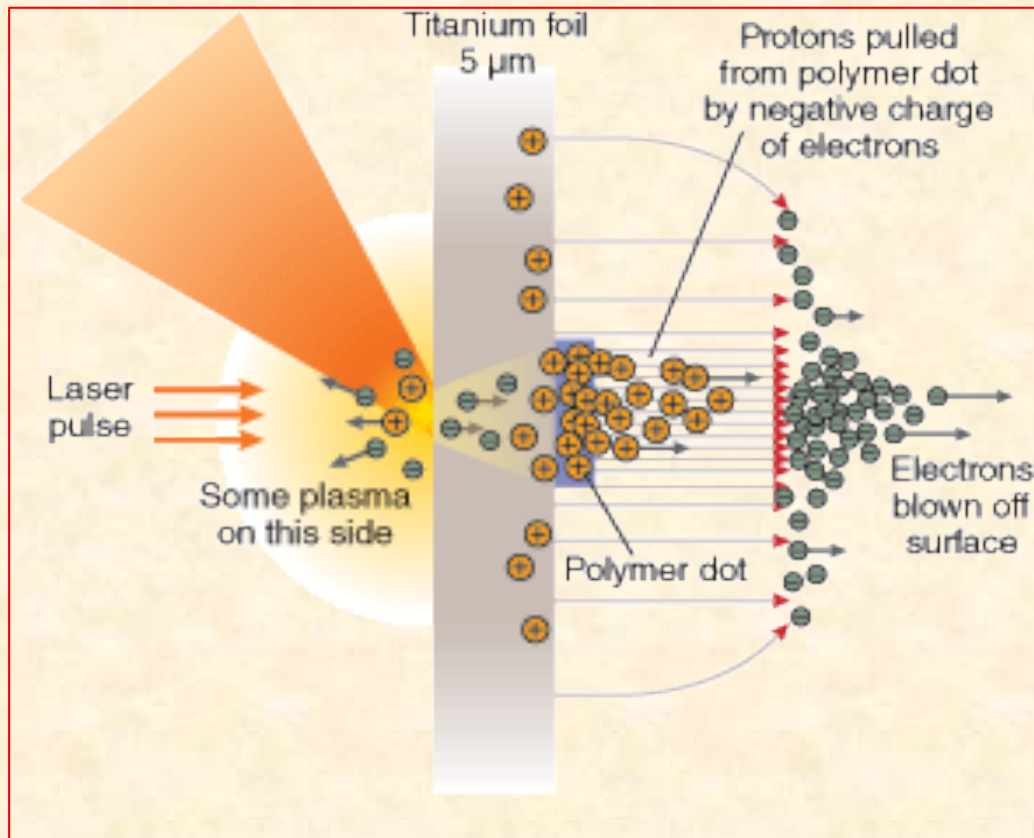


Plasma-laser



X-ray, Streak camera image (2 ns)

## Processo di Accelerazione di Ioni



TNSA: target-normal-sheath-acceleration

$$E = \sqrt{n_e kT / \epsilon_0}$$

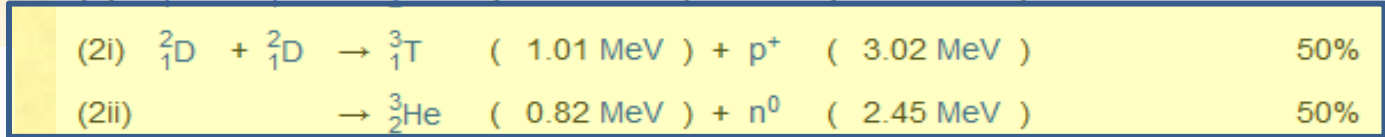
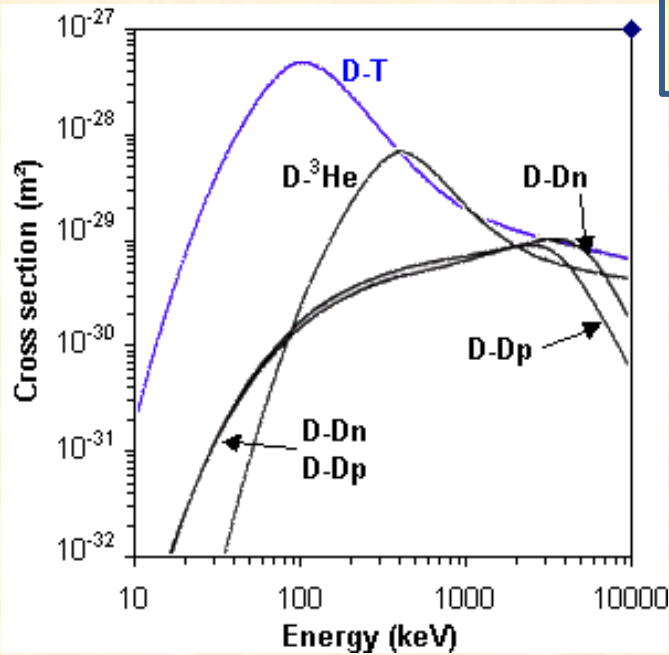
- Sorgenti di ioni di qualsiasi elemento
- Nuove tecniche di accelerazione di ioni
- Sorgenti di elettroni e di raggi X di alta intensità con piccole dimensioni

Intensità:  $10^{12}$  W/cm<sup>2</sup> ,  $\delta t \sim$  ns, Energia ioni:  $\sim 1$  keV/z (MIFT)  
 $10^{16}$  W/cm<sup>2</sup> , ps,  $\sim 1$  MeV/z (PALS-Czech Republic)  
 $10^{19}$  W/cm<sup>2</sup> , 10 fs,  $\sim 10$  MeV/z (IPPLM-Poland)

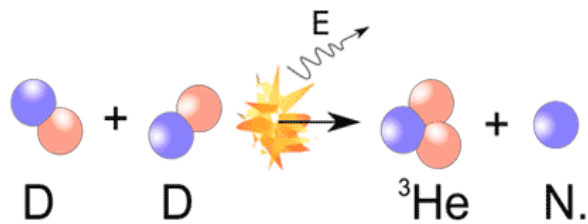
Progetto Europeo ELI:  $10^{22}$  W/cm<sup>2</sup> , advanced targets, fs,  $\sim 100$  MeV di protoni (Praga).

EPJ Web of Conferences, Volume 167 (2018), Plasma Physics by Laser and Applications (PPLA 2017), Messina, Italy, July 5-7, 2017, L. Torrisi and M. Cutroneo (Eds.)

# Reazioni Nucleari di Fusione



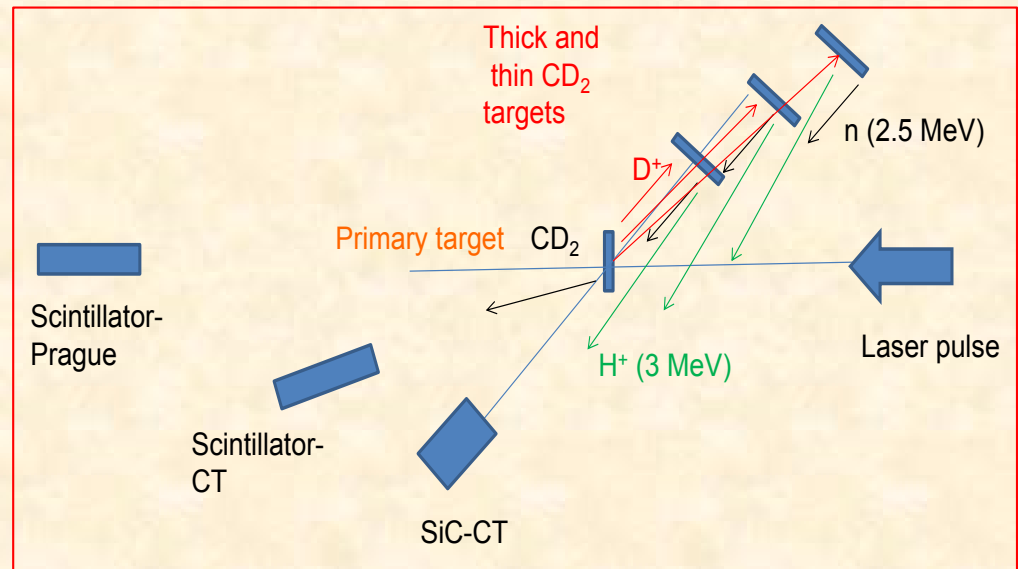
- |        |   |                |
|--------|---|----------------|
| (3)    | ${}^2_1\text{D} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} (3.6 \text{ MeV}) + p^+ (14.7 \text{ MeV})$ |                |
| (4)    | ${}^3_1\text{T} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 n^0$                                     | + 11.3 MeV     |
| (5)    | ${}^3_2\text{He} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 p^+$                                   | + 12.9 MeV     |
| (6i)   | ${}^3_2\text{He} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + p^+ + n^0$                                | + 12.1 MeV 57% |
| (6ii)  | $\rightarrow {}^4_2\text{He} (4.8 \text{ MeV}) + {}^2_1\text{D} (9.5 \text{ MeV})$                        | 43%            |
| (7i)   | ${}^2_1\text{D} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He} + 22.4 \text{ MeV}$                       |                |
| (7ii)  | $\rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^4_2\text{He} + n^0$   | + 2.56 MeV     |
| (7iii) | $\rightarrow {}^7_3\text{Li} + p^+$   | + 5.0 MeV      |
| (7iv)  | $\rightarrow {}^7_4\text{Be} + n^0$   | + 3.4 MeV      |
| (8)    | $p^+ + {}^6_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{He} (1.7 \text{ MeV}) + {}^3_2\text{He} (2.3 \text{ MeV})$ |                |
| (9)    | ${}^3_2\text{He} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He} + p^+$                                   | + 16.9 MeV     |
| (10)   | $p^+ + {}^{11}_5\text{B} \rightarrow 3 {}^4_2\text{He}$   | + 8.7 MeV      |



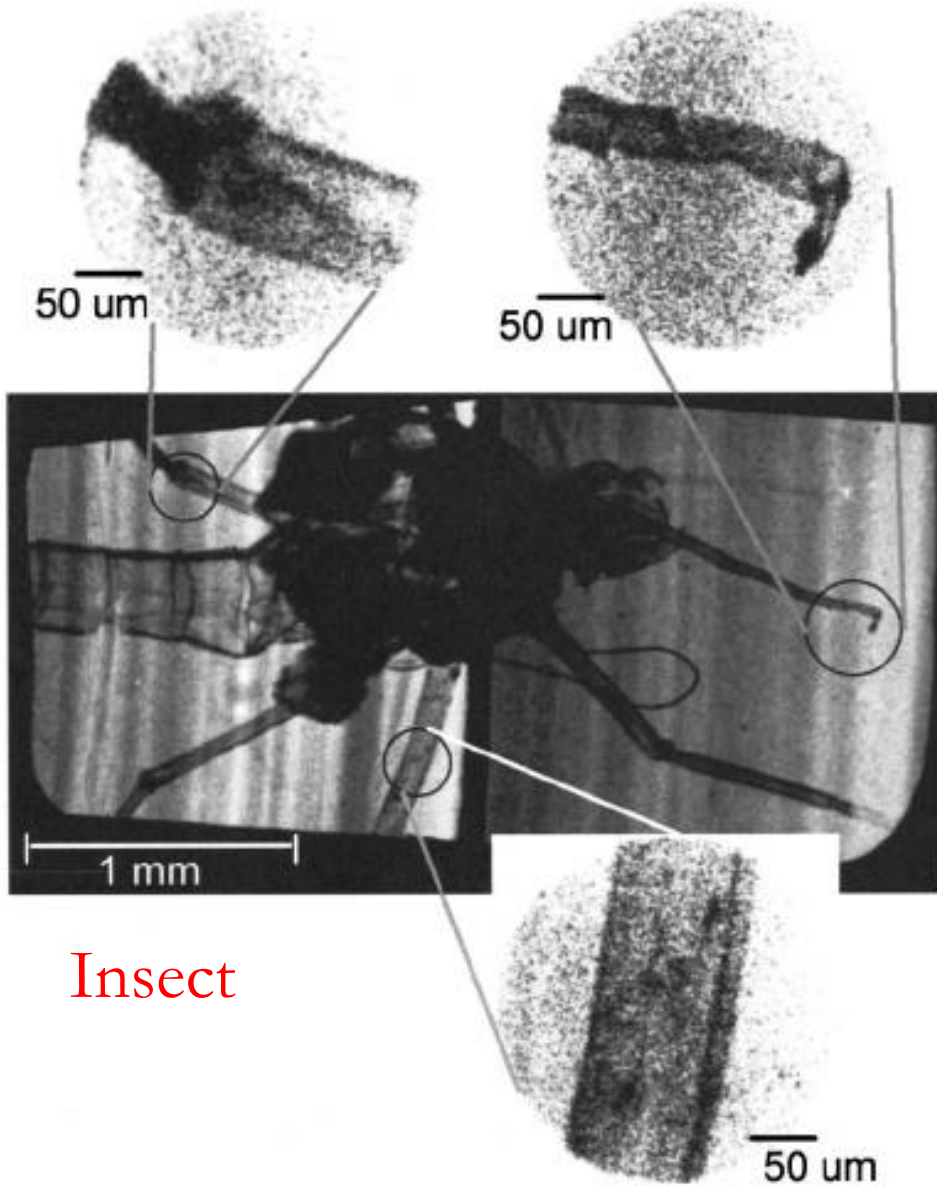
Proton  
 Neutron

<http://fusion.srubar.net>

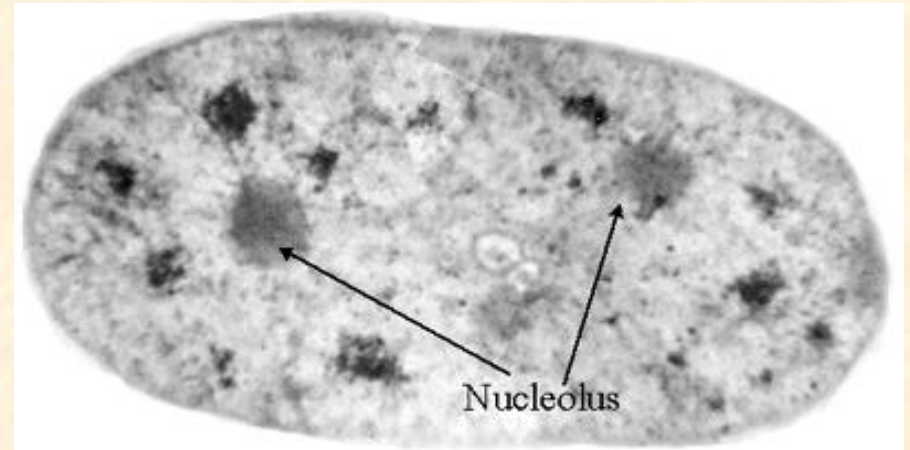
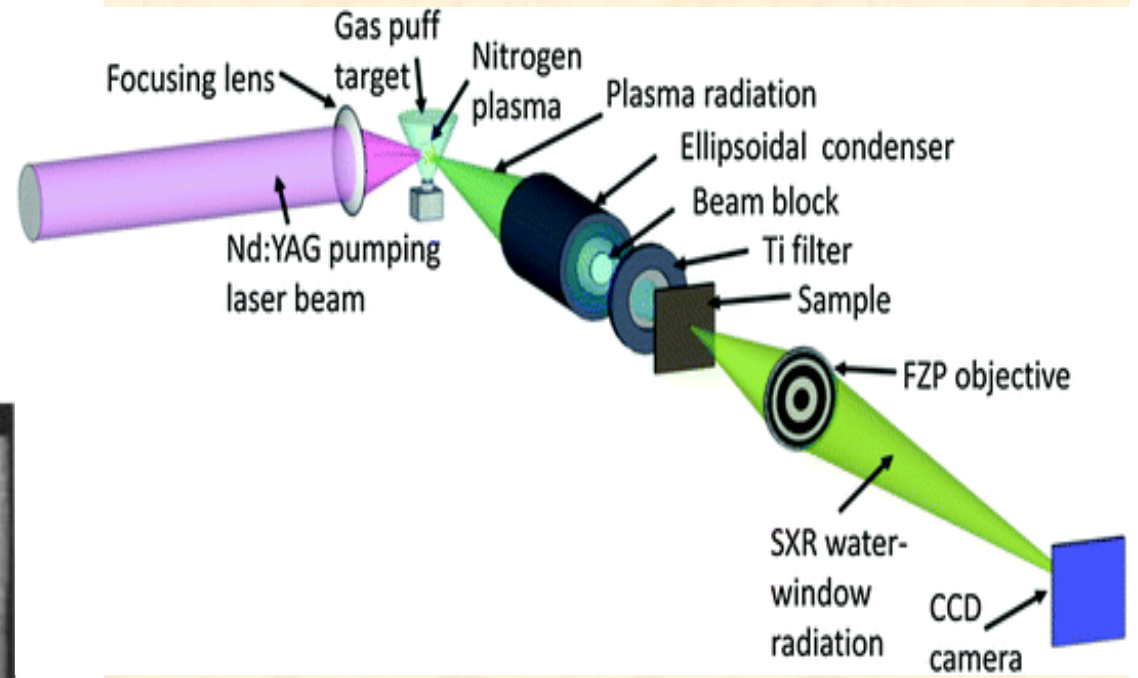
L. Torrisi et Al., "Monoenergetic proton emission from nuclear reaction induced by high intensity laser-generated plasma", *Review of Scientific Instruments* 83, 02B11,1-3 (2012)



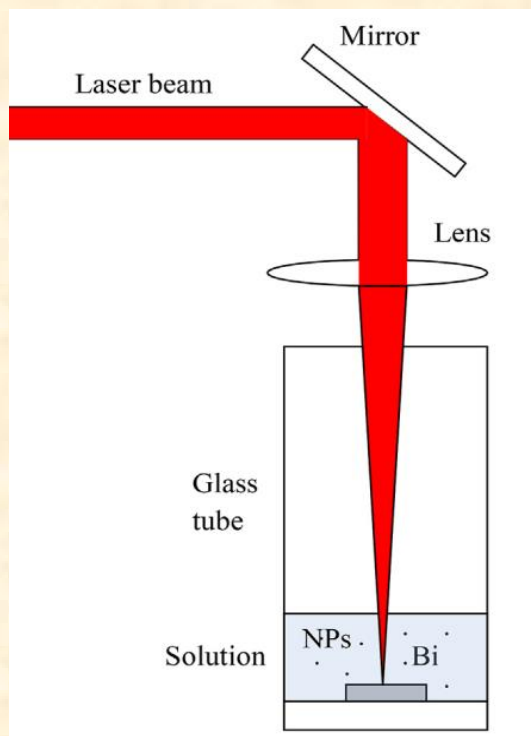
# Microscopia 3D a raggi X da plasmii laser



Insect



Cell



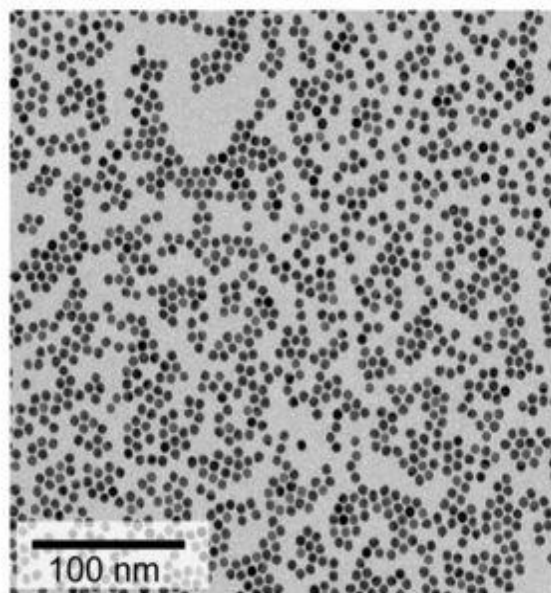
**Nanoparticelle di Au** in acqua  
a varie concentrazioni



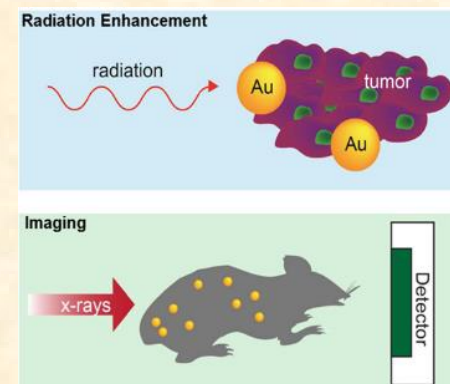
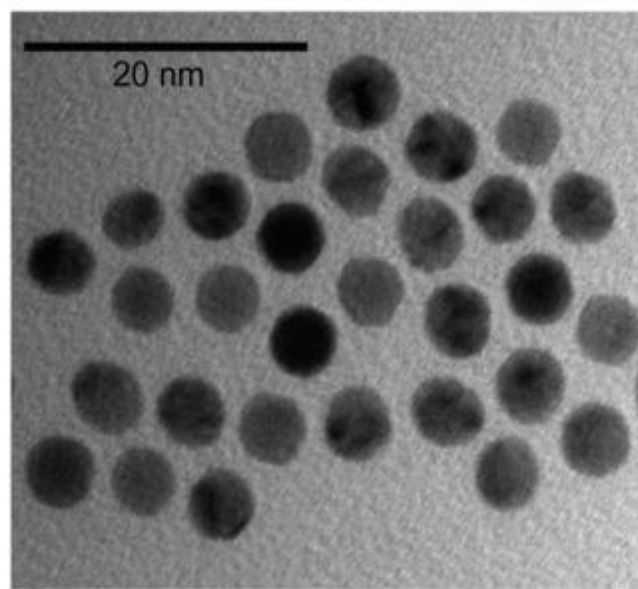
Impieghi:

- 1) **Modifiche proprietà di materiali** (ottiche, elettriche, meccaniche, chimiche,...)
- 2) **Diagnostica Bio-Medica** (mezzo di contrasto)
- 3) **Miglioramento terapia Bio-Medica (Radioterapia e Ipertermia)**

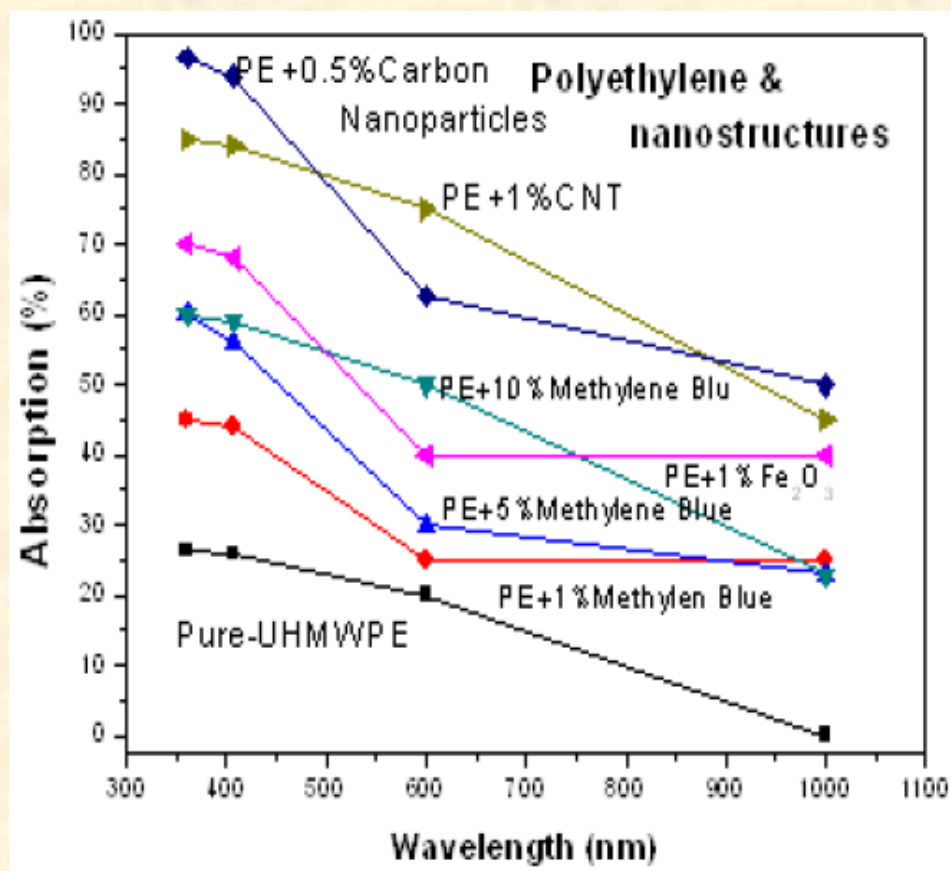
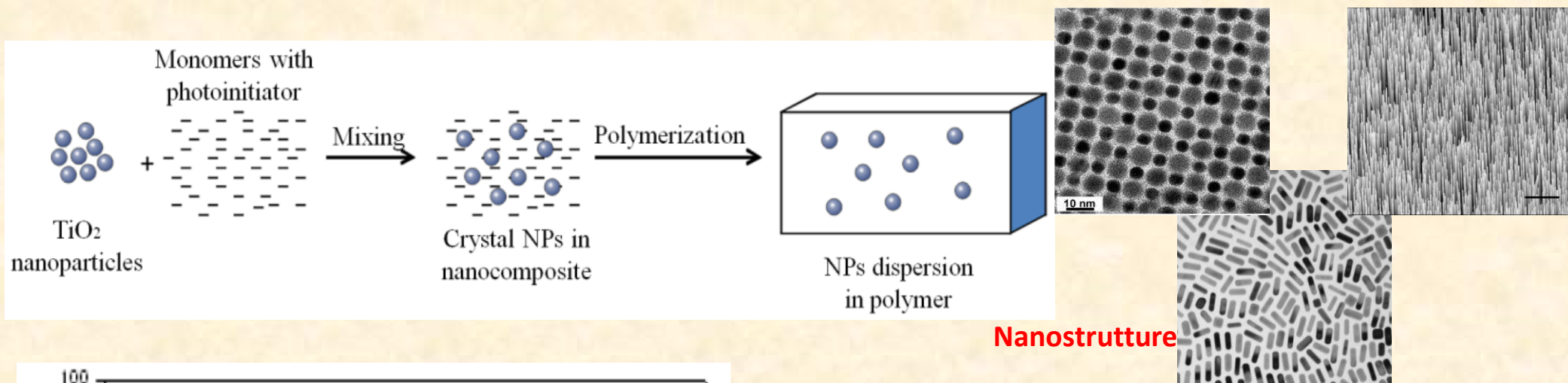
**A** Physical diameter: TEM



**B** Physical diameter: TEM



## Preparazione di target avanzati (Advanced Targets) per indurre alte accelerazioni di ioni



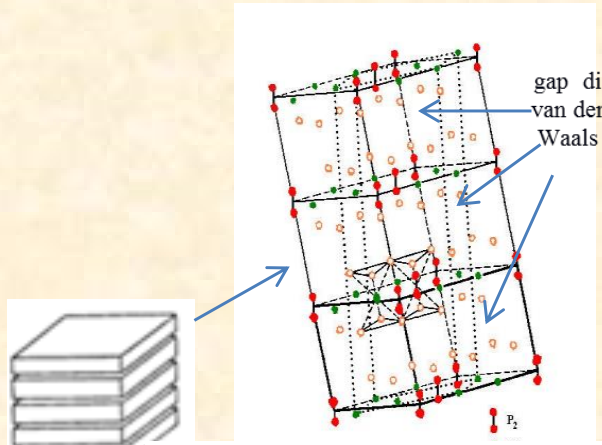
Per produrre fasci di protoni energetici ed intensi :

- Polimeri ad alto contenuto di idrogeno (CH<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>,...)
- Materiali idrogenati (Idruri, TiH<sub>2</sub>,...)
- Materiali a base di **Carbonio (Nanotubi)** contenenti alte concentrazioni di idrogeno
- Metalli con strutture reticolari adatte ad assorbire alto contenuto di idrogeno (Pd, Ti,...)
- Materiali ad **alta densità elettronica** (Utilizzo di Au-NPs)
- Materiali ad alto assorbimento alla frequenza laser (uso di NPs di opportuna dimensione per indurre effetto **SPR**)

**Nanostructured targets:** Carbon Nanotubes; Nanorods, Nanowires,...



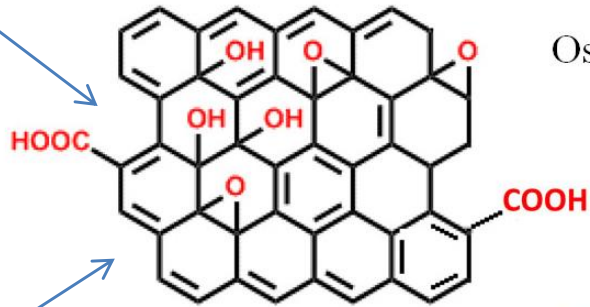
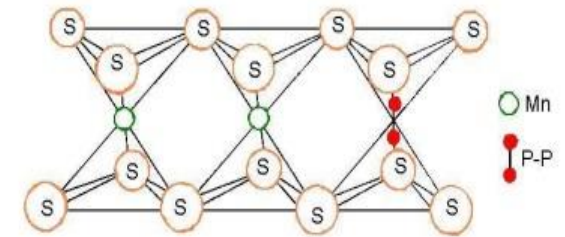
# Sistemi bidimensionali



$MnPS_3$  = matrice d'accoglienza lamellare inorganica con pori flessibili

$\dots S$  ] [  $S Mn_{2/3} (P_2)_{1/3} S$  ] [  $S \dots$  il singolo sandwich [  $s Mn_{2/3} (P_2)_{1/3} s$  ] è il blocco elementare di base e

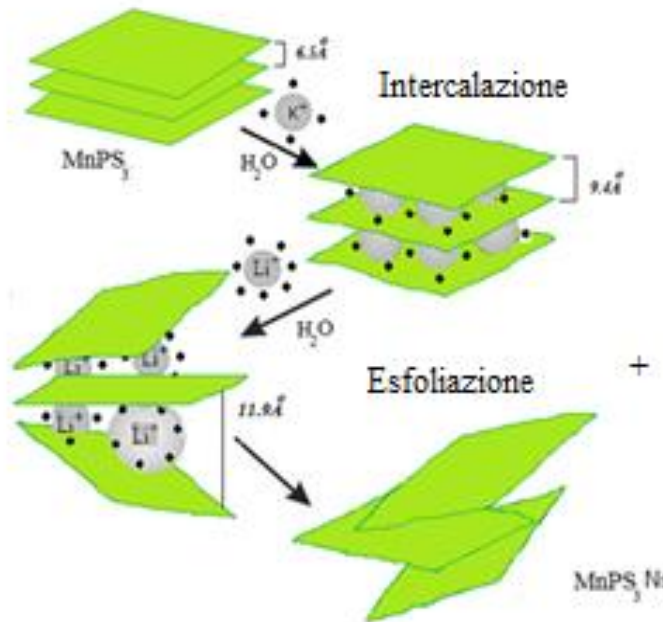
consiste in:



Ossido di grafene (GO)

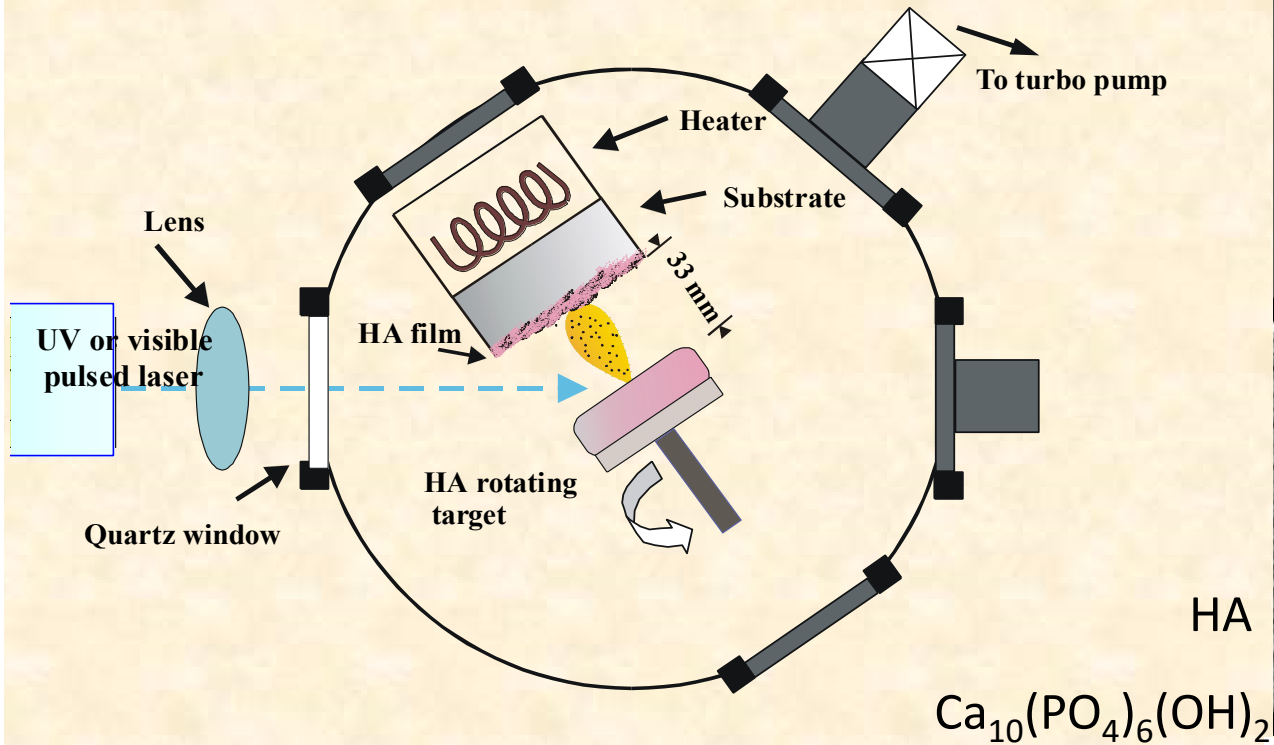
## Tecnica intercalazione-esfoliazione-restacking

Un singolo foglio di GO ha uno spessore di circa 1 nm e dimensioni laterali che variano da alcuni nm a centinaia di  $\mu m$ .



dispersione acquosa di GO

# PULSED LASER DEPOSITION (PLD) (Deposizione di film sottili da laser pulsati)



**Deposition method:** Pulsed Laser ablation in high vacuum chamber (pressure lower than  $1 \times 10^{-6}$  torr)

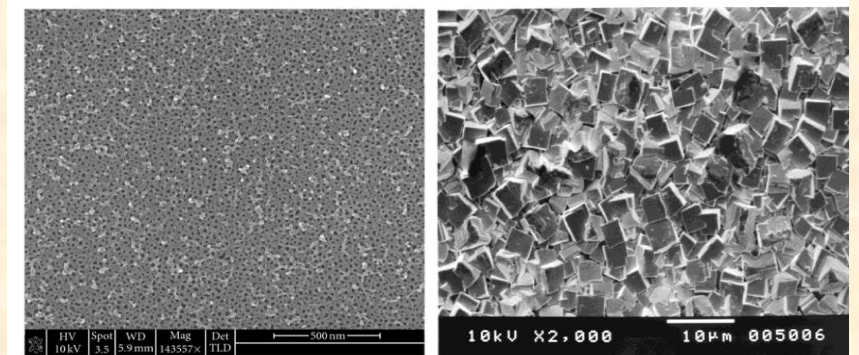
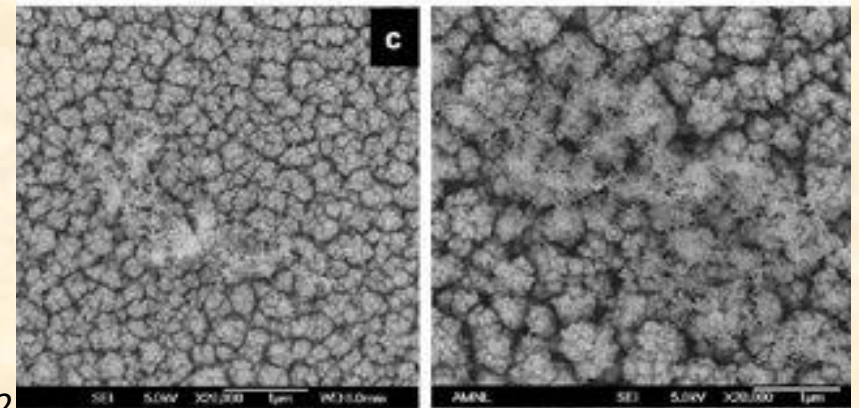
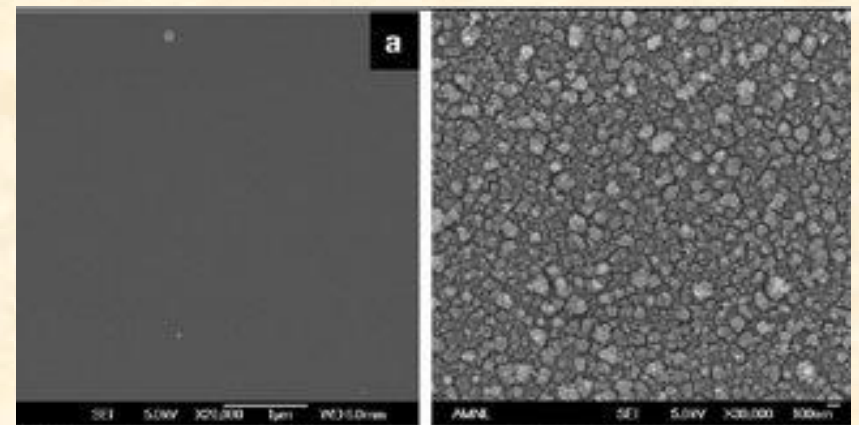
**Lasers:**

- excimer KrF (248 nm),
- excimer XeCl (308 nm)
- ruby laser (694 nm)

pulse width ~20 ns, rate 15 Hz,  
Energy for pulse 100-500 mJ,  
Fluency  $2\text{-}20 \text{ Jcm}^{-2}$ , spot area  $1\text{-}20 \text{ mm}^2$

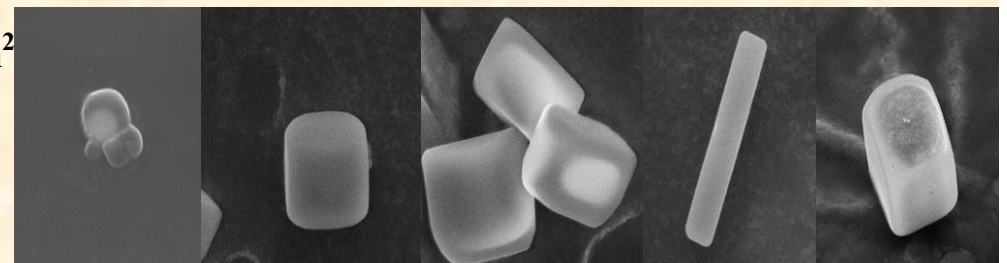
**Target:** rotating HA pellets

**Substrates:** c-Si and Ti held at  $500^\circ\text{C}$

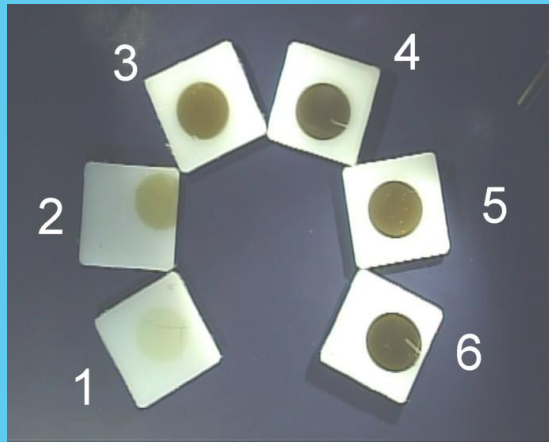


Diamond-Like structures

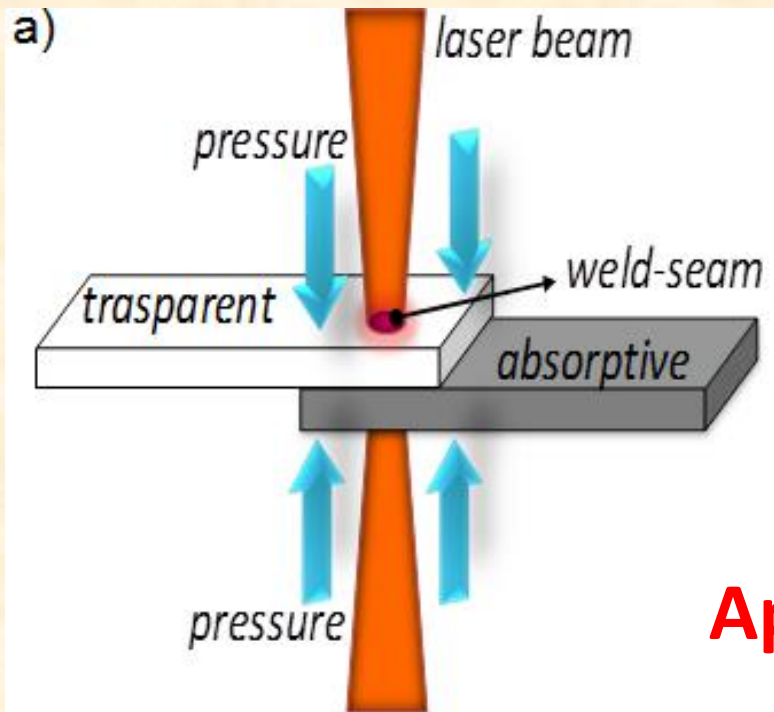
Zr:Ti



# Polimeri assorbenti

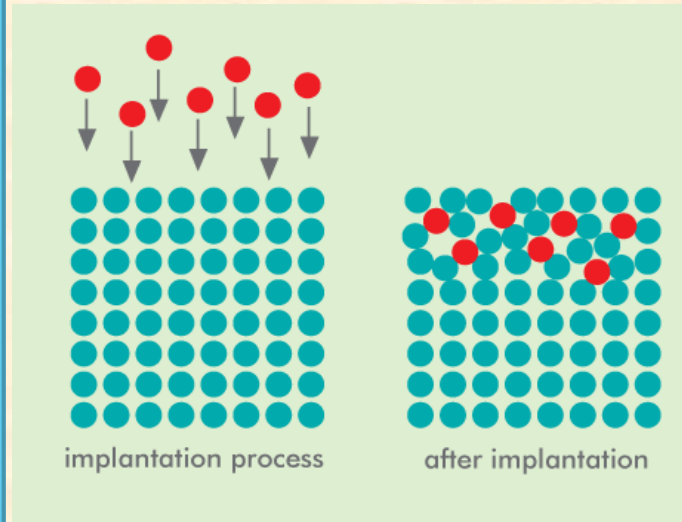


1-6 : impulsi laser 1-100



Saldature laser

## Impiantazione ionica



implantation process

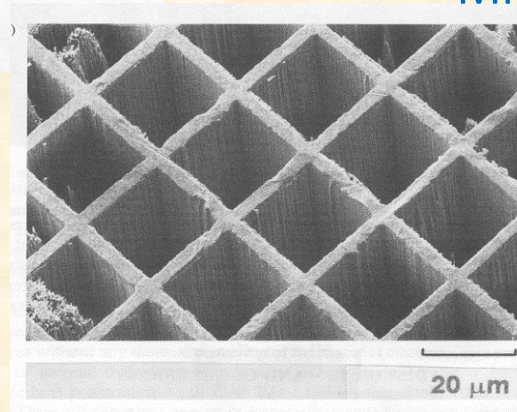
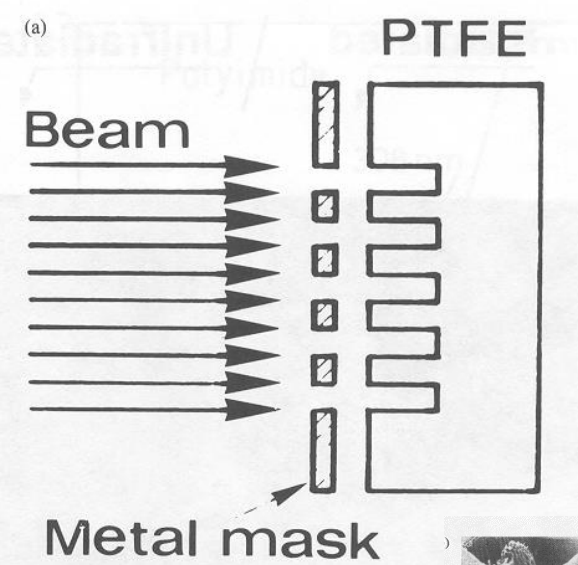
after implantation

## Protesi biomediche



Microfiltri

## Applicazioni



20  $\mu$ m

# Laboratori di Analisi dei Materiali

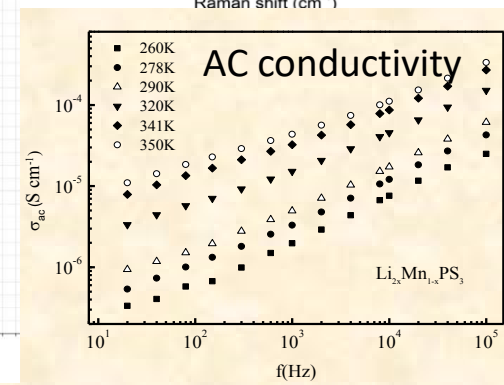
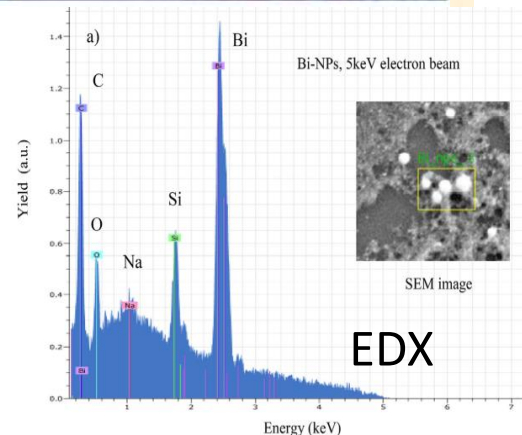
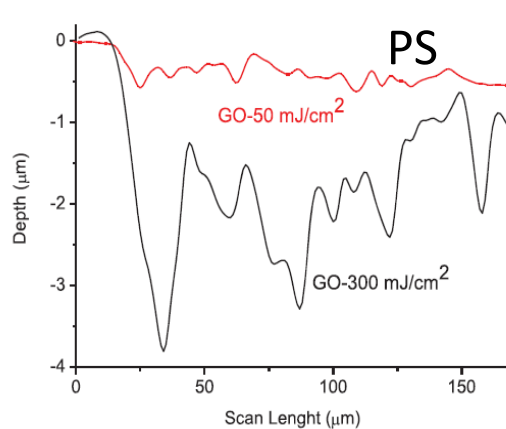
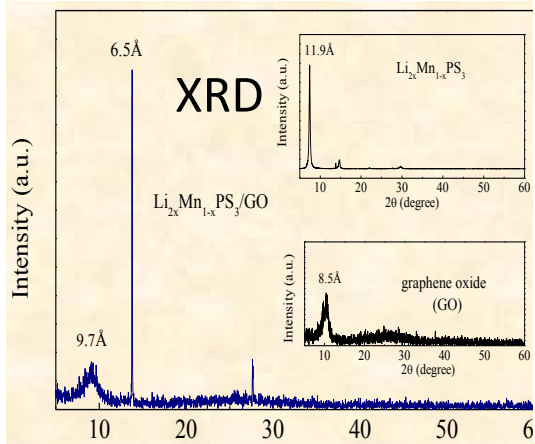
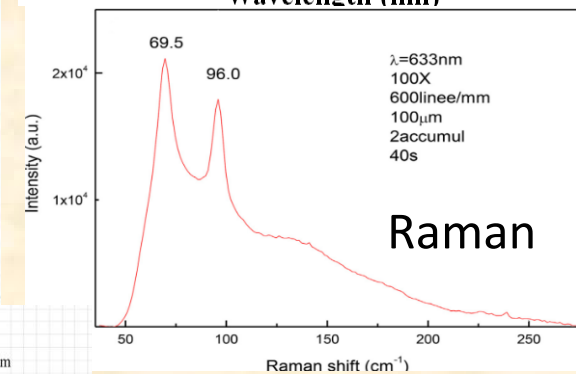
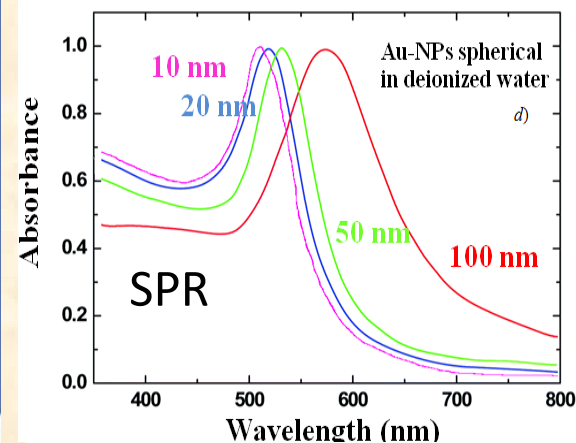
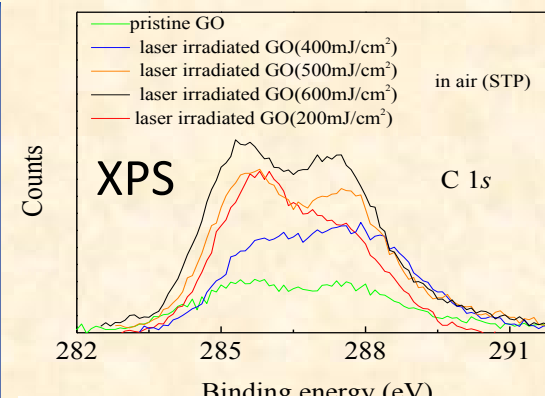
Necessità di ricavare informazioni sulle proprietà

In laboratorio:

- ✓ strutturali
- ✓ dielettriche
- ✓ elettroniche
- ✓ ottiche



SEM, Diffrazione a raggi X  
 Spettroscopia IR e Raman  
 Spettroscopia XPS  
 Spettroscopia dielettrica  
 Spettroscopia ottica in  
 assorbimento e in riflessione  
 EDX  
 profilometro superficiale



## Collaborazioni del Gruppo di Ricerca (con protocolli di intesa):

- PALS, Prague, Czech Republic, Dr. K. Jungwirth, Dr. J. Krasa
- NIP-CANAM, Rez, Czech Republic, Dr. J. Vacik, M. Cutroneo, A. Makova
- IPPLM, Warsaw, Poland, Prof. J. Wolowski, Prof. J. Badziak, Dr. M. Rosinski
- Cedex.Celia, Bordeaux University, France, Prof. D. Batani
- CLPU, Villamayor, Salamanca, Spain, Prof. L. Roso
- PPD, WRCP, HAS, Budapest, Hungary, Dr. I. Foldes
- ENEA, Frascati, Dr. De Angelis
- INFN-LNS, Catania, Dr. G. Cuttone
- Università del Salento, Prof. V. Nassisi
- Università di Pisa, Prof. D. Giulietti
- Università di Catania, Prof. L. Calcagno,
- CNR-IPCF, Dr. B. Fazio, Dr. P. Gucciardi, Dr. G. Salvato
- CNR-IMM, Dr. Sciuto

Assegnazione di Tesi Sperimentali x L.T., L.M. e Dottorato di Ricerca in Fisica



# Indagini chimico-fisiche delle proprietà strutturali e dinamiche di sistemi supramolecolari - Indagini archeometriche in laboratorio e in situ

**Domenico Majolino, Vincenza Crupi, Valentina Venuti, Giuseppe Paladini**

*Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra, Università degli Studi di Messina*

## **Collaborazioni nazionali:**

Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche e ambientali, Università degli Studi di Messina

Dipartimento di Scienze della Salute, Università degli Studi di Catanzaro "Magna Graecia"

Dipartimento di Fisica e Geologia, Università di Perugia

CNR-IPCF Messina

Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra, Università degli Studi della Calabria

Soprintendenza BB. CC. AA., sezione archeologica, Messina

Dipartimento di Civiltà Antiche e Moderne, Università degli Studi di Messina

Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente, Università di Siena

CNR-IAMC Messina

## **Collaborazioni internazionali:**

Institut Laue-Langevin, Grenoble, F

Laboratoire Leon Brillouin, Saclay, F

European Synchrotron Radiation Facility, Grenoble, F

Centre for Energy Research, Hungarian Academy of Sciences

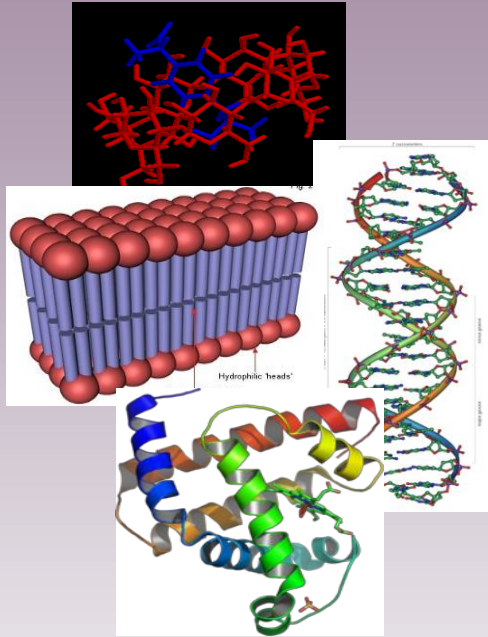
Rutherford Appleton Laboratory, Oxford, UK

Elettra-Sincrotrone Trieste S.C.p.A.

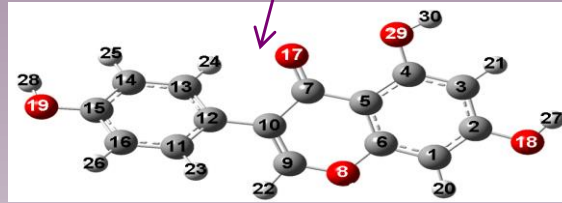
Department of Geosciences, University of Malta

# ✓ Indagini chimico-fisiche delle proprietà strutturali e dinamiche di sistemi supramolecolari ...

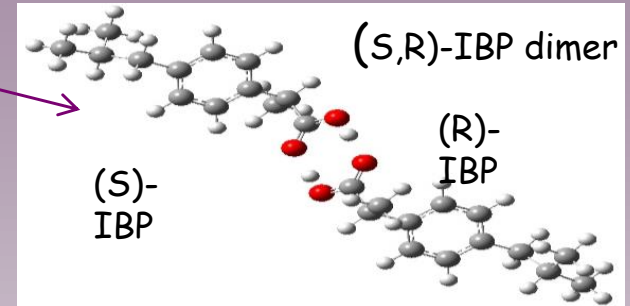
Complessi di inclusione o "HOST-GUEST": Assemblati supramolecolari formati mediante incapsulazione molecolare di composti *guest* nella cavità di molecole *host*



## Molecole "GUEST"



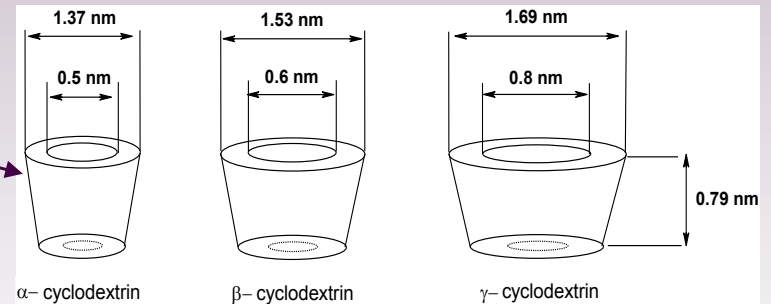
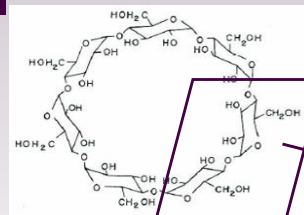
**GENISTEINA (GEN):** isoflavone largamente utilizzato per la sua azione estrogenica



**IBUPROFENE (IBP):** anti-infiammatorio largamente utilizzato per il trattamento di sintomi quali artrite, febbre, ed in particolare come analgesico

## Molecole "HOST"

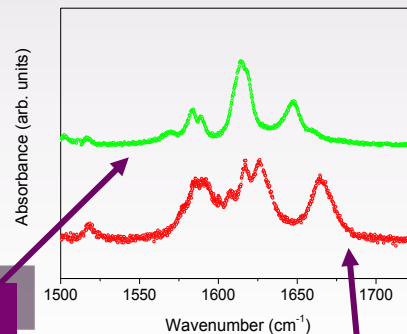
**CICLODESTRINE (CD)**  
oligosaccaridi ciclici



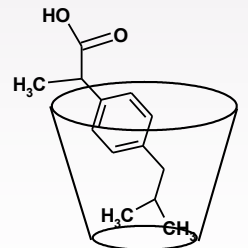
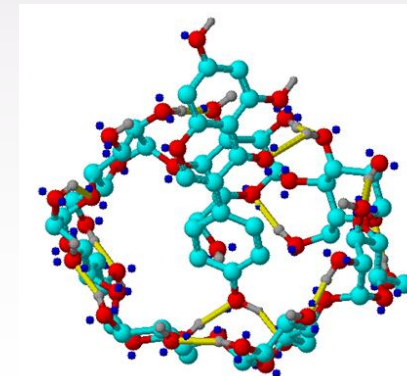
### Interesse generale ed applicazioni:

- ✓ Eccipienti per aumentare la solubilità di farmaci
- ✓ Sistemi per la protezione di molecole
- ✓ Sistemi per la stabilizzazione di composti volatili o instabili

GEN

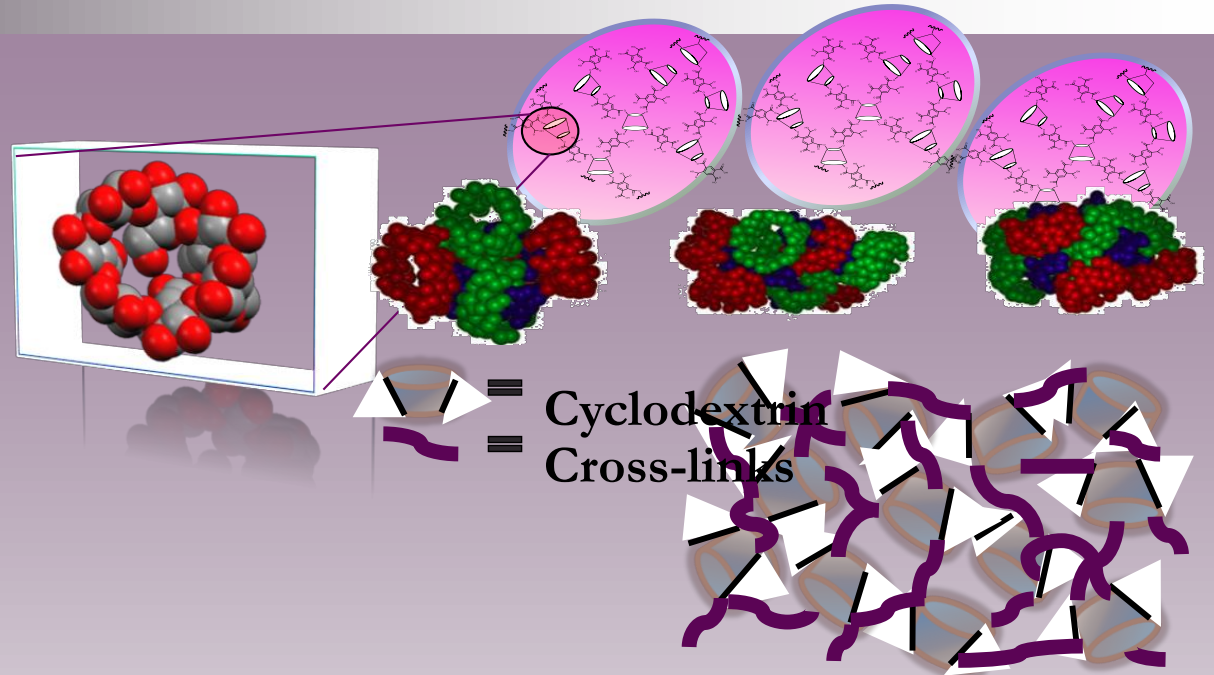
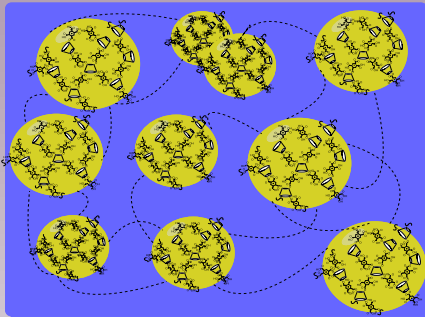


GEN/β-CD Complesso di inclusione



Nanospugne a base di ciclodestrina (CDNS): polimeri reticolati a base di CD capaci di generare **hydrogels**

CDNS hydrogel



Applicazioni in campo farmaceutico, cosmetico, alimentare...



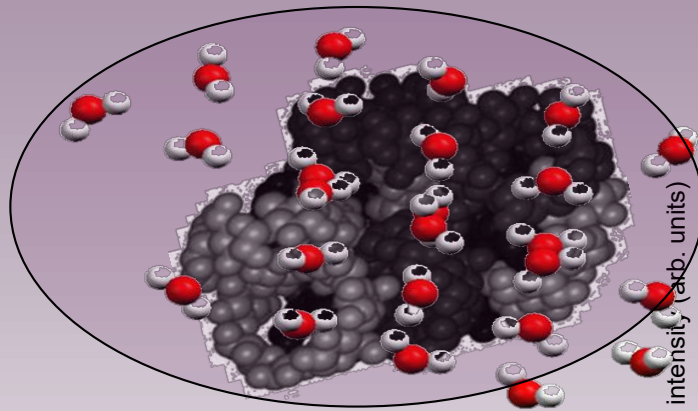


Analisi della struttura  
e della dinamica

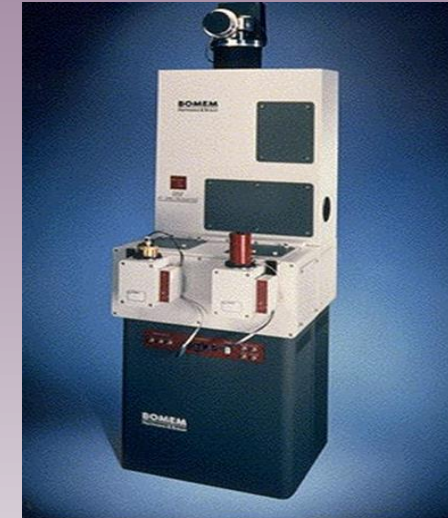
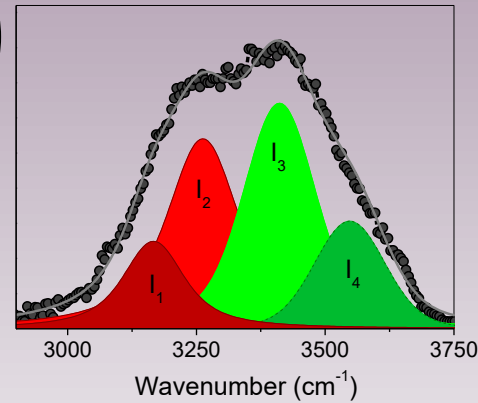
Efficacia farmacologica

...le tecniche...

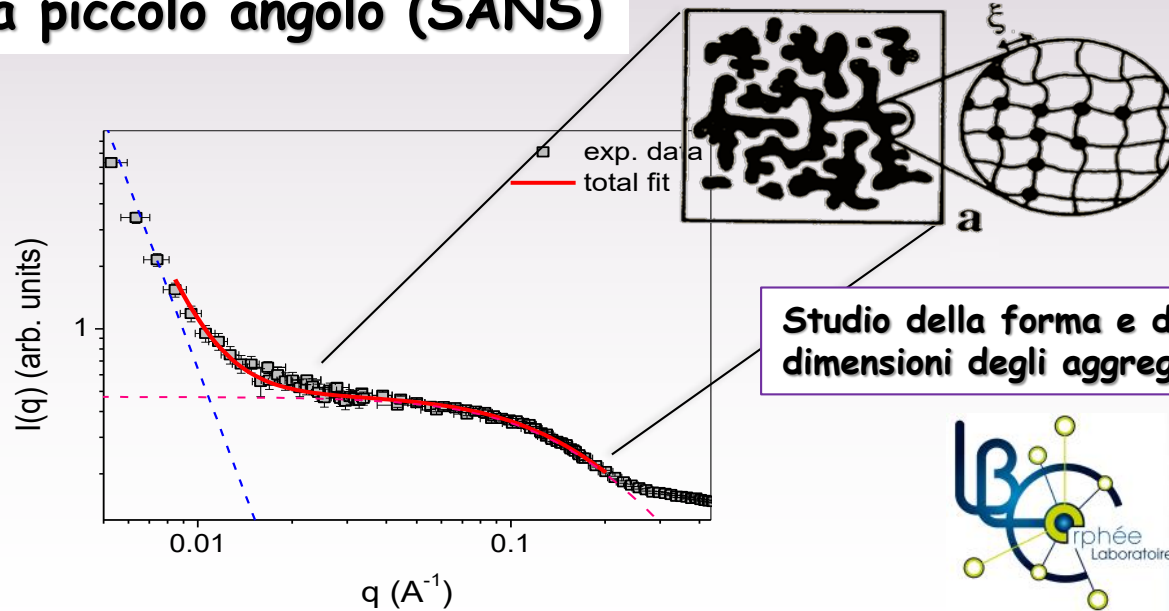
## Spettroscopia FTIR-ATR e FT-Raman



Studio del legame  
idrogeno...



## Scattering di neutroni a piccolo angolo (SANS)



Studio della forma e delle  
dimensioni degli aggregati...



Laboratoire Léon Brillouin  
UMR12 CEA-CNRS  
Bât. 563 CEA Saclay  
91191 Gif sur Yvette Cedex  
France  
llb-sec@cea.fr



✓ Indagine chimico-fisica di reperti di interesse storico-artistico...in laboratorio e **in situ**...



...presso il **Laboratorio di Spettroscopia Raman e IR** e il **Laboratorio di Fisica Applicata ai Beni Culturali e Ambientali** del Dipartimento MIFT di UNIME...

Bomem DA8 FT-IR spectrometer

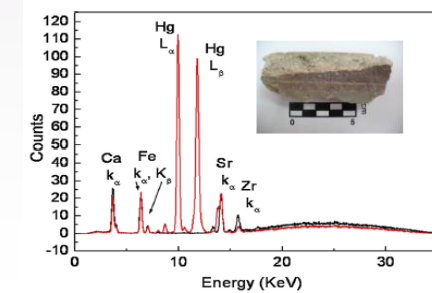
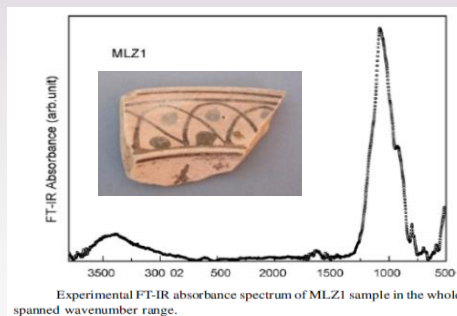
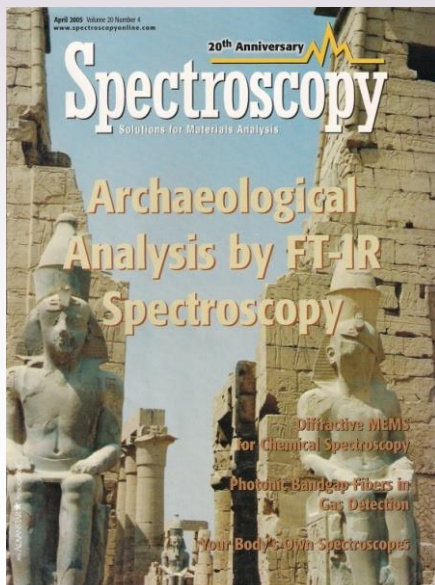
Handheld "MiniRam<sup>TM</sup>" Raman (B&WTEKinc) spectrometer

Handheld XRF 'Alpha 4000' (Innov-X System) analyzer

**Ricerca archeometrica:**

Metodologie tradizionali di indagine storica ed archeologica, che fanno riferimento a problematiche di contatti e scambi tra centri antichi geograficamente distinti, trovano nelle metodologie scientifiche la soluzione a diversi problemi interpretativi.

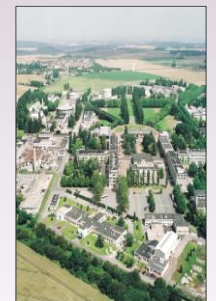
...presso le **European Large Facilities**...



Grenoble, F



Saclay, F



Oxford, UK



Grenoble, F



✓ ed inoltre...

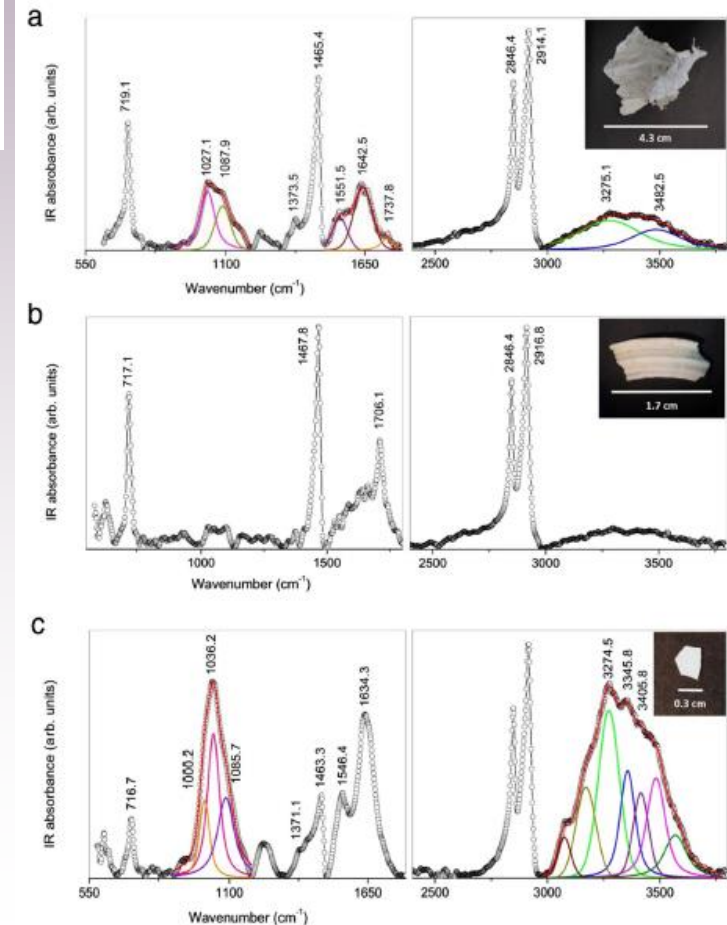
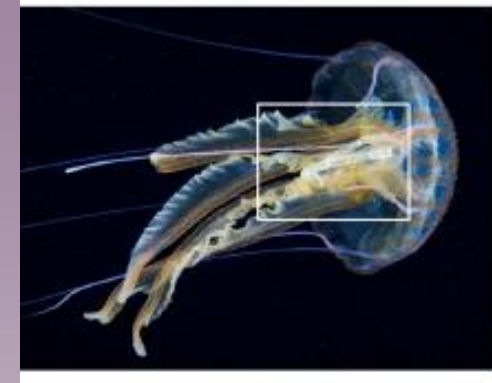
www.nature.com/scientificreports

# SCIENTIFIC REPORTS

## OPEN Episodic records of jellyfish ingestion of plastic items reveal a novel pathway for trophic transference of marine litter

Received: 24 October 2017  
Accepted: 22 March 2018  
Published online: 17 April 2018

A. Macali<sup>1</sup>, A. Semenov<sup>2</sup>, V. Venuti<sup>3</sup>, V. Crupi<sup>3</sup>, F. D'Amico<sup>4</sup>, B. Rossi<sup>4</sup>, I. Corsi<sup>5</sup> & E. Bergami<sup>5</sup>



MIUR.AOODGRIC.REGISTRO\_PRIN2017.0001168.27-03-2018

*Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca*

Dipartimento per la formazione superiore e per la Ricerca  
Direzione Generale per il Coordinamento, la promozione e la valorizzazione della Ricerca

PRIN: PROGETTI DI RICERCA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE – Bando 2017  
Prot. 2017LN7M9X

### PART A

#### 1. Action line

South line/Linea Sud

#### 2. Research project title

MICROplastos as vectors for MICRObes and oontaminants and perspectives for bioremediation - MICRO2 project

...work in progress...