



Elettra Sincrotrone Trieste



Elettra – Sincrotrone Trieste



Elettra è un potente microscopio che utilizza un particolare tipo di radiazione, la “luce di Sincrotrone” per effettuare misure ed analisi.

Key numbers

- 400 employees
- 100000 m²
- 28 Beamlines
- 5000 h beamtime
- >1000 Users
- >25 Countries



Qualche dato

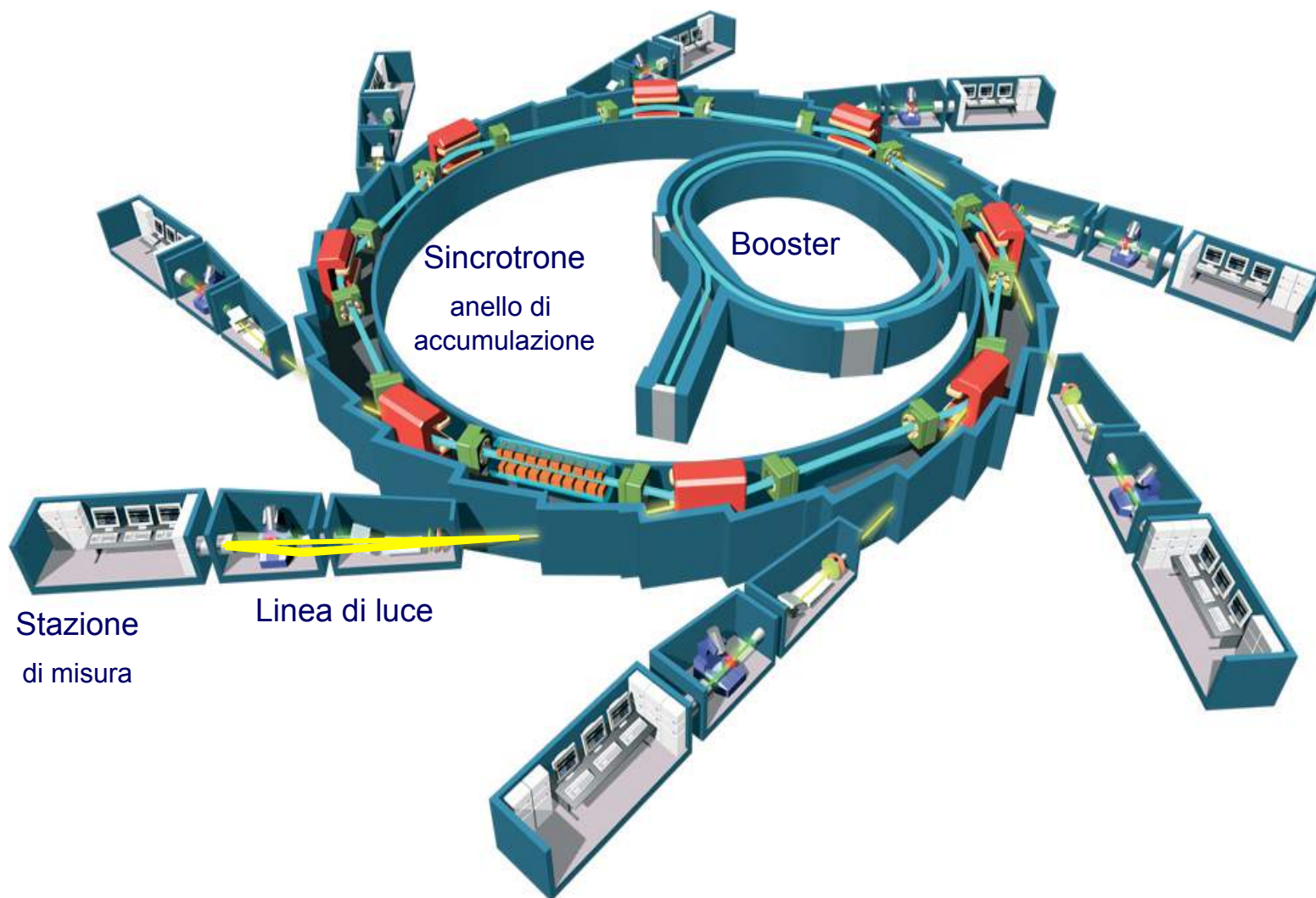
- ✓ Ogni attività monitorata e valutata a livello internazionale
- ✓ Oltre 1000 utilizzatori/anno: biologi, chimici, fisici, ingegneri, geologi, medici, archeologi,più del 50% viene da oltre 20 Paesi.
- ✓ Staff: 250 di ST + 100 da Partners + 50 in formazione e visitatori
- ✓ 20% da estero e forti attività di formazione, con rete estesa
- ✓ Riferimento di qualità internazionale per l'intera rete italiana
- ✓ Sinergia con gli altri Istituti Internazionali di Trieste, entro i progetti UE
- ✓ Laboratorio associato IAEA, CEI, forte attenzione temi Energia
- ✓ Partner stabili da Italia (INFM, CNR, Università...) e altri Paesi: Austria, Repubblica Ceca, Francia, India, USA, Cina
- ✓ Coordina la rete EU dei sincrotroni e FEL europei, collegata a tutti i Laboratori mondiali (contratto EU da 28 M€)
- ✓ Supporta l'interazione Industria/Ricerca e sviluppa prodotti e servizi
- ✓ Bilancio: 30 M€ (il MIUR 27 M€, gli altri in progetti di ricerca), ma abbiamo bisogno di 45 M€



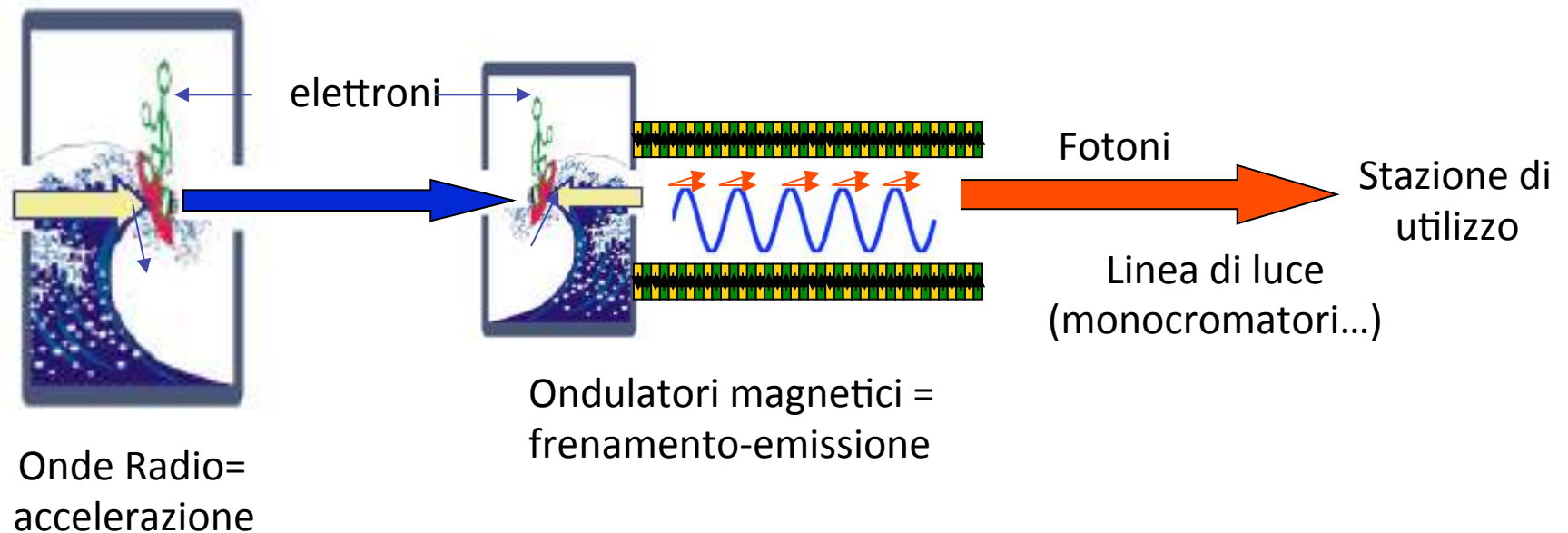
Elettra Sincrotrone Trieste



Come funziona un Sincrotrone



Generazione della luce



I campi RF danno energia a “pacchetti” di elettroni che, a $\sim v$ luce, aumentano di massa

Se la traiettoria è curvata da “ondulatori” magnetici o magneti curvanti,

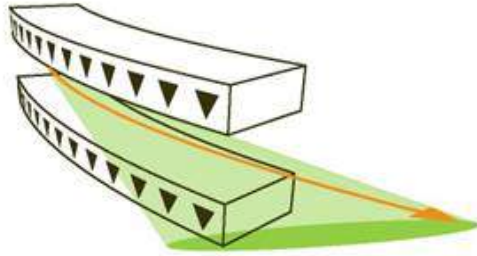
perdono m e producono impulsi di luce

La λ è continua o dipende dal passo dell'ondulatore, il Δt dalla lunghezza dei “pacchetti”



Elettra Sincrotrone Trieste

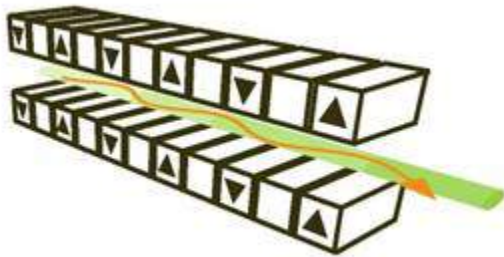
Magneti di Inserzione e Magneti Curvanti



Magneti Curvanti

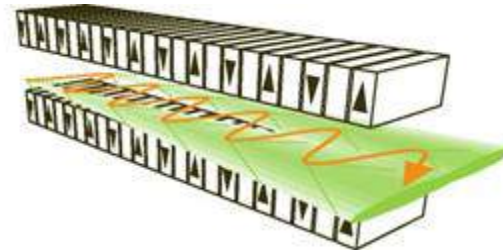
I magneti Curvanti mettono in connessione due sezioni diritte del sincrotrone: la luce è prodotta mediante la “bremsstrahlung radiations”.

I Magneti di Inserzione (straight sections) sono nelle sezioni diritte e producono radiazione più intensa: gli elettroni fanno un moto a zig-zag, emettendo luce.



Ondulatore

La luce del raggio è coerente e collimata



Wiggler

La luce del raggio è incoerente e non collimata

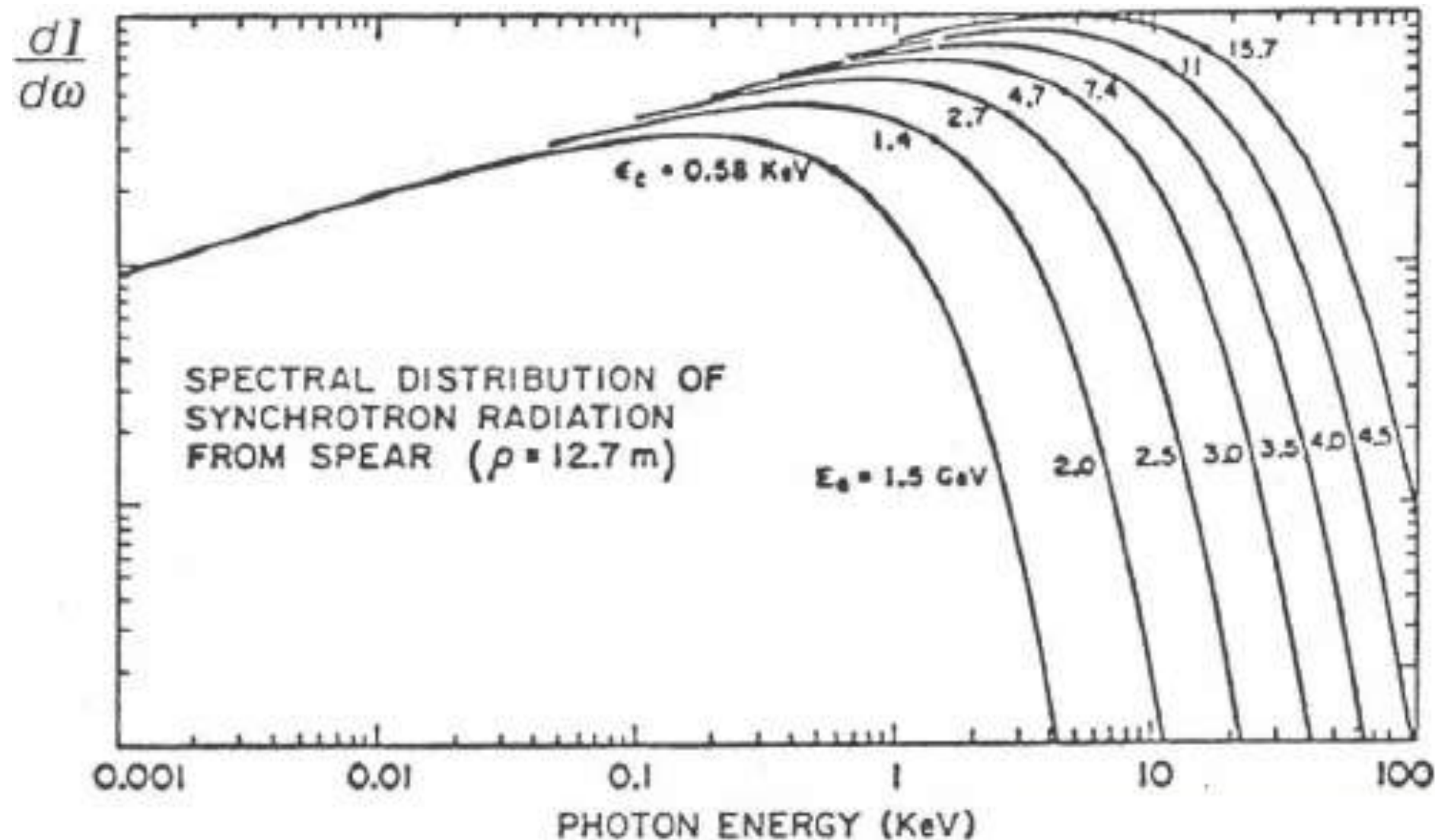


Elettra Sincrotrone Trieste



Radiazione di un Magnete Curvante:

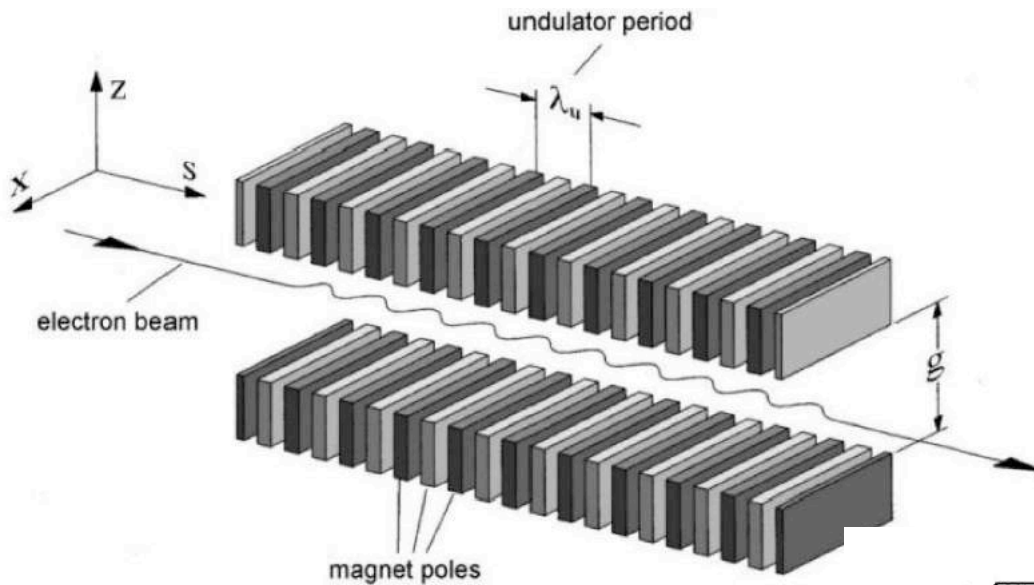
Distribuzione spettrale per energie differenti del fascio di elettroni





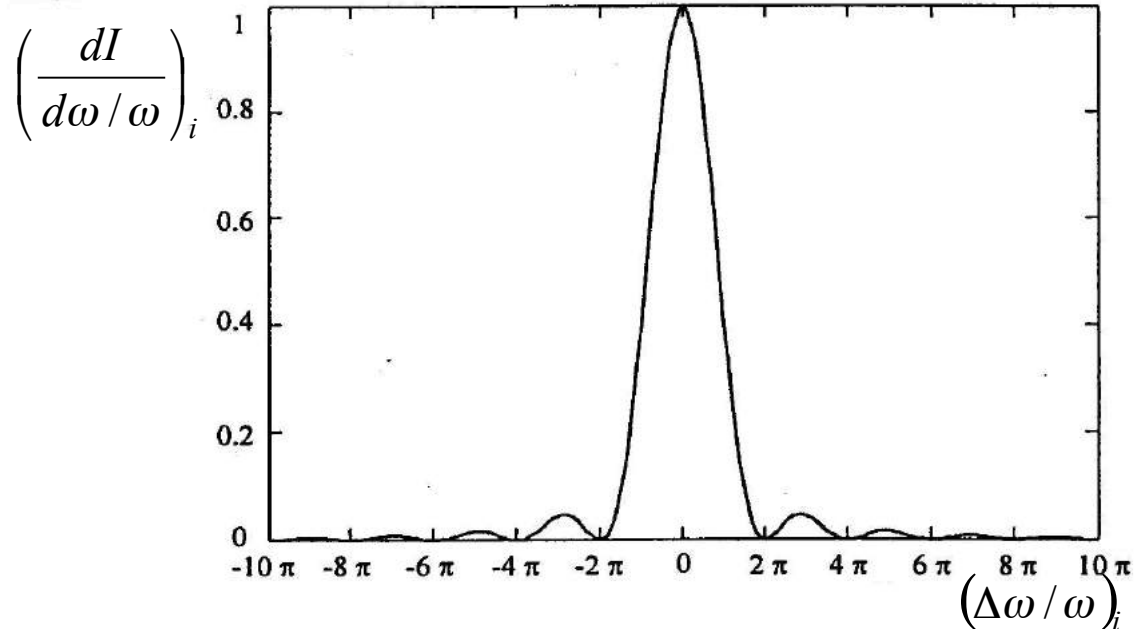
Elettra Sincrotrone Trieste

Ondulatore & Wigglers



$$K = \frac{\lambda_u e B_0}{2\pi m_0 c}$$

$$\lambda_i = \frac{\lambda_u}{2\gamma^2} \left(1 + \frac{K^2}{2} + \gamma^2 \theta^2 \right)$$



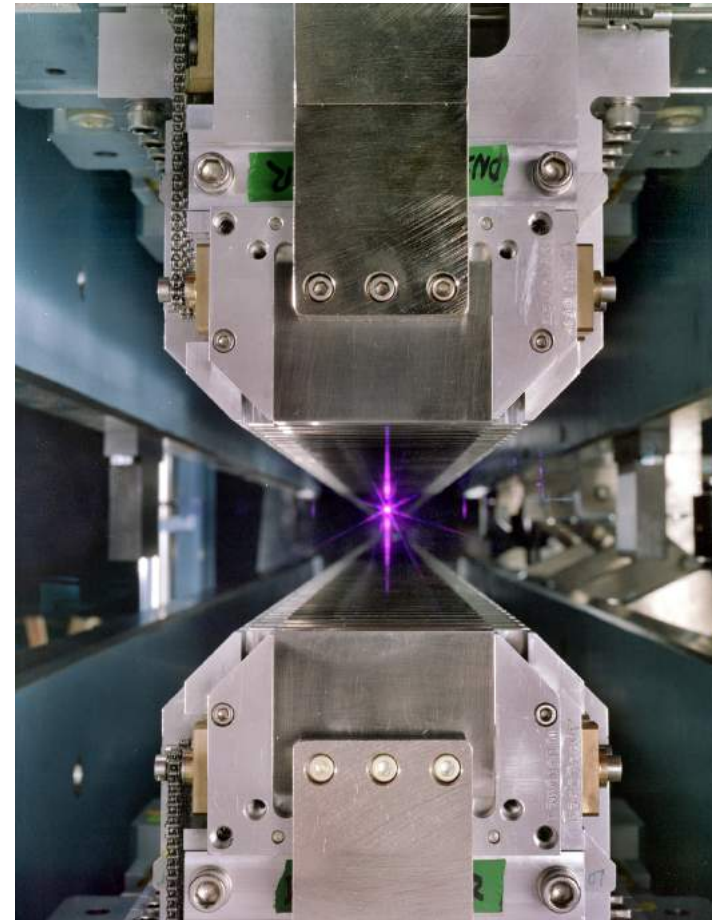
$$K < 1 \Rightarrow \Theta_{\max} < 1/\gamma$$

$$K > 1 \Rightarrow \Theta_{\max} > 1/\gamma$$



Elettra Sincrotrone Trieste

Ondulatore





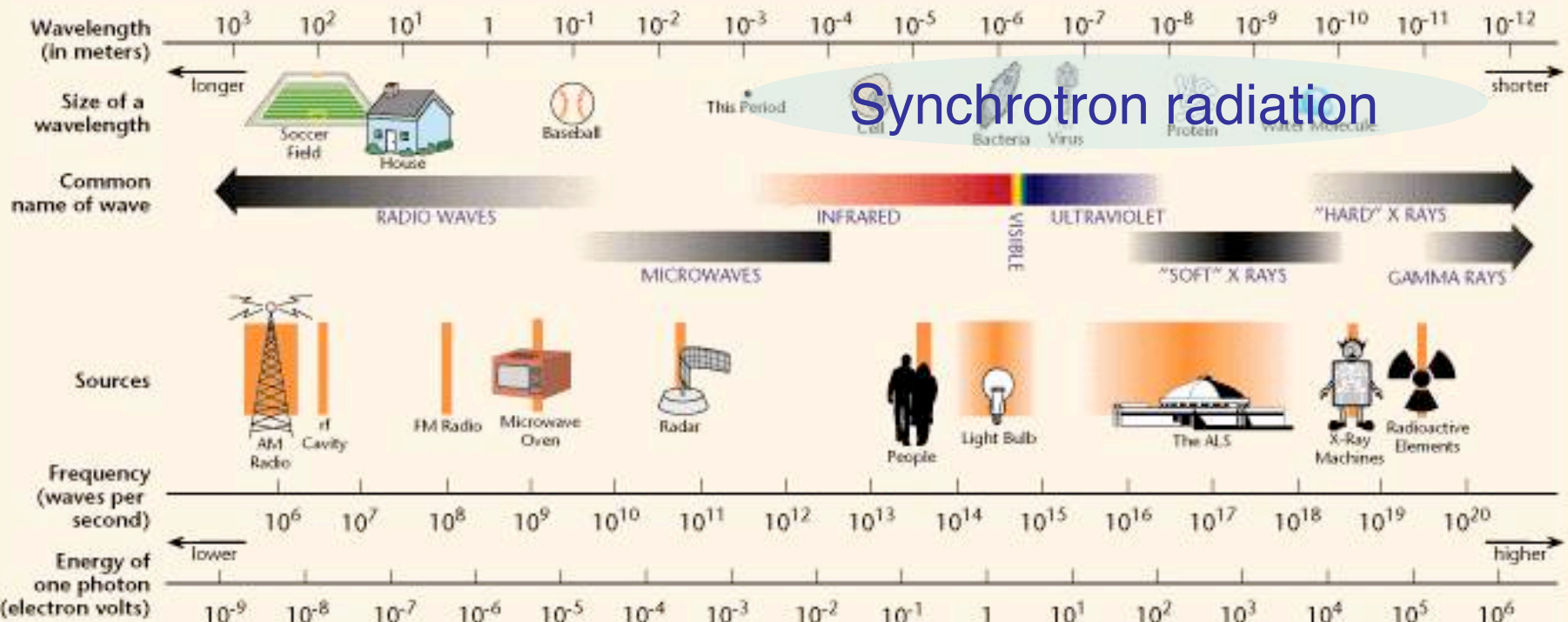
Caratteristiche della luce



Elettra Sincrotrone Trieste

- Scegliere la lunghezza d'onda in base al materiale da esaminare
- Luce intensa, che permette misure estremamente rapide
- Luce coerente / collimata (caratteristiche simili a quelle della luce laser)

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

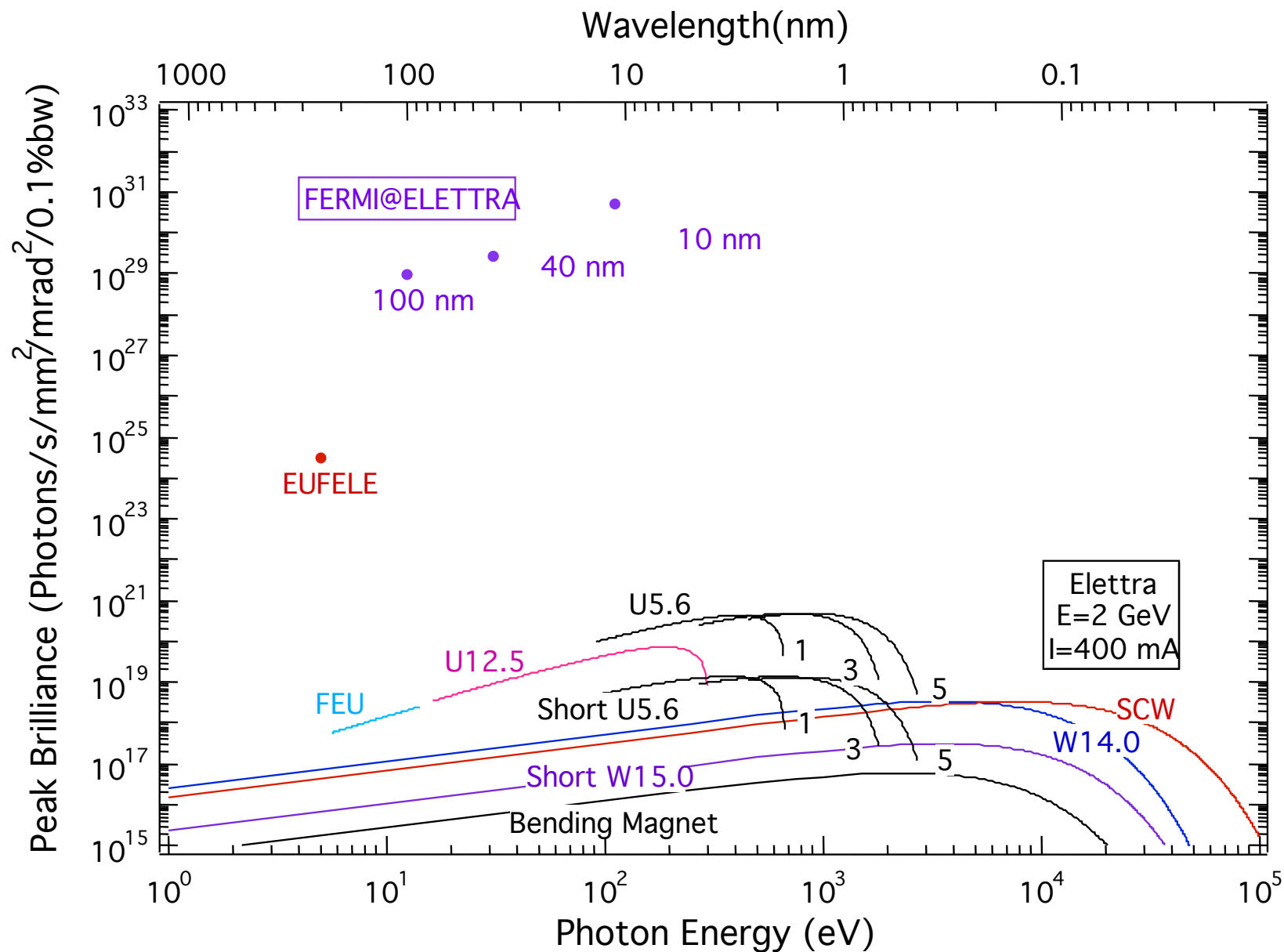


Synchrotron radiation



Elettra Sincrotrone Trieste

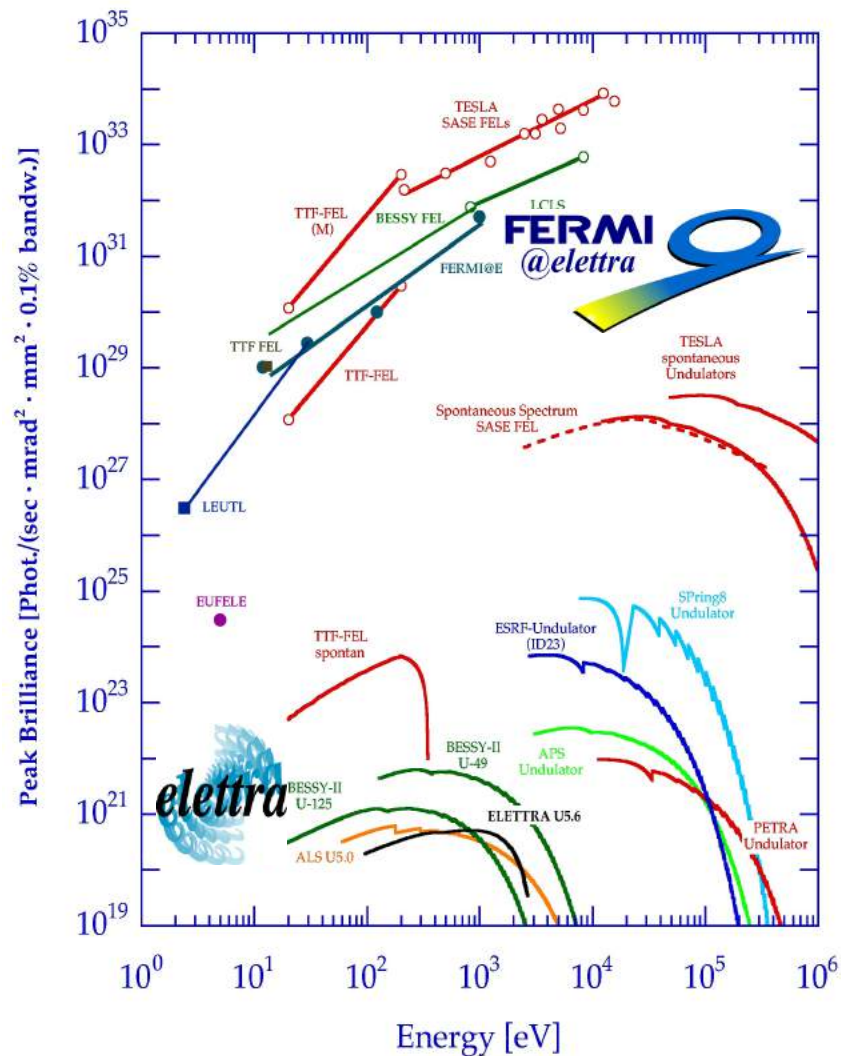
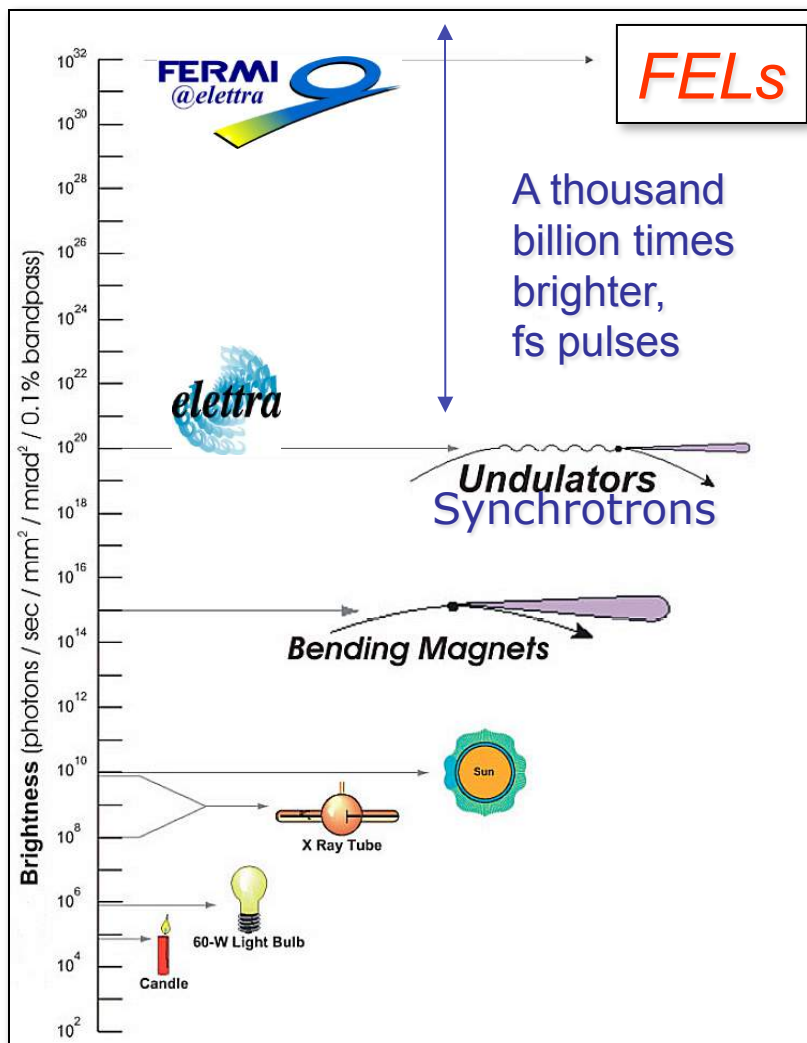
Photon sources at Elettra e Fermi





Elettra Sincrotrone Trieste

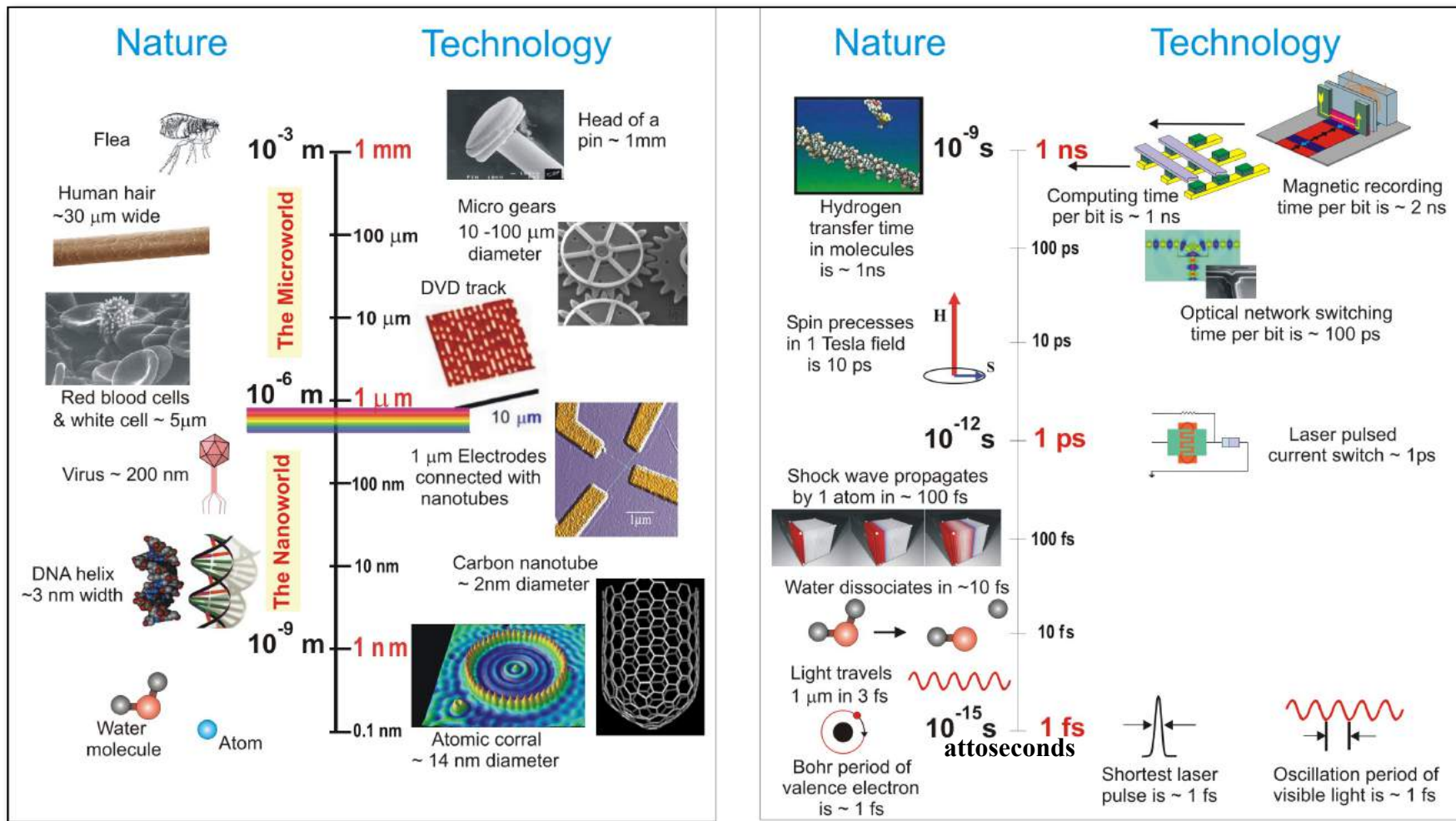
Un confronto tra sorgenti di luce



La luce come sonda e strumento

Scala spaziale

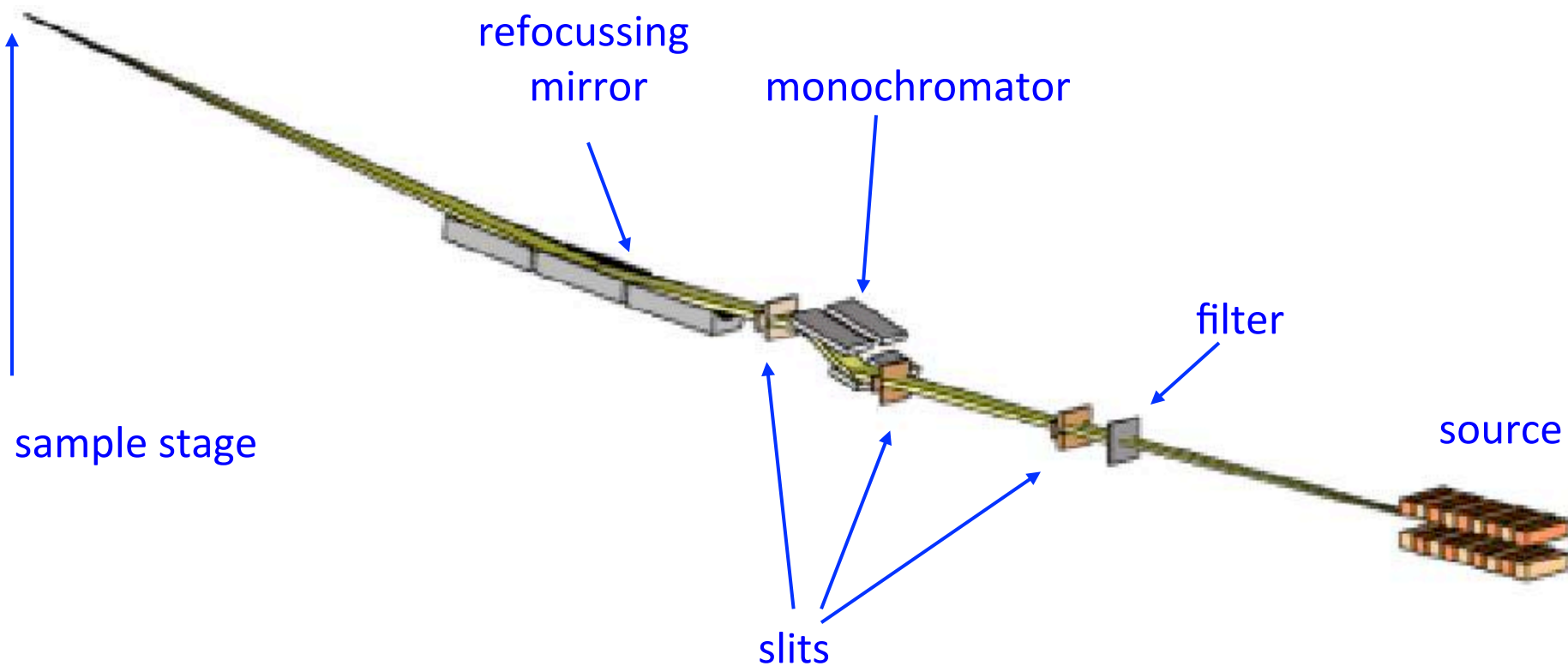
Scala temporale





Elettra Sincrotrone Trieste

Una beamline





Elettra Sincrotrone Trieste

La luce come sonda e strumento

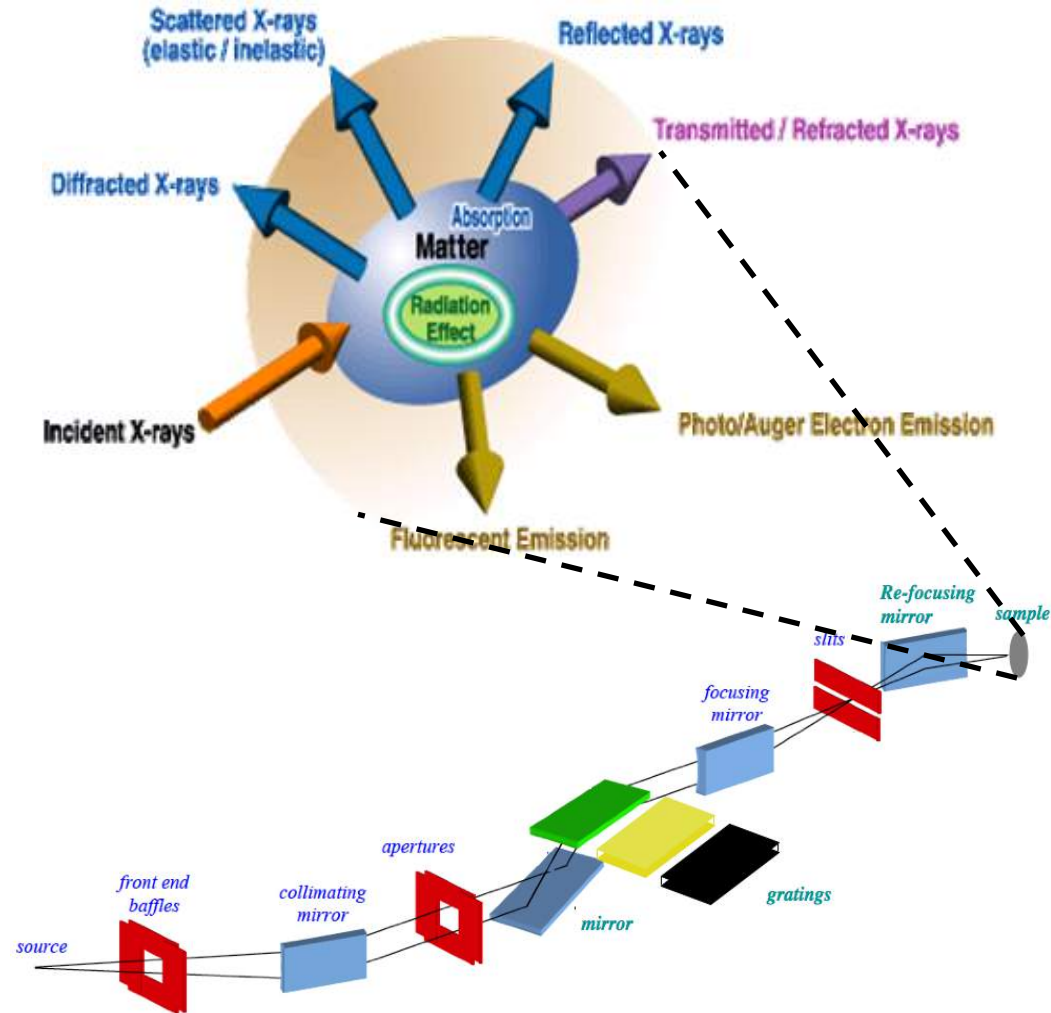


Giorgio Napolitano
Italian Former
President

Riccardo Illy
FVG Former Regional
President
(also Illy coffee)



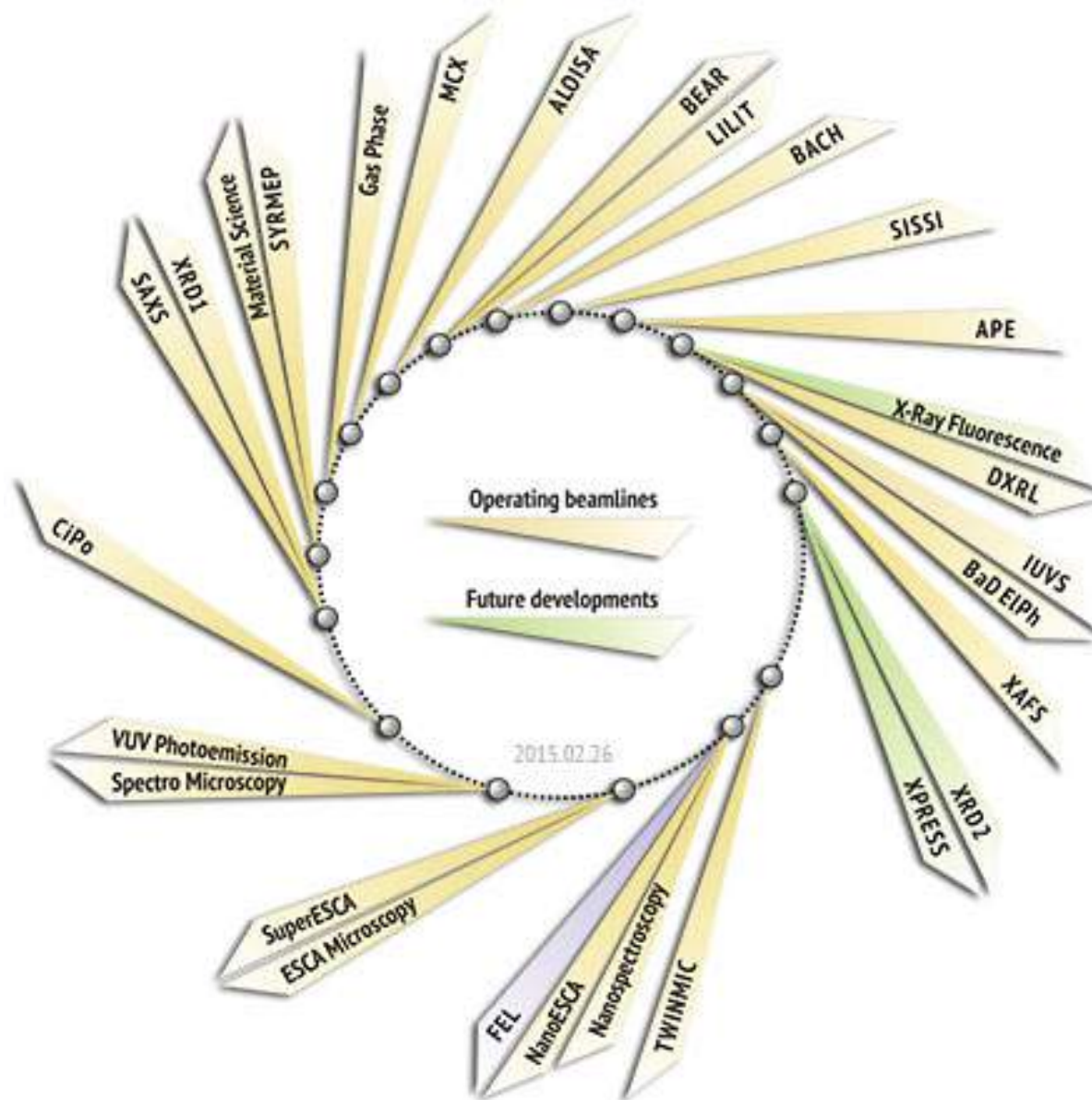
Carlo Rizzuto
CERIC-ERIC
President



Non tutti gli utenti appaiono in questo modo: non mettiamo gli occhiali !!!



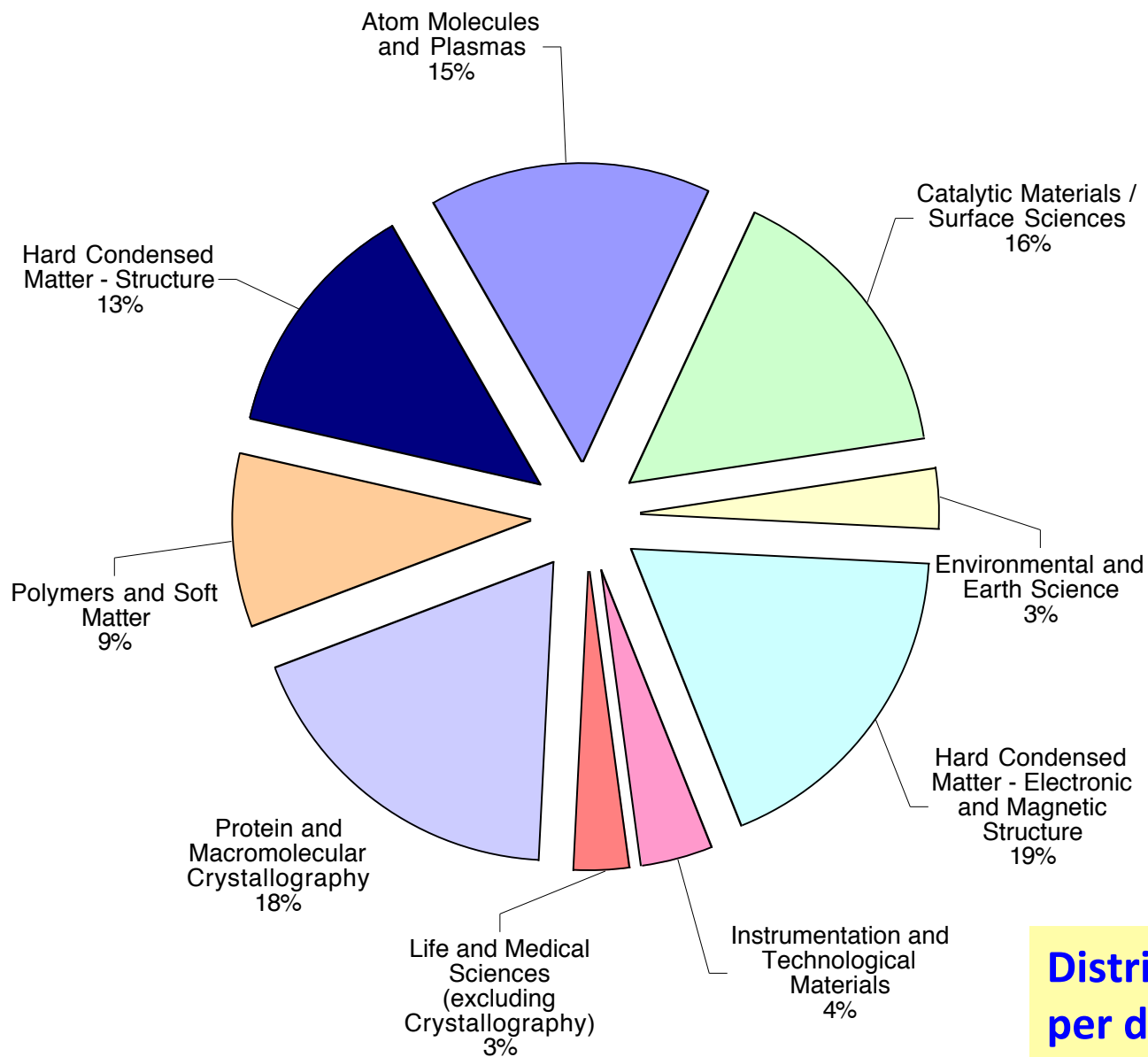
Elettra Sincrotrone Trieste



- 24 beamlines Aperte agli utenti
- 3 new beamlines
- 1 FEL test beamline

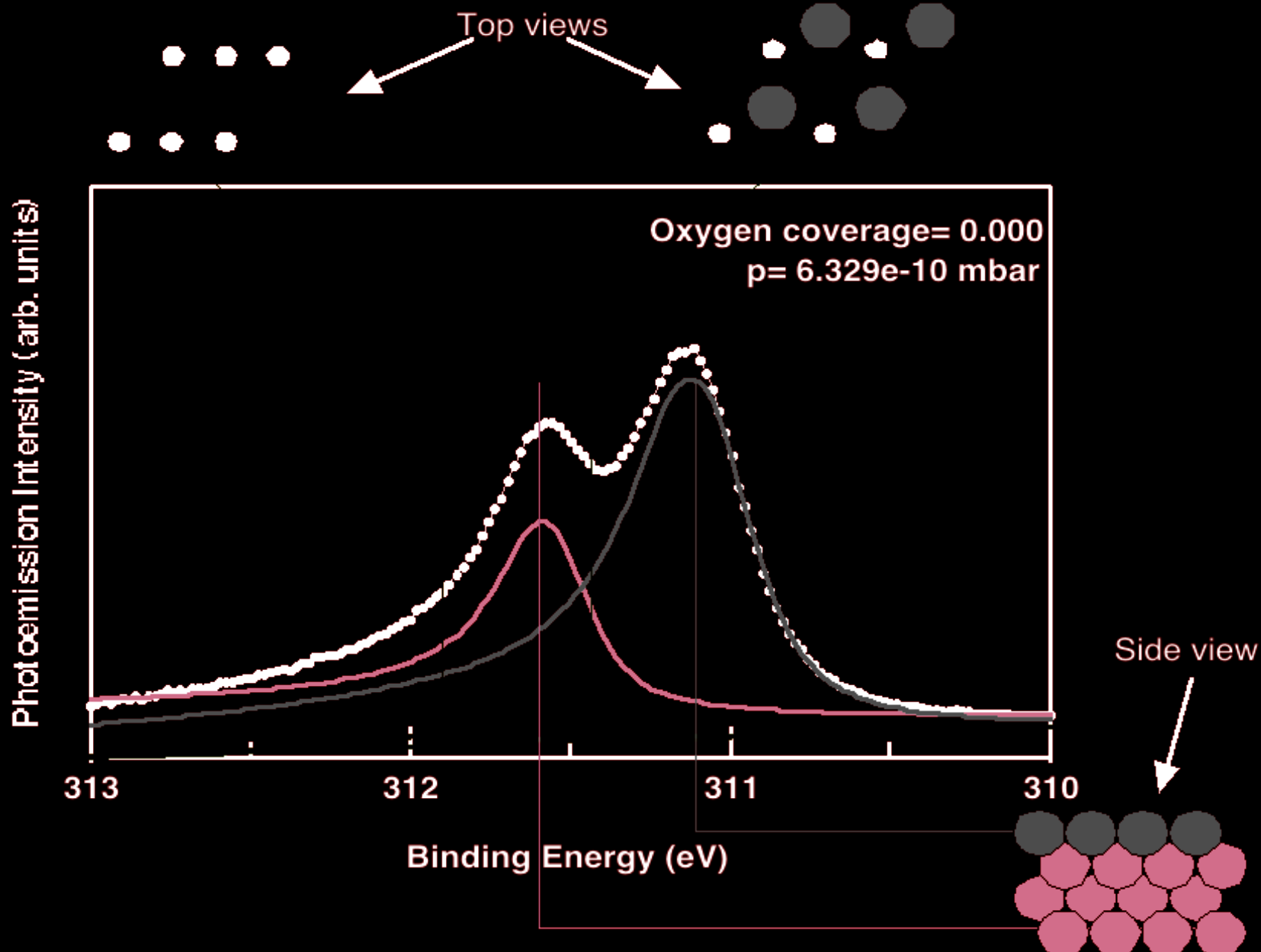


Elettra Sincrotrone Trieste

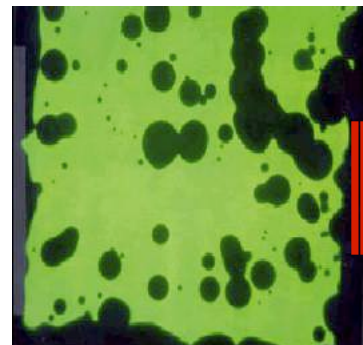


**Distribuzione dei proposal
per discipline**

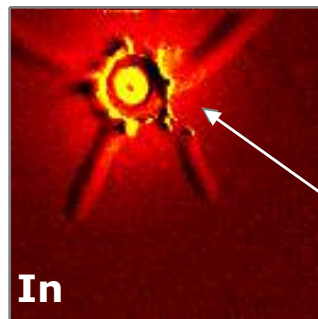
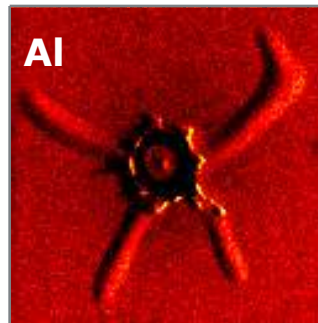
Rh(111): evoluzione del Rh $3d_{5/2}$ durante il dosaggio di O_2



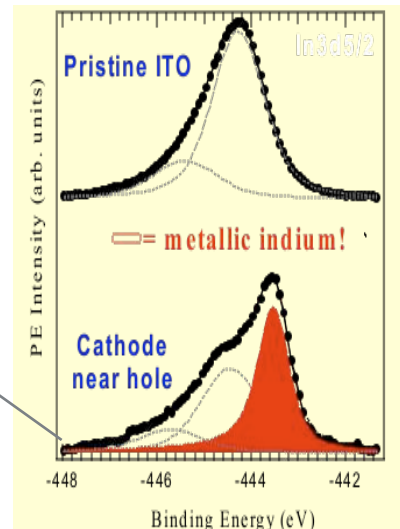
perché si degradano?



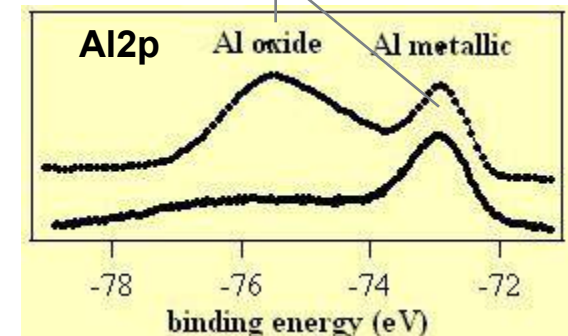
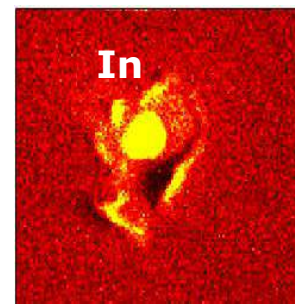
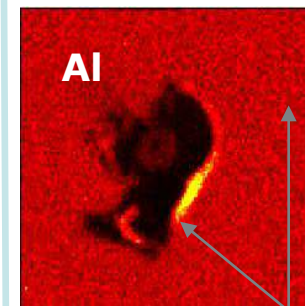
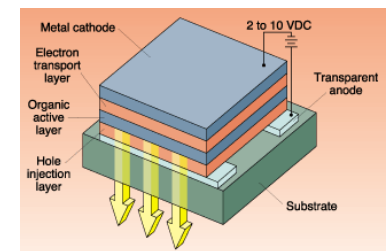
Dark spot in OLED



•Decomposizione dell' ITO substrate



Esperimento Pulito UHV



OLED esposto all'inquinamento atmosferico: emissione della luce ha alcuni malfunzionamenti



OLED Display Screen (from Universal Display Corp.)



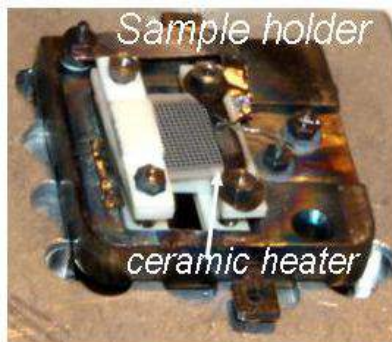
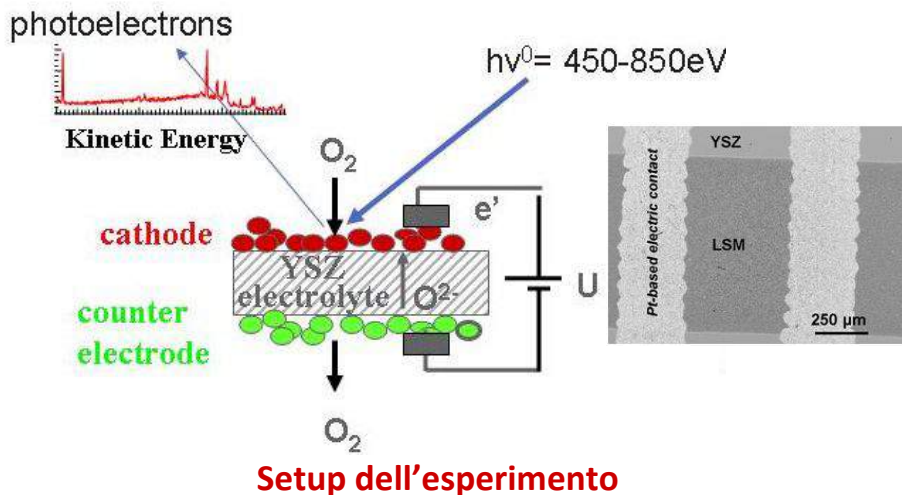
Elettra Sincrotrone Trieste

Fuel Cells

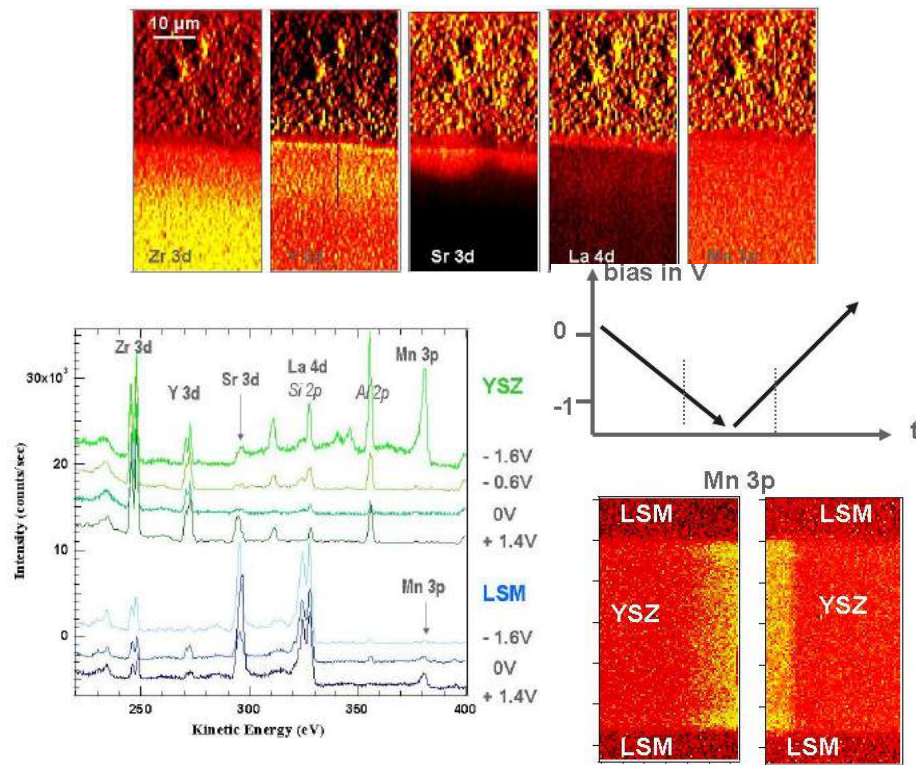
collaborazione con **CORNING**



Distribuzione elementale all'elettrodo/LSM interfaccia



- Campione reale
- High T = 650-700°C
- $p\text{O}_2 = 1 \times 10^{-6}$ mbar
- Potenziale applicato



Osservazione e spiegazione del catodo elettro-chimicamente attivato

- Corrente cresce mediante potenziale negativo quanto Mn si genera all'elettrodo
- Il manganese Mn^{2+} si genera sulla superficie dell'elettrodo → elettrodo conduce → Incorporazione di ossigeno sull'elettrodo
- Oxygen incorporation extends to the entire electrolyte surface



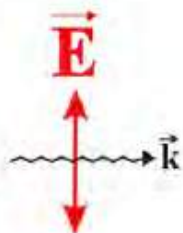
Elettra Sincrotrone Trieste

Orientazione Molecolare (orbitale)



K-edge

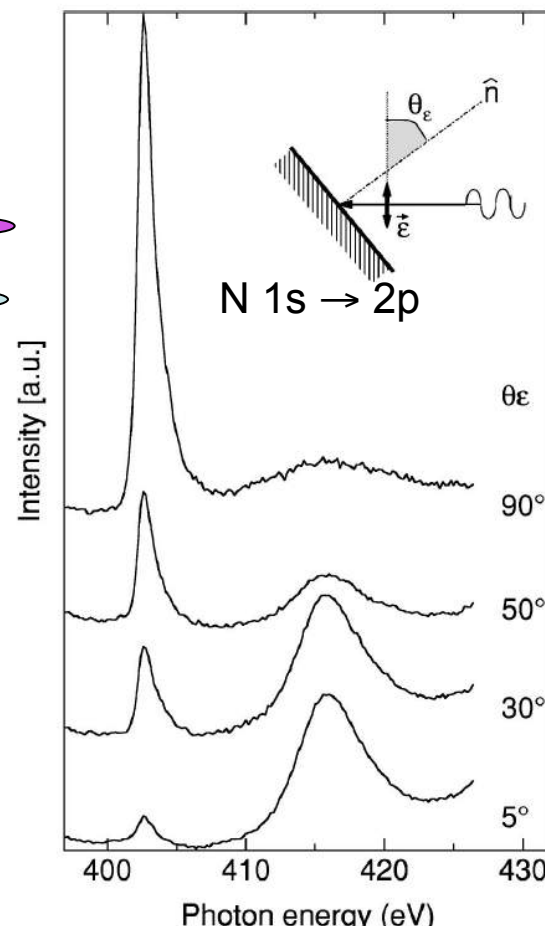
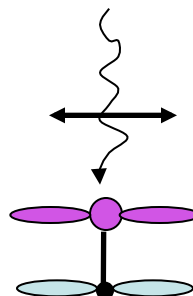
probe empty **p** orbitals



no
absorption

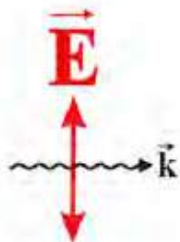


large
absorption



L-edge

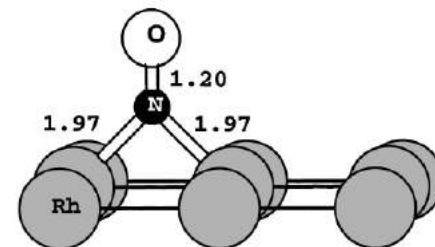
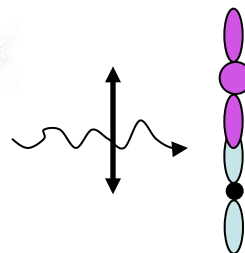
probe empty **d** orbitals

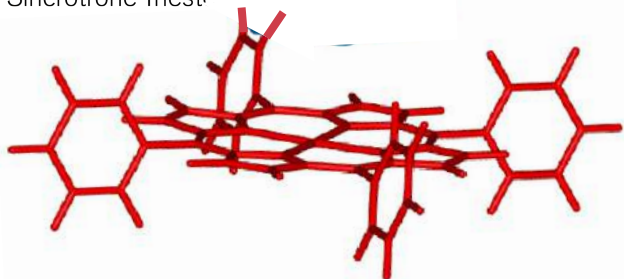


no
absorption

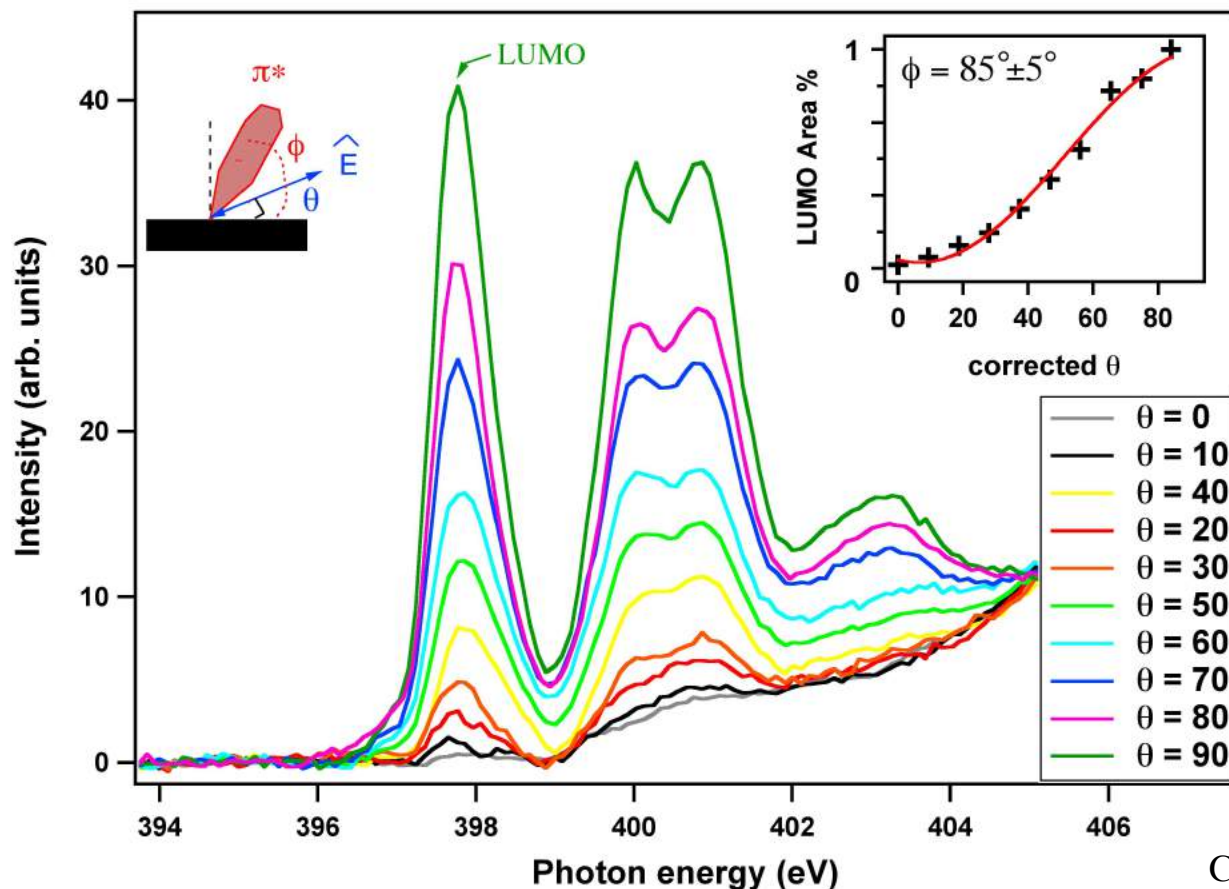


large
absorption





Quando la polarizzazione è perpendicolare al macrociclo, i π^* sono al massimo, mentre quando è sulla superficie $i\pi^*$ sono quasi zero.

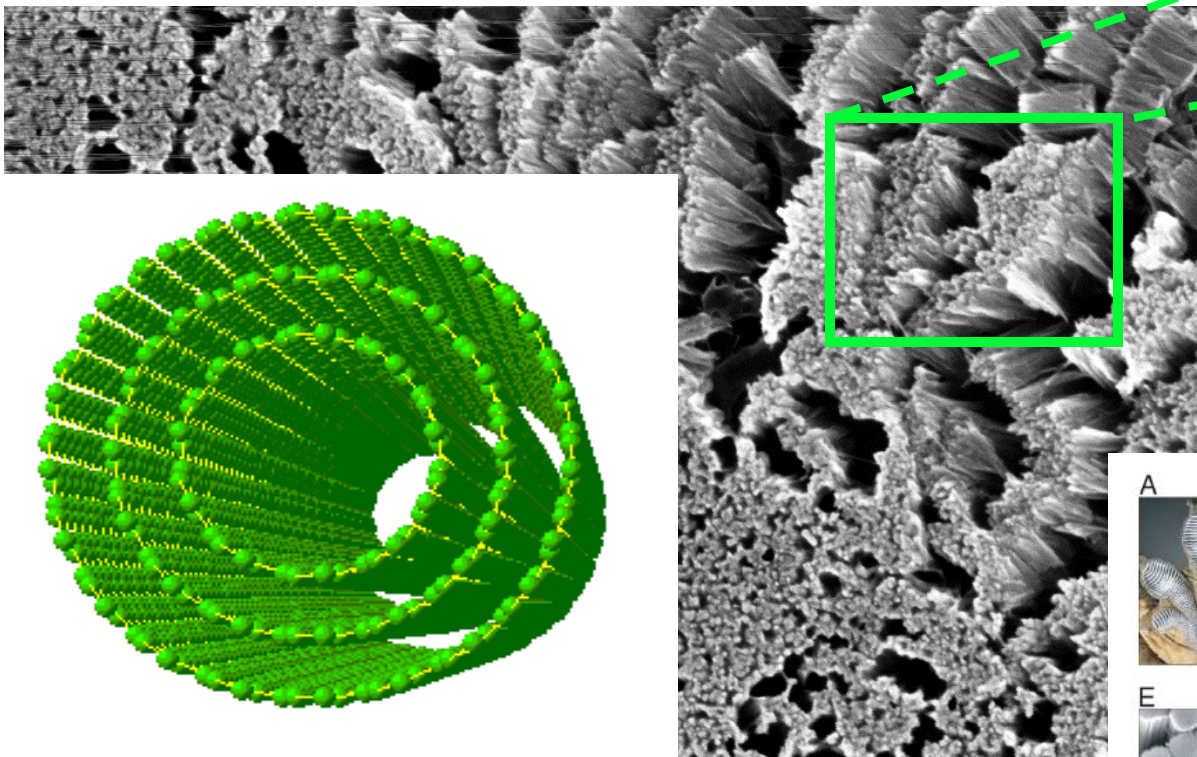
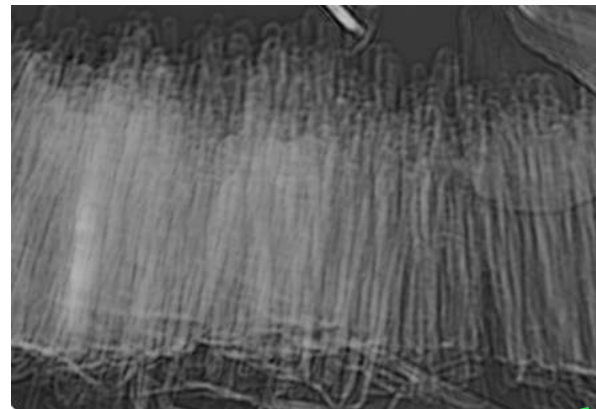


La Zn-TTP, nel caso del multilayer, assorbe con il macrociclo parallelo alla superficie del cristallo

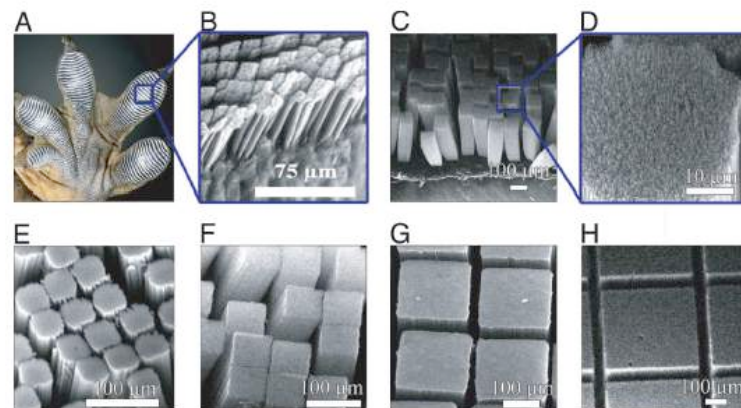


Elettra Sincrotrone Trieste

Nanotubi



CNTs sono cresciuti su un substrato: SiC
Nano-particolare Fe/ Al_2O_3
Nano-particolare Fe/ SiO_2
ITO/vetro

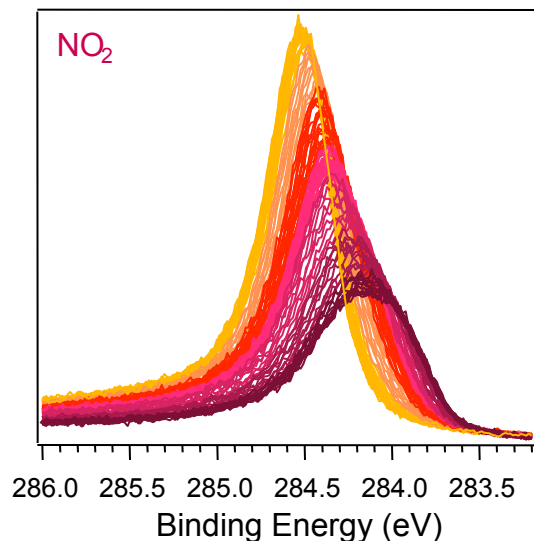
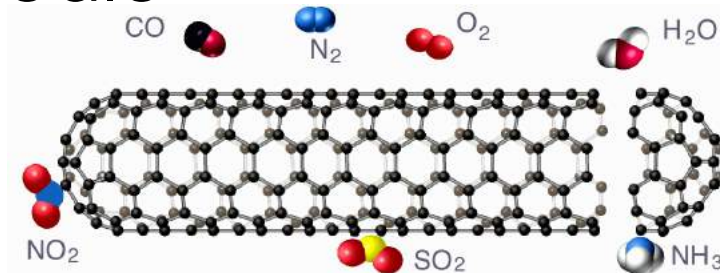


LILIT 100nm EHT = 5.00 kV Mag = 40.96 K X FIB Lock Mags = No FIB Imaging = SEM Signal A = InLensDate : 8 Ma
INFM-TASC WD = 6 mm FIB Mag = 246 X FIB Probe = 500 pA Signal B = SE2 System Vacuum = 6.07e-00



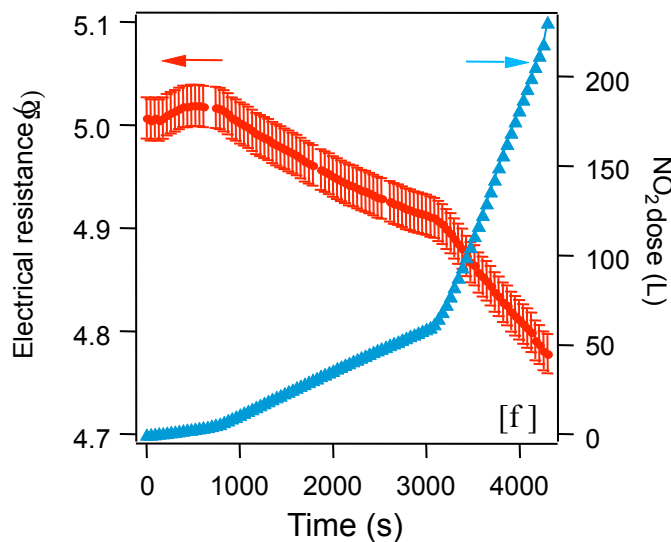
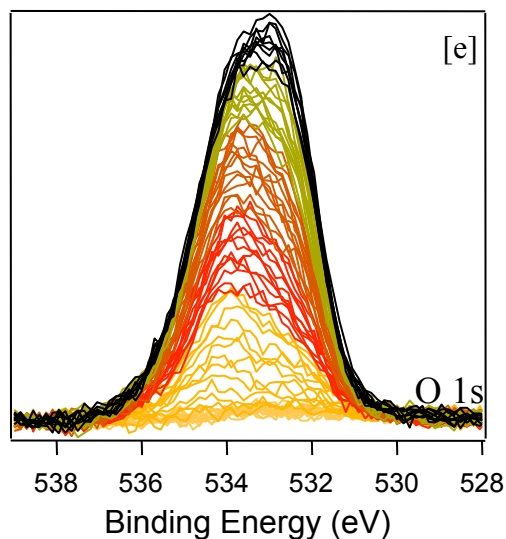
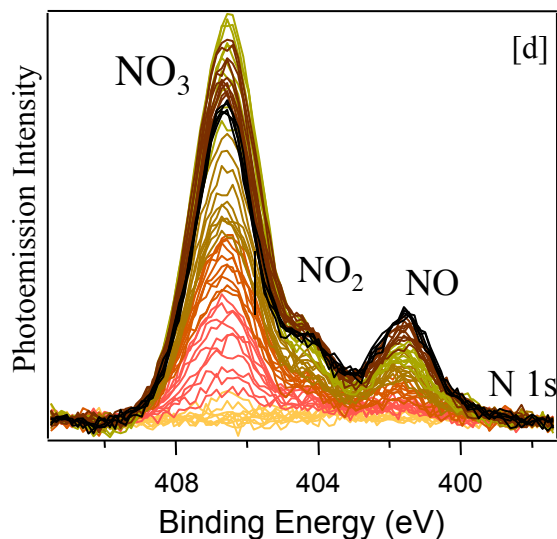
Elettra Sincrotrone Trieste

Reazioni chimiche in tempo reale

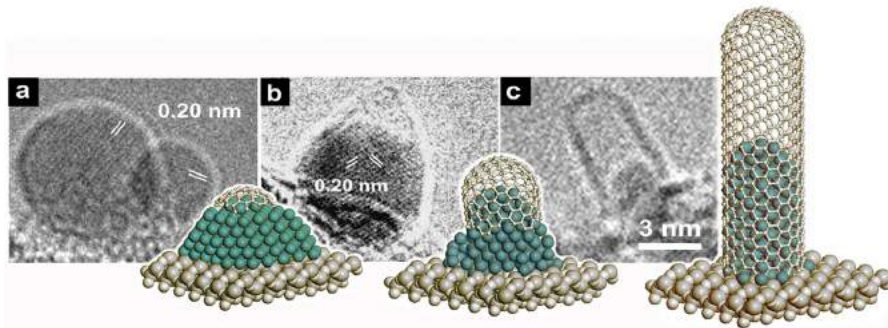


Variazione dell'1% dopo ~ 40 L,
i.e. dopo 10 ppb di molecole tossiche in 4 sec.

SnO₂-based sensori: qualche ppm in 1 min.



Dinamica del catalizzatore durante una nucleazione di un nanotubo

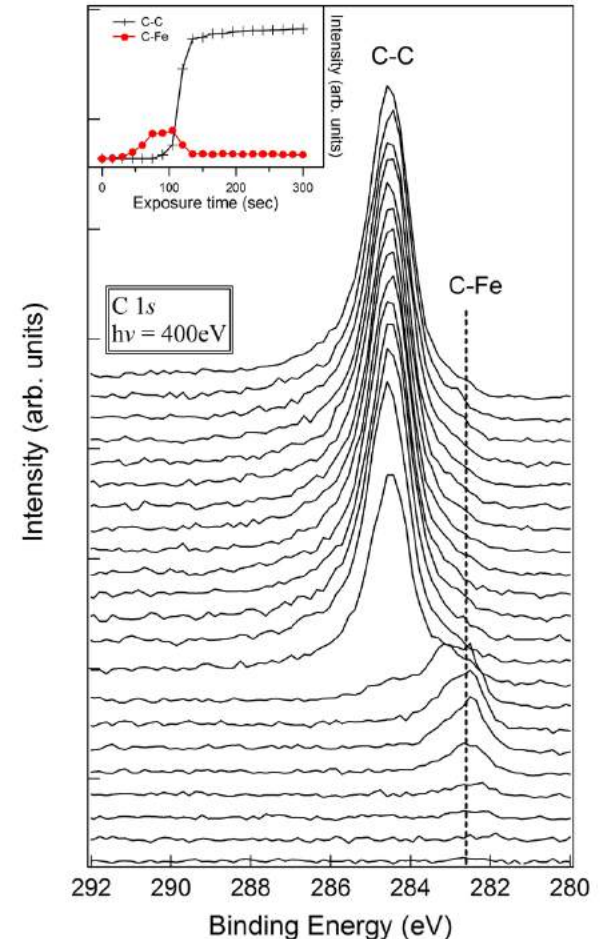


Alcuni dei progressi fatti mediante un'atomistica crescita di CNT sono stati highlighted combinando in-situ TEM e XPS.

Per la crescita di SWNT si osservano contrasti di fase per la nanoparticella come catalizzatore. La particella cresciuta (0.20 nm) ha riflessioni per la metallica fcc Ni(111), ma anche per $\text{Ni}_2\text{O}_3(200)$ e $\text{Ni}_3\text{C}(113)$.

Acetylene è selettiva al chimico assorbimento e alla formazione di un campione carbone-rich sulla superficie. La selettività strutturale è determinata da un interplay dinamico tra il carbone-network e la deformazione delle particelle di catalizzatore.

Il catalizzatore è attivo solo nello stato metallico; Fe films che sono stati deliberatamente ossidati prima del riscaldamento hanno mostrato piccolissimo/non-nanotubes formazione su C_2H_2 .



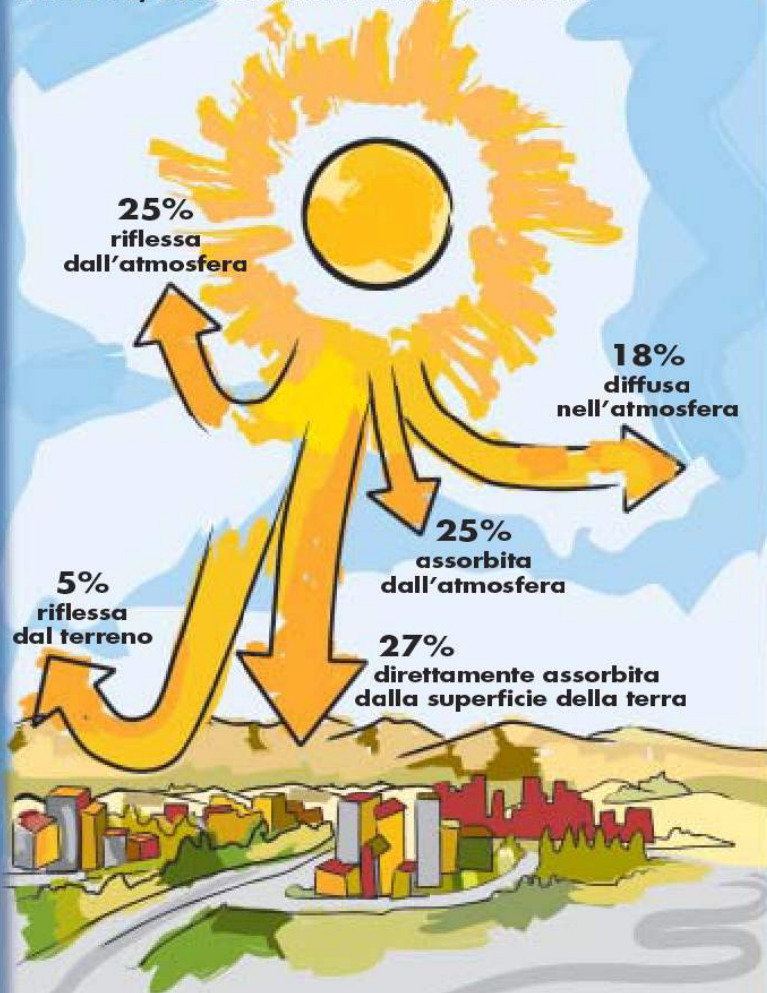


Elettra Sincrotrone Trieste

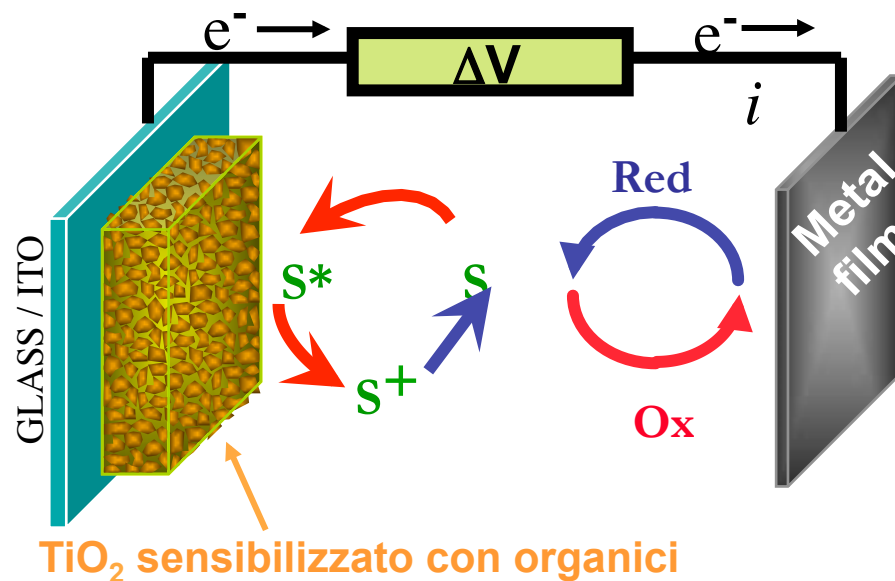
Sole & Energia (approccio bio-mimetico)



**FLUSSO DI ENERGIA
FRA IL SOLE, L'ATMOSFERA E LA SUPERFICIE TERRESTRE**



The Solar Spectrum on the Earth



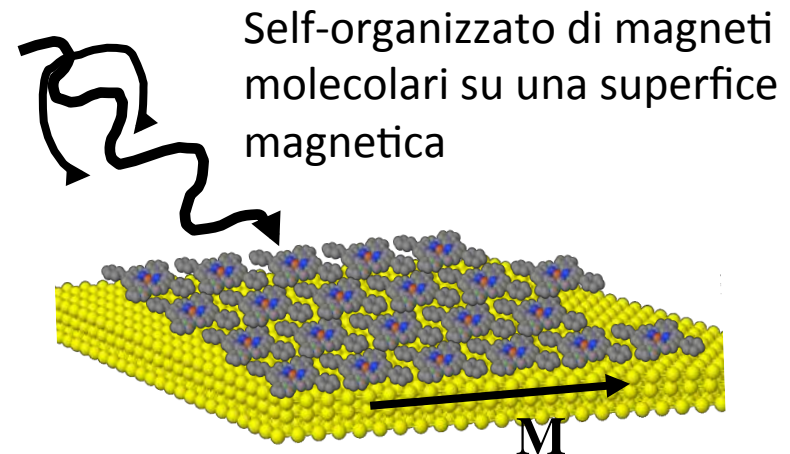
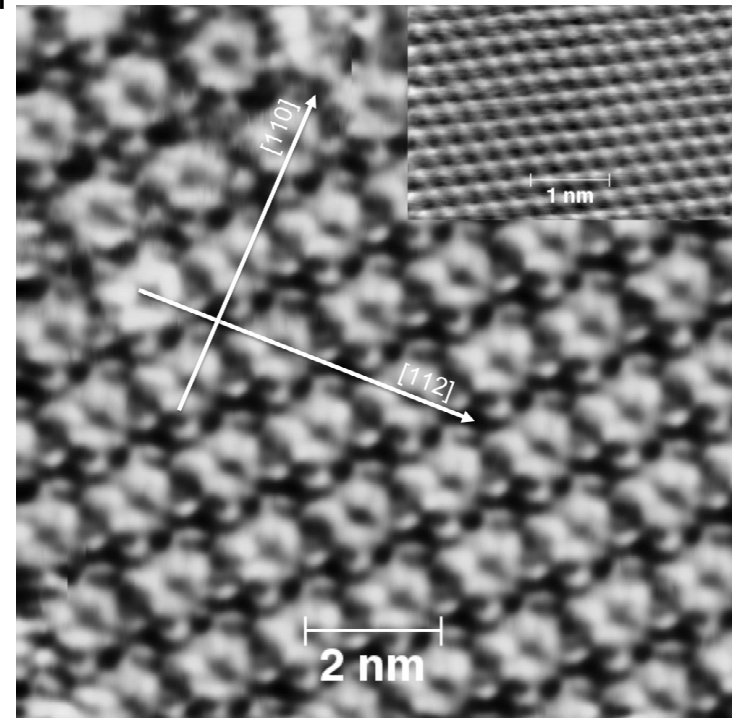
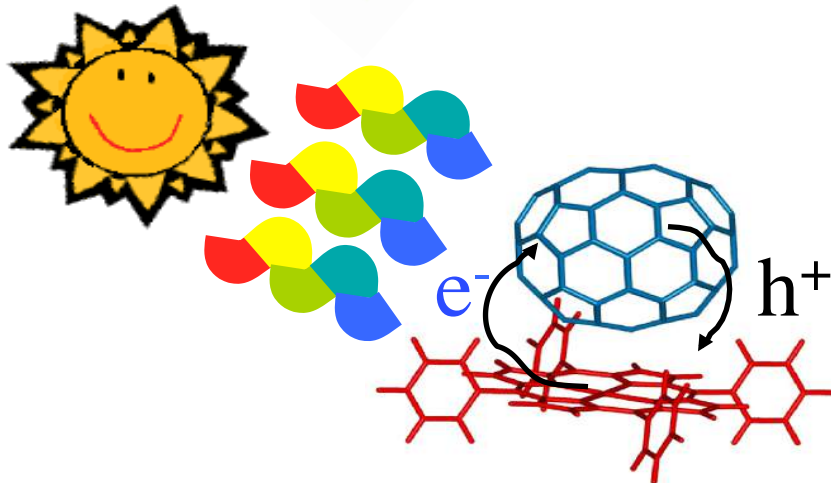
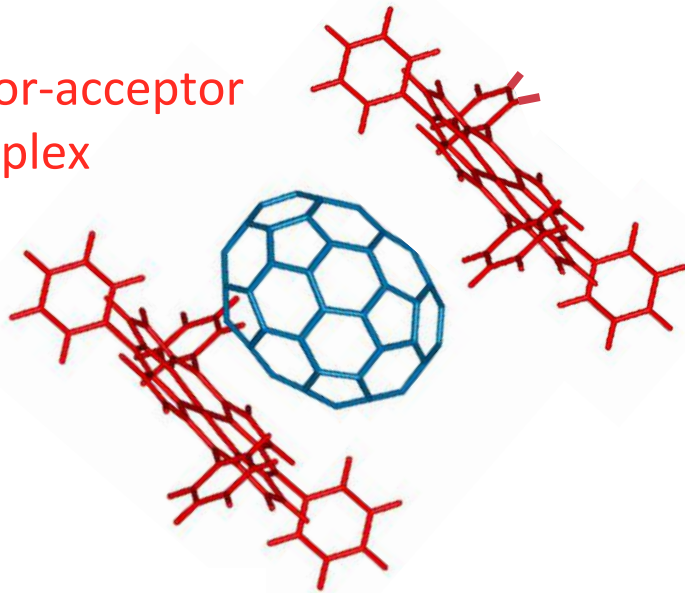


Elettra Sincrotrone Trieste

Porphyrine e fullereni: Ingegneria Supra- molecolare per celle solari e magneti molecolari



donor-acceptor
complex

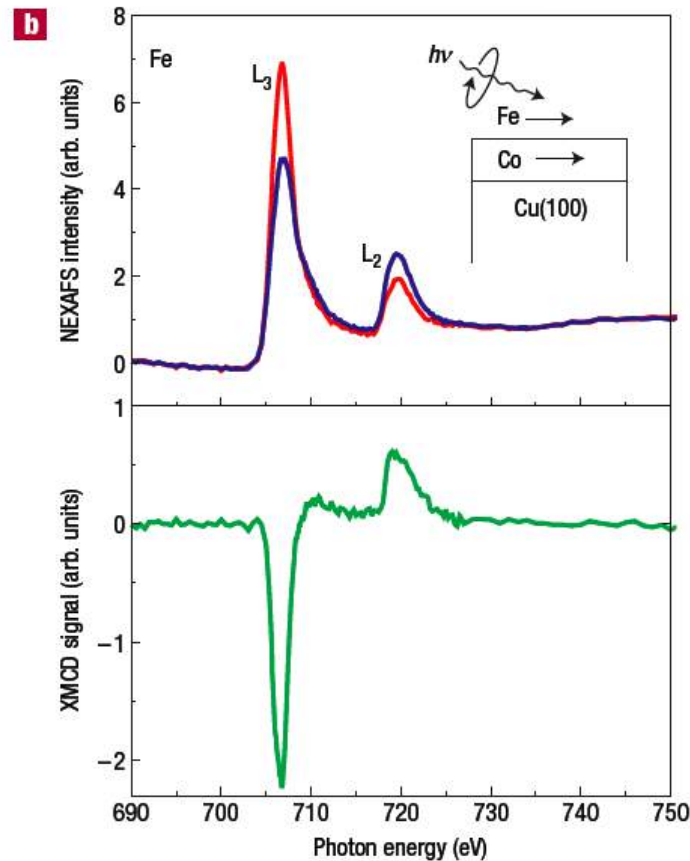
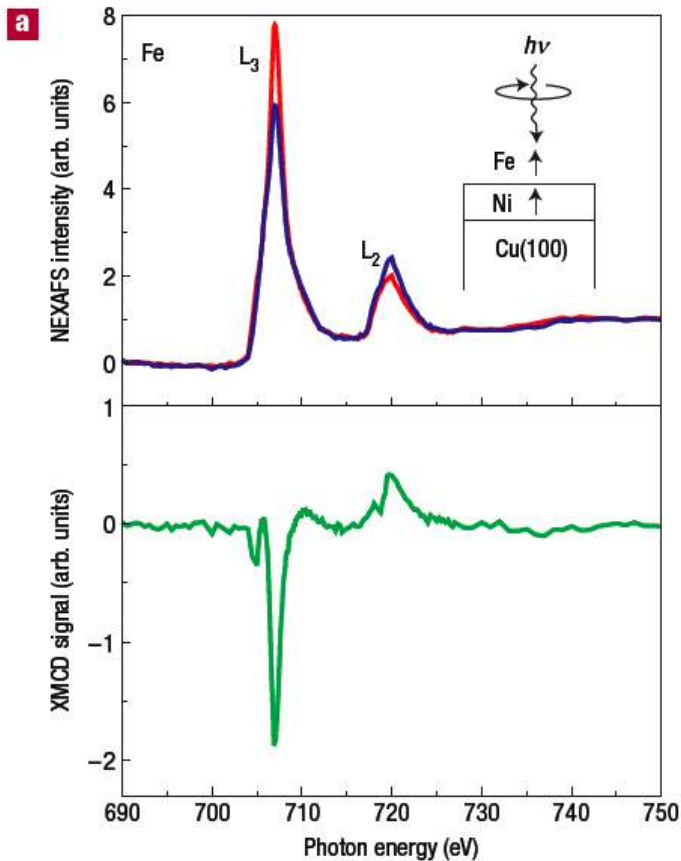
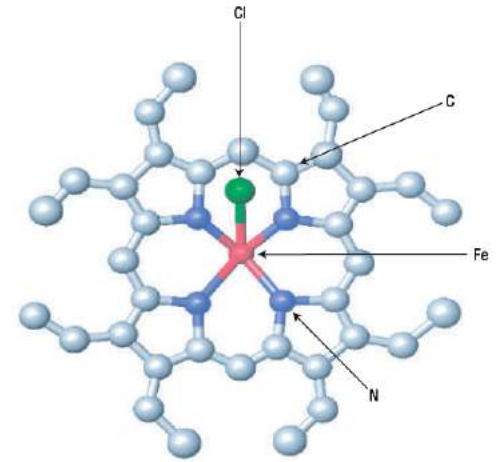




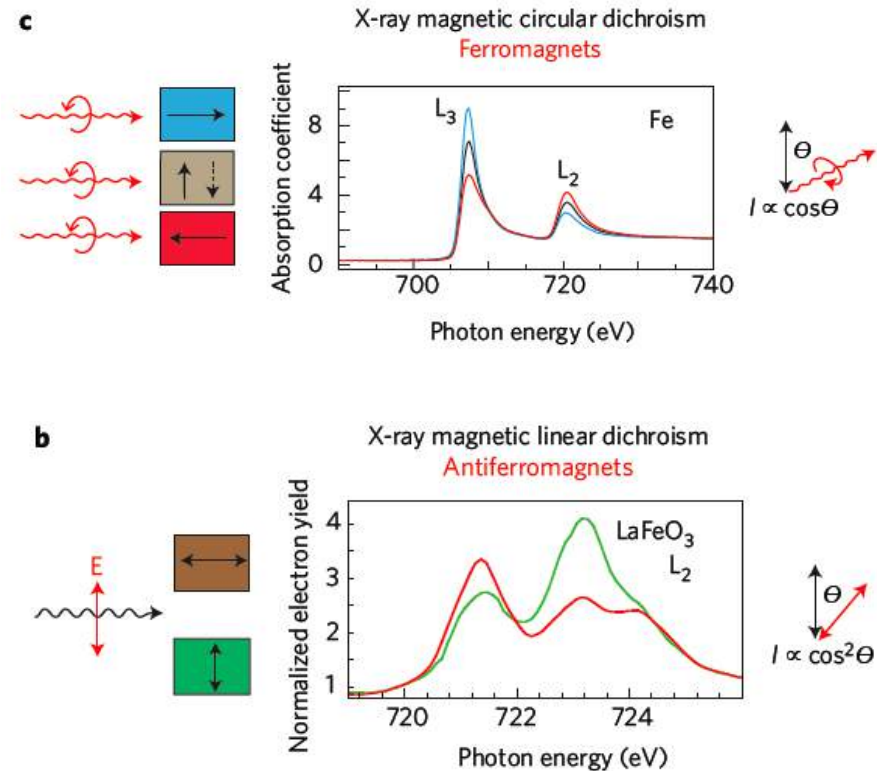
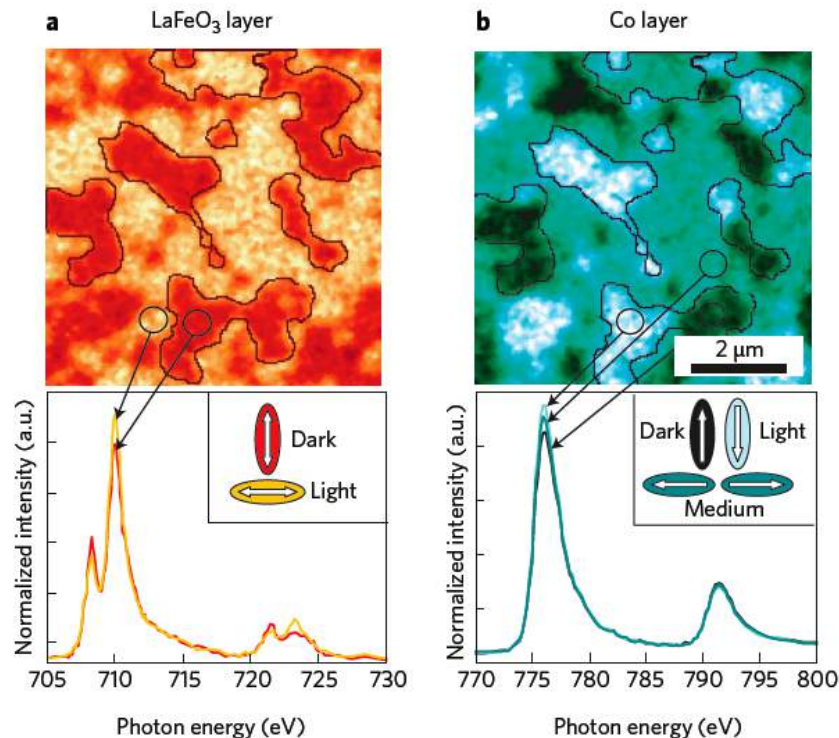
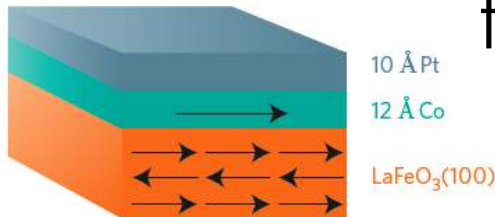
Elettra Sincrotrone Trieste

Magnetismo

- XMCD (x-ray magnetic circular dichroism)
- Specifico elemento chimico
- Misure di momento di spin ed orbitale



Dimensione dei domini ferromagnetici e anti-ferromagnetici

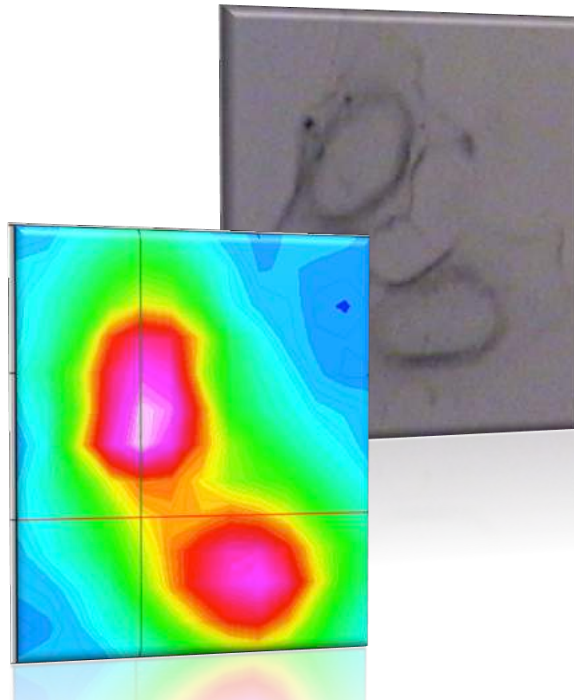


Linear dichroism at Fe L edge images AFM domains (left). Circular dichroism at Co L edge images FM domains (right). Comparison of images shows that the Co domains align with the AFM domains (light and dark regions inside outlined areas).

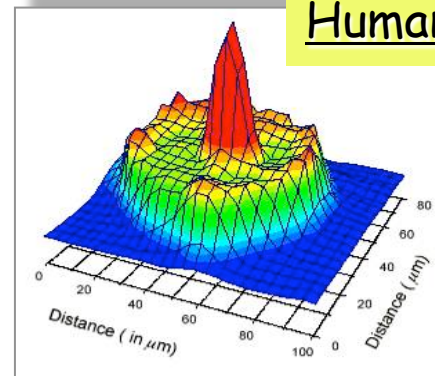


Elettra Sincrotrone Trieste

Microscopia nell'Infrarosso: Immagine di campioni viventi con sensibilità chimica

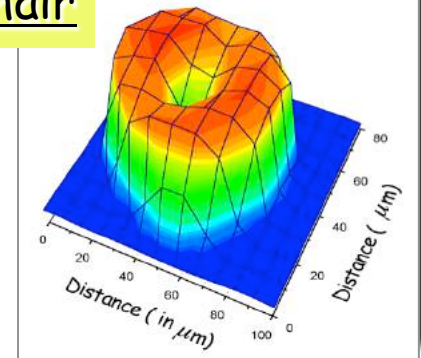


Una cellula che si divide. Le immagini ottiche (gray scale) possono essere direttamente confrontate con una mappa di una proteina Amide I (color scale). Anche se la cella sembra essere separata, l'immagine della proteina rivela che un materiale proteico è in grado di migrare dalla mamma alla figlia.



Grasso profile

Human hair



Proteina profile

Quasi complementari

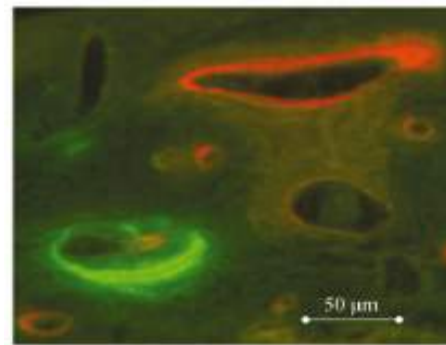


Immagine in Fluorescence di una
sessione di osso

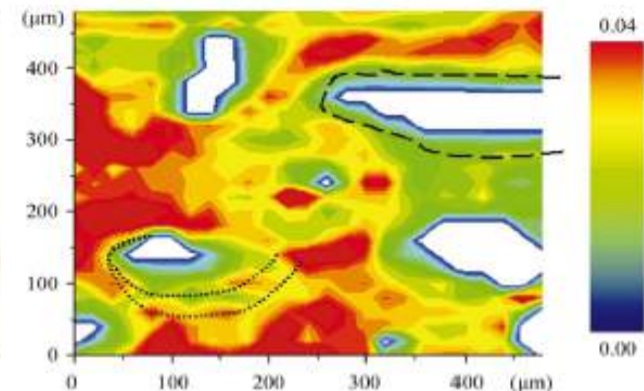


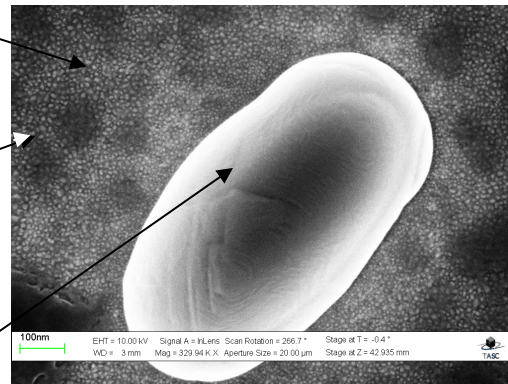
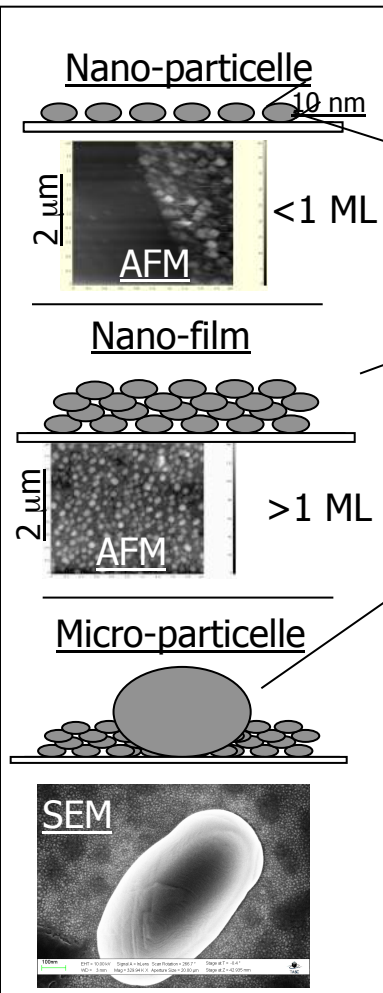
Immagine IR di una sessione di osso:
localizzazione del phosphate

Processes of bio-mineralization of bone formation

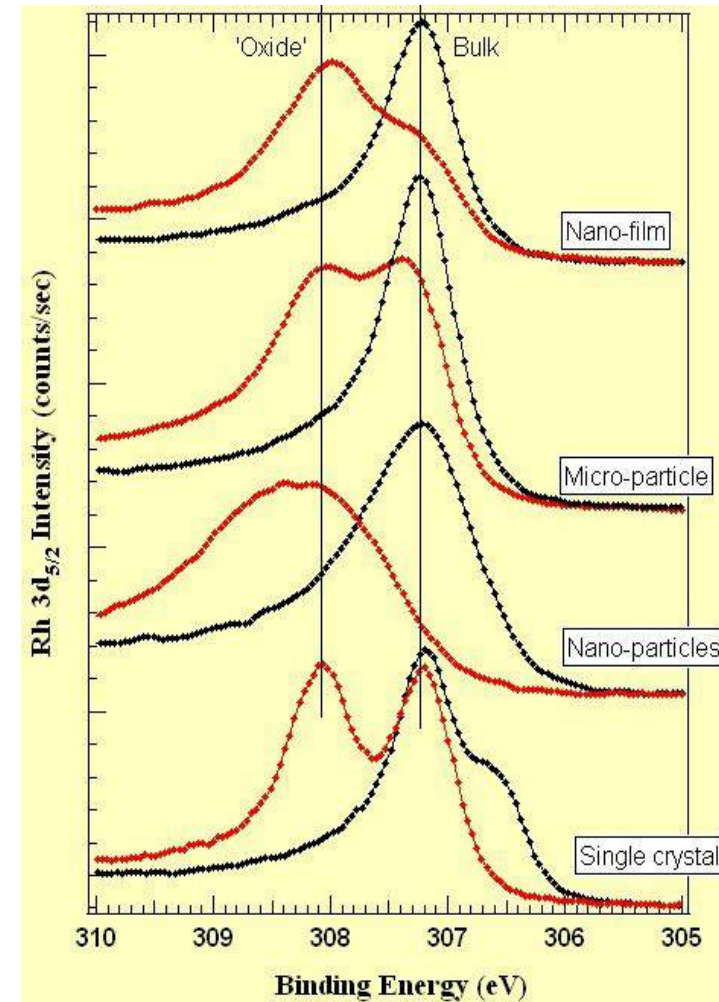
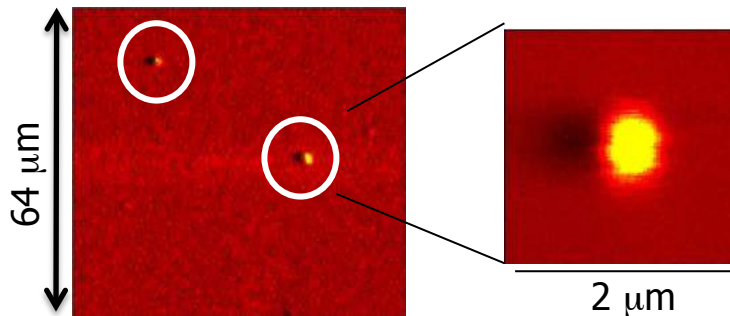
'Materiale' gap: da un modello cristallino a una nano-particella metallica su un substrato ossido

Ossidazione/riduzione

Specie di Rh su MgO/W(110) sono molto difettati in seguito alla evaporazione non-termica



SPEM Rh3d maps



- Le nanoparticelle/nanofilm posseggono diverse abilità di ossidazione/riduzione rispetto alle micro-particelle
- Rate riduttivo: Micro-particelle > Nano-film > Nano-particelle
- Micro-particelle mostrano variazioni nella geometria: strutture differenti, reazione locale...

Microscopy + x-ray fluorescence

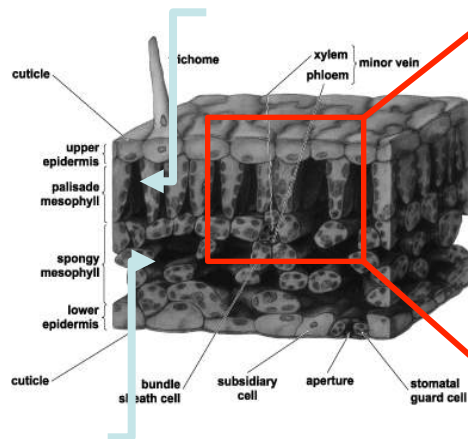


Funzionalità e tossicità di Al e Si in foglie di tea analizzate a livello sub- cellulare

In foglie del tea
l'accumulazione di Al occorre
alla fine del percorso di
traspirazione,
sostanzialmente alla fine
dell'epidermide. Atomi di Si
avvengono dal nutrimento
della pianta.

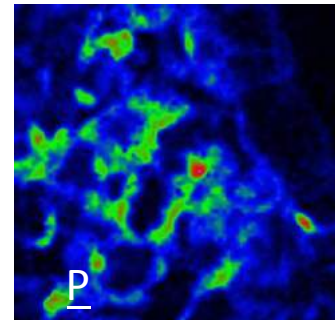
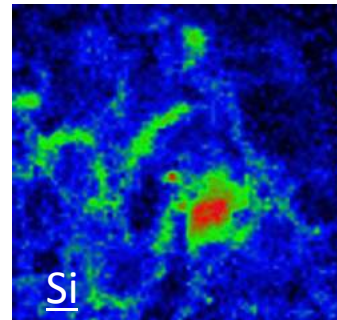
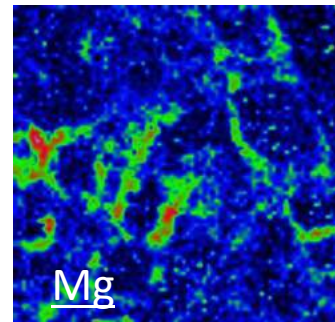
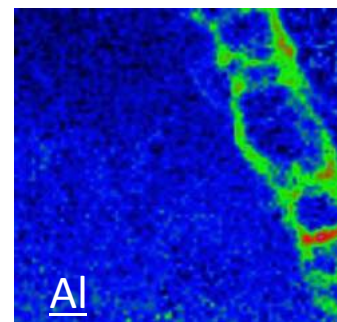
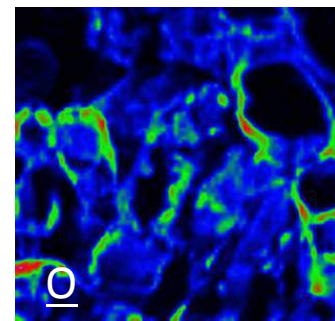
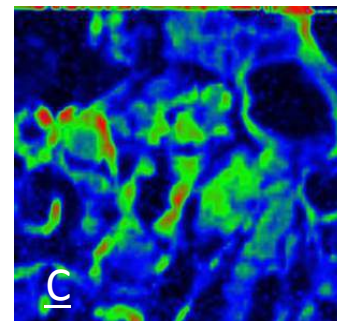
Cross-section di una foglia di tea

Epidermide superficiale



Mesophyll

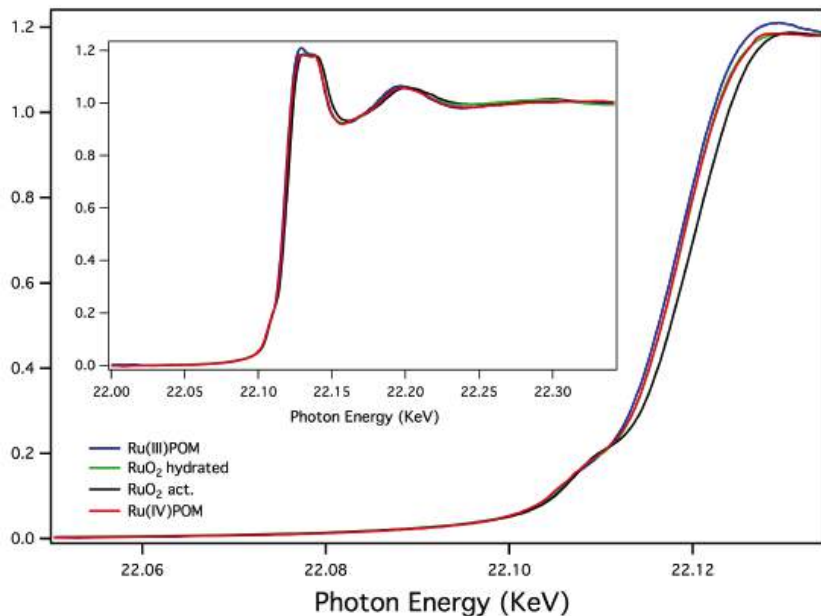
E=2.19 keV, 80 x 80 μm^2
80 x 80 px 12s /px





Elettra Sincrotrone Trieste

Distanza dei leganti mediate XAS/EXAFS: due esempi



Cose collegate a
PRODOTTO,
IMMAGAZZINATO E
RILASCIATO DI
OSSIGENO

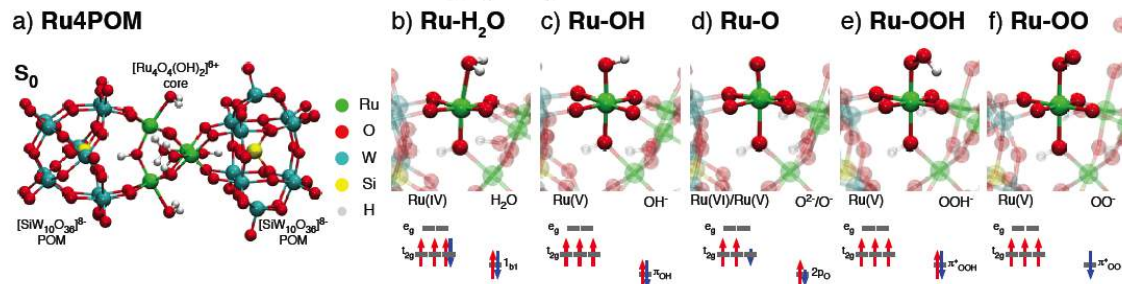
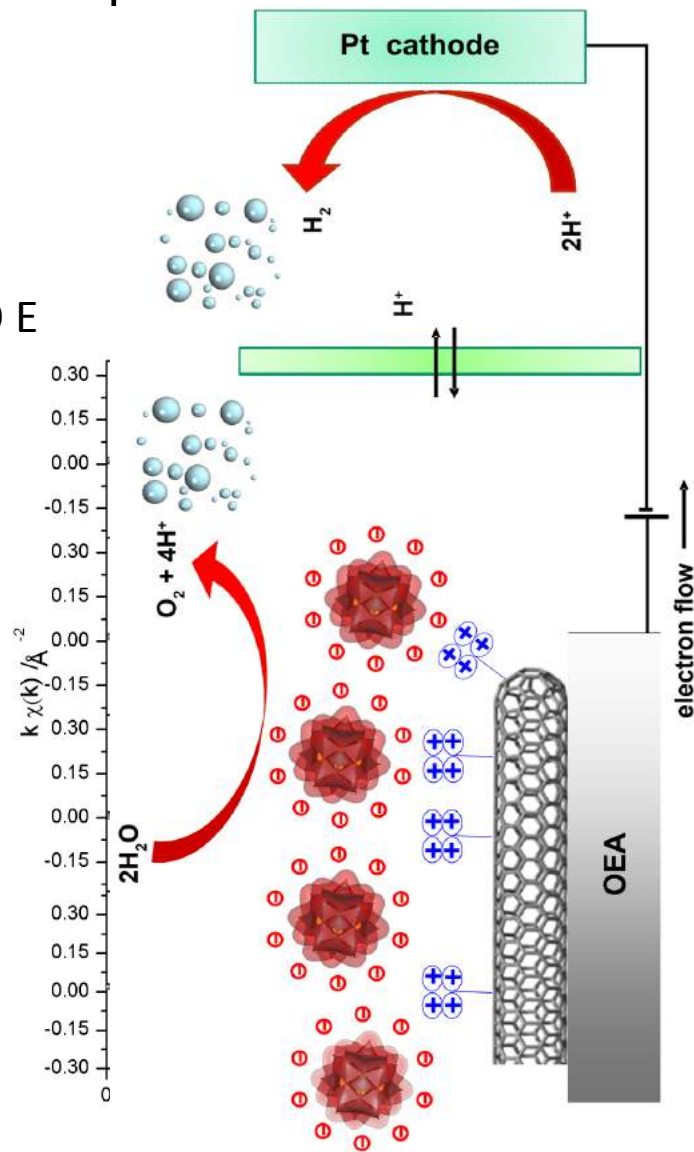


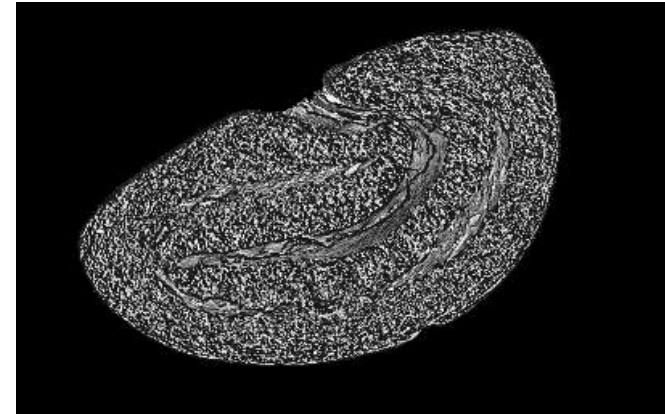
Fig. 1. a) Structure of the Ru4-POM in the resting state S_0 . b-f) Octahedral environment around one Ru center of Ru4-POM, ligands involved in water oxidation and schemes of the corresponding electronic structure of the highest occupied molecular orbitals for the Ru-ligand moieties.



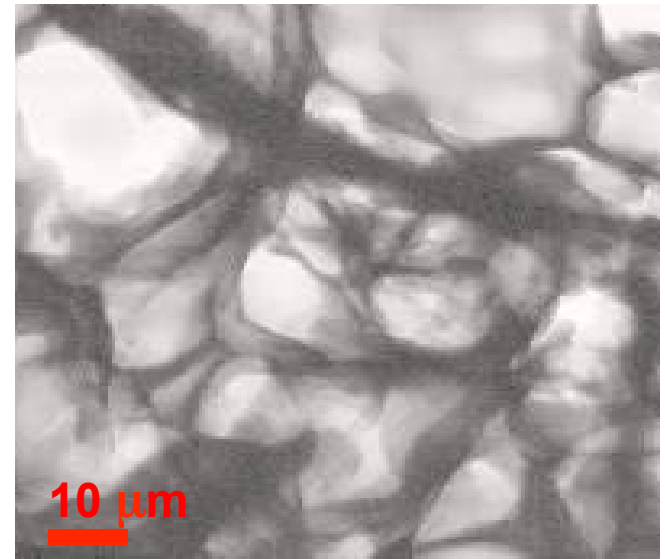
Ossigeni legati debolmente al $\text{Ce}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_2$ hanno una valenza bassa e sono responsabili per l'alto ossigeno storage capacity rispetto al CeO_2

Contrasto di fase e microscopia su un chicco di caffè

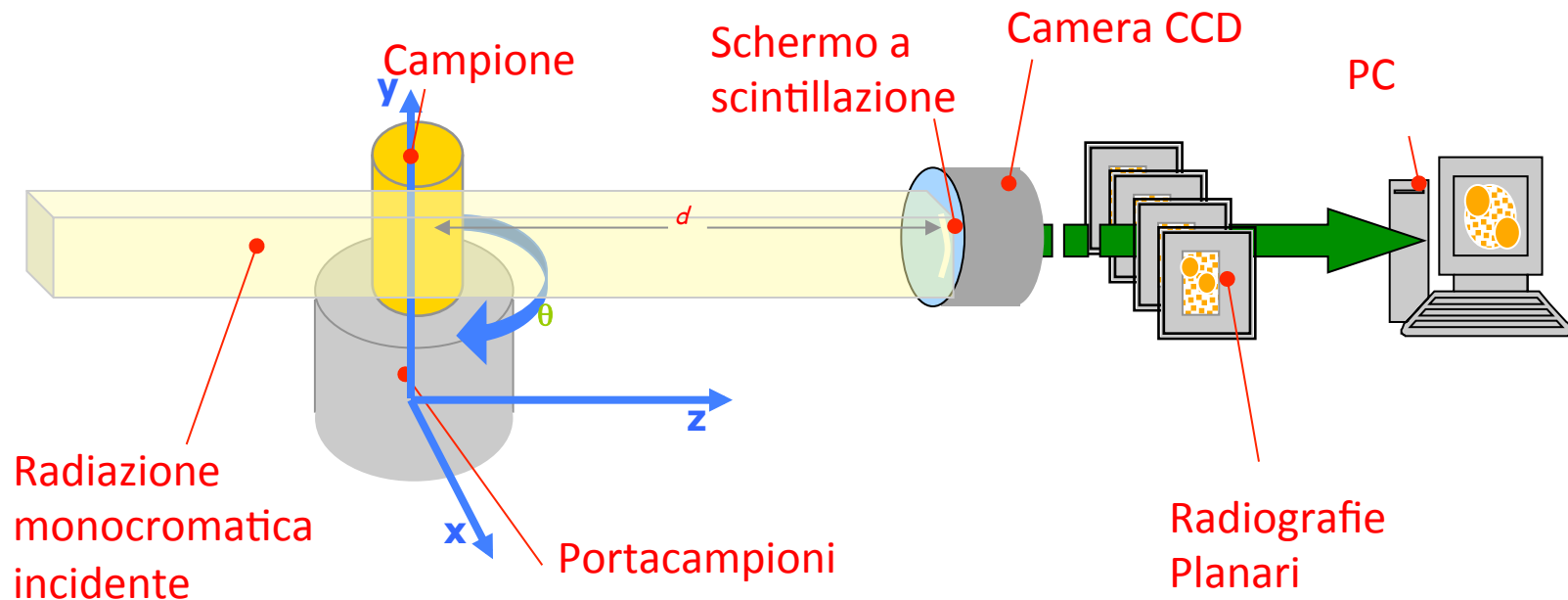
Dove sta l'aroma ?



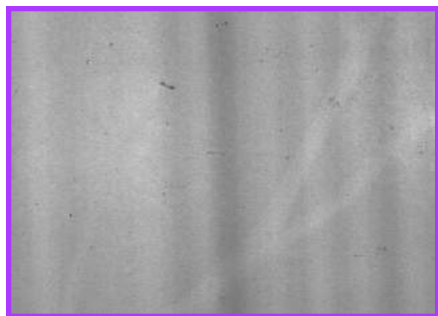
La diversa tostatura
cambia le dimensioni
dei canali



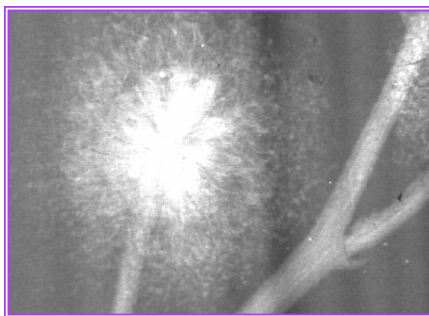
Tomografia



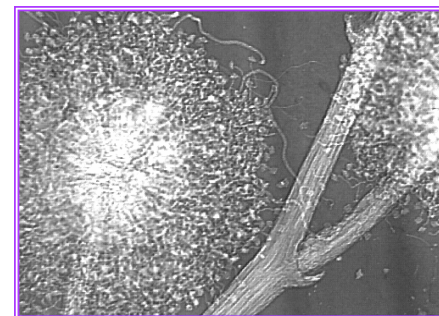
Raggi X convenzionali



Raggi X Elettra



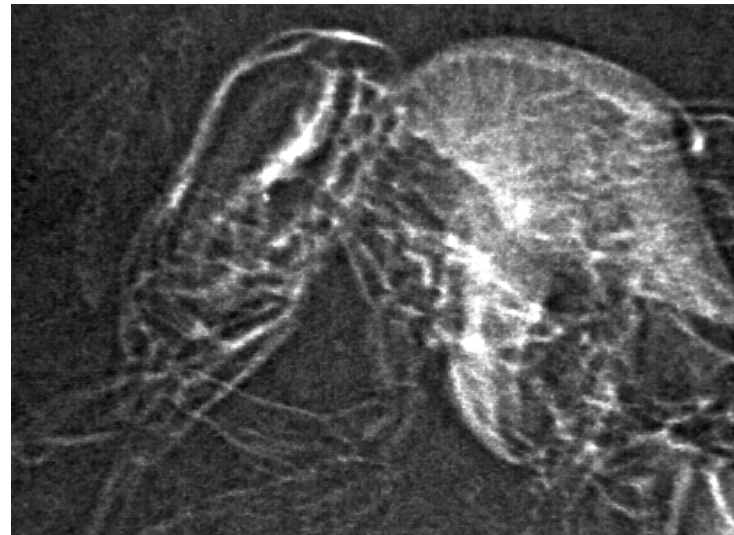
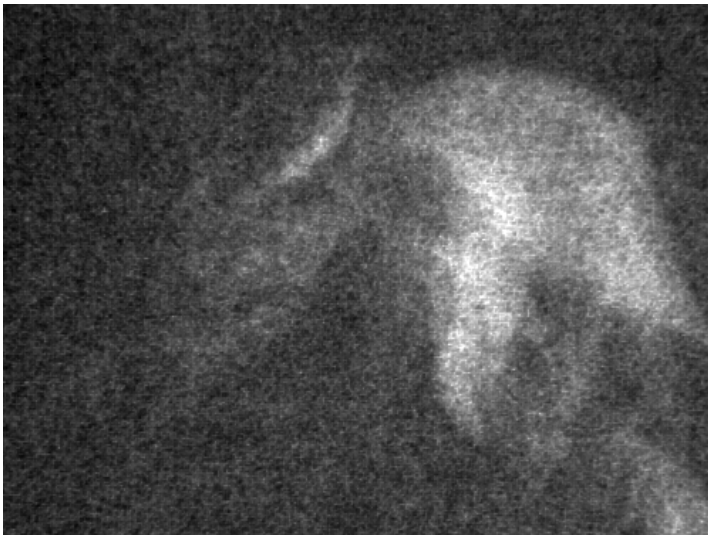
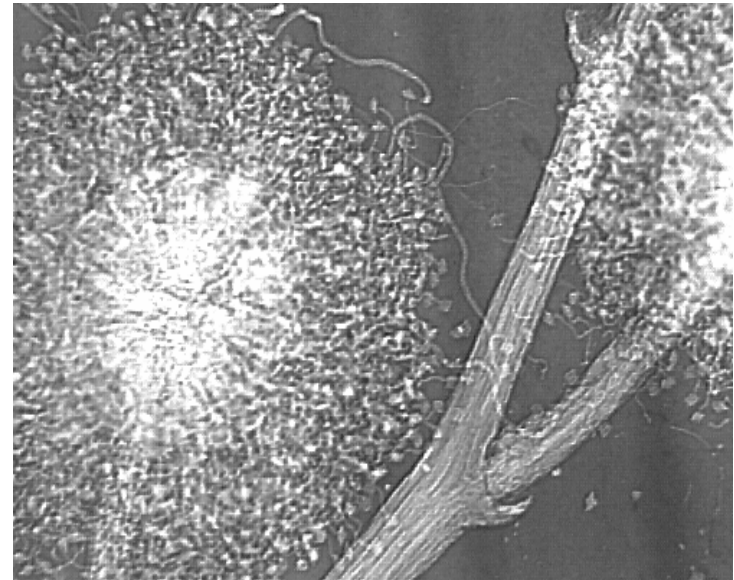
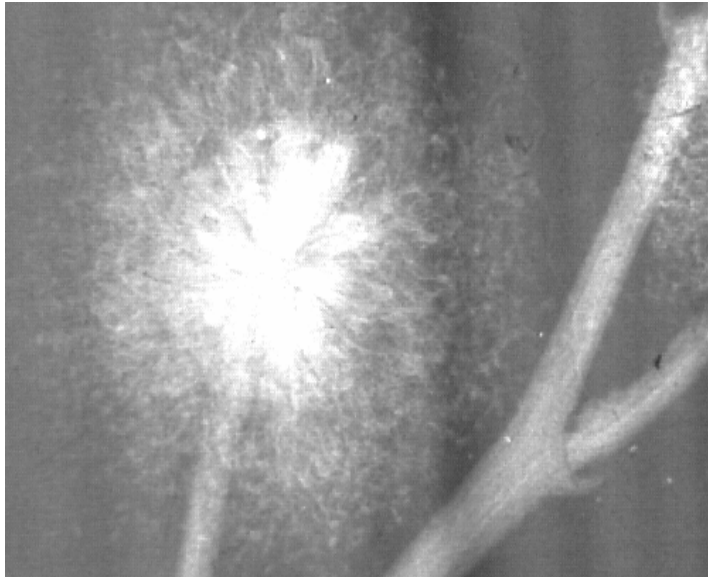
Elettra: contrasto di fase





Elettra Sincrotrone Trieste

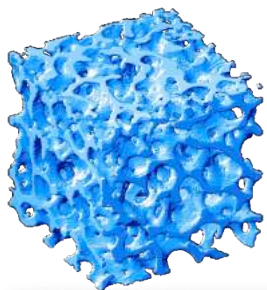
“Contrasto di fase” per immagini bio-medicali





Elettra Sincrotrone Trieste

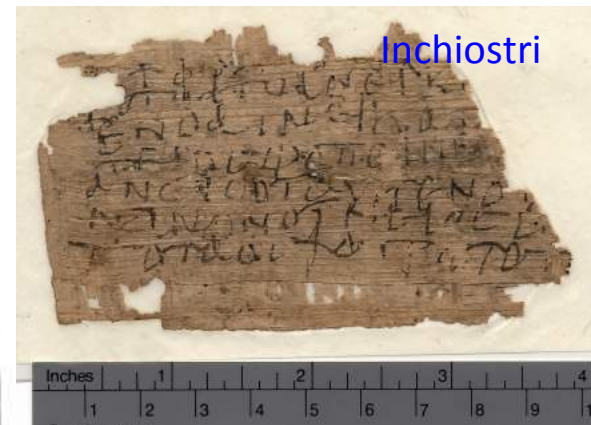
X-ray tomography: investigazione non-distruttiva di tutti i materiali



Ossa / Denti



Quadri



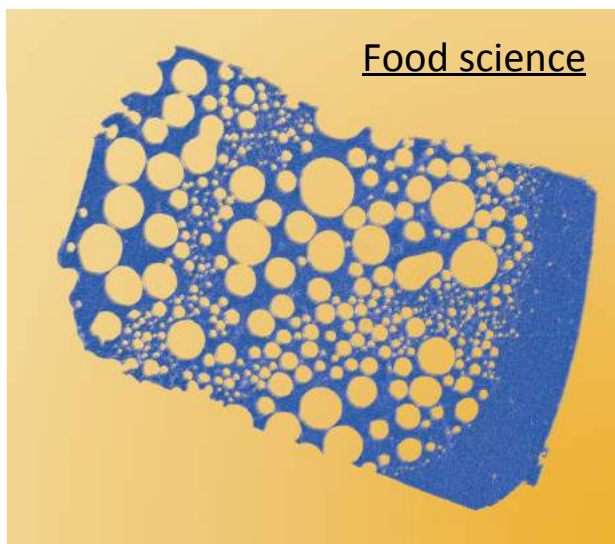
Inchiostri

Ingenieria dei tessuti

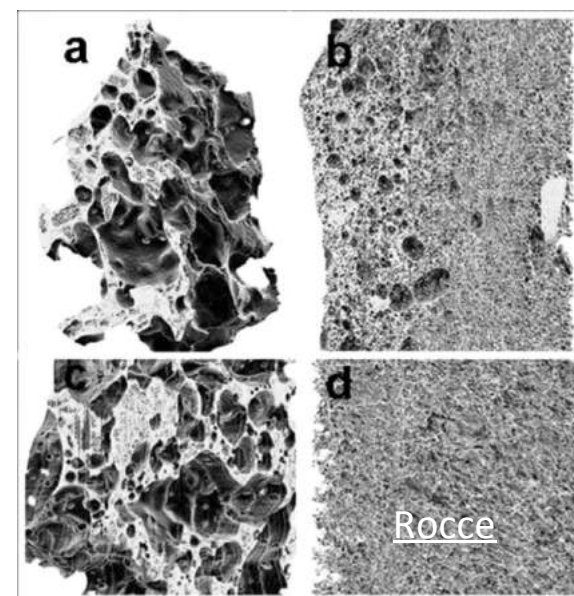
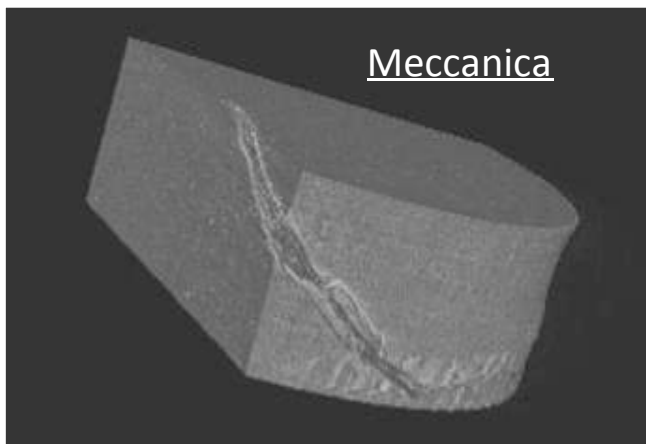
Arti / Archeologi



Food science



Meccanica

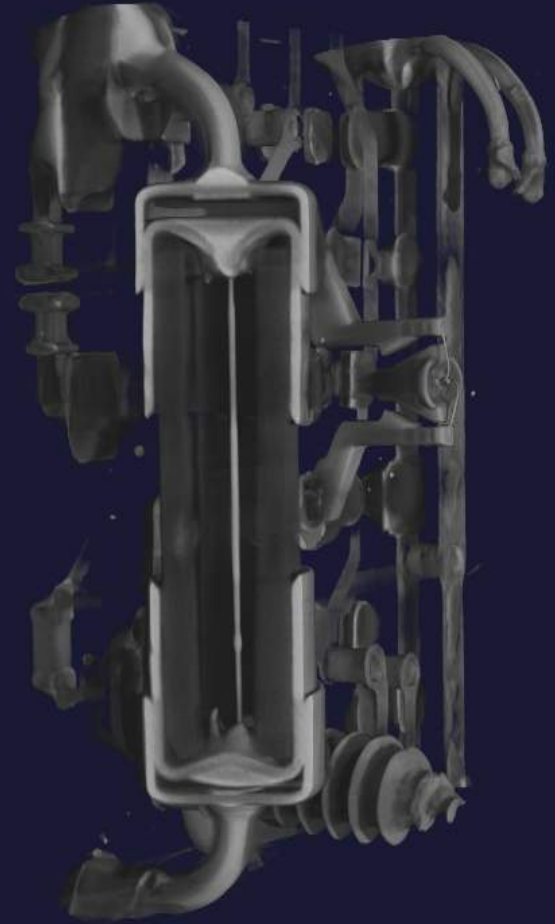
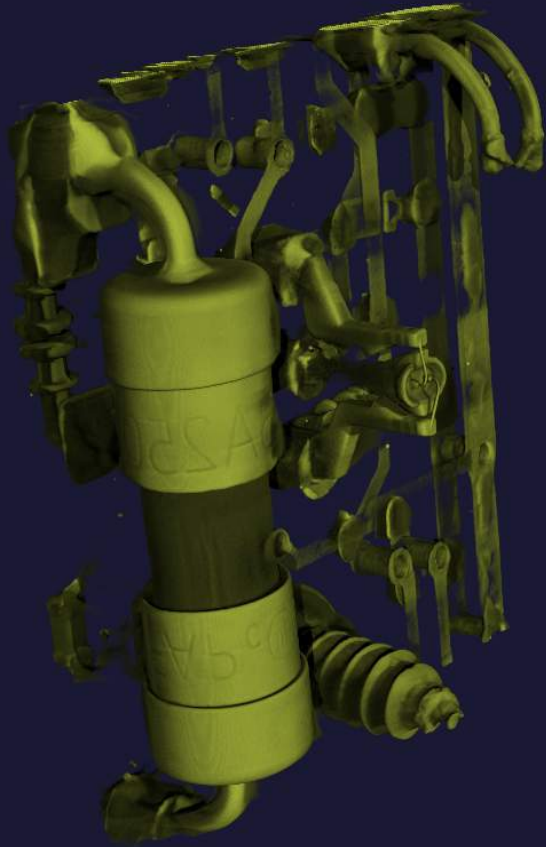


Rocce



Elettra Sincrotrone Trieste

Ingegneria inversa





Elettra Sincrotrone Trieste

Mammografia con Synchrotron Radiation: Il programma clinico da SYRMEP



I pazienti per esami *via* SR sono selezionati dai radiologi dopo un esame di routine che ha luogo all'ospedale. I criteri per la selezione, incluso il protocollo clinico approvato dal "local ethical committee":

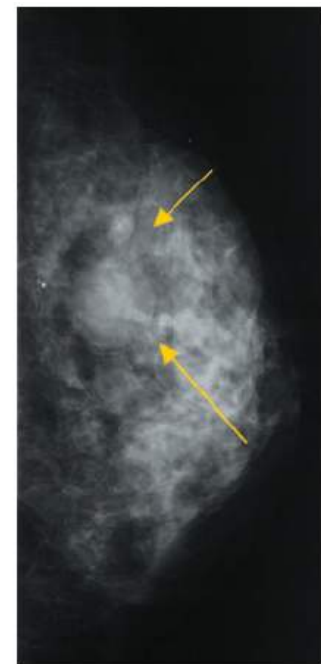
- 1) Se una mammografia convenzionale, per un paziente sintomatico, mostra una disomogeneità di tipo irrisolvibile anche con l'Ultra-Sound (US) (class R1)
- 2) Se una mammografia mostra una asimmetria nelle due mammelle e inspiegabile attraverso US (class R3)
- 3) Se le due mammografie e US mostrano dubbie lesioni (class R3 and R4).

La seconda parte del protocollo (200 pazienti esaminati per SR) sono finiti in Sep. 2015

Figure 3a, 3b. MLO projections of patient n.8: **(a)** conventional image, **(b)** SR radiograph.



a



b



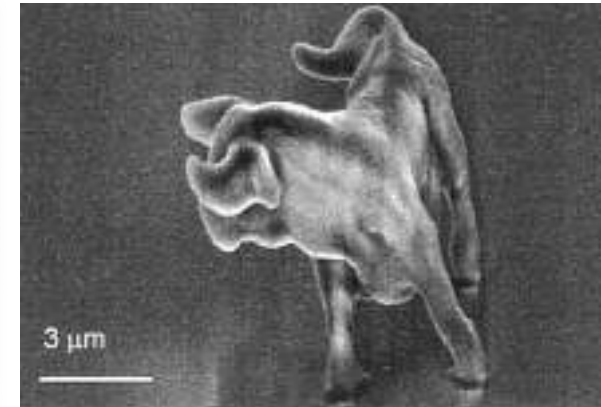
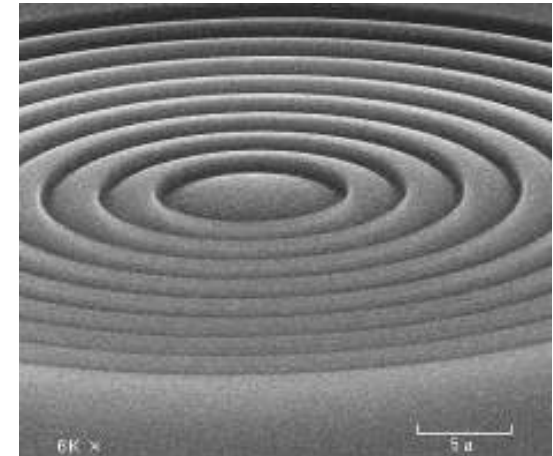
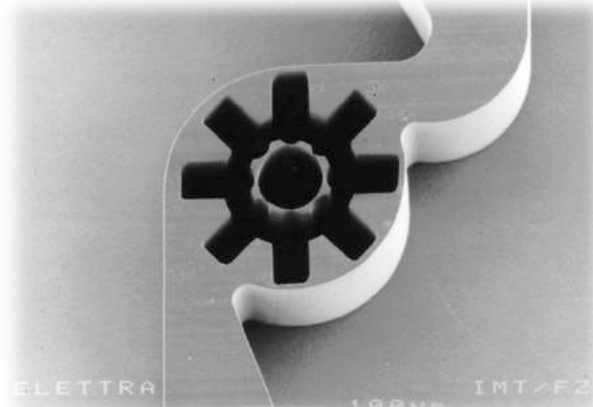
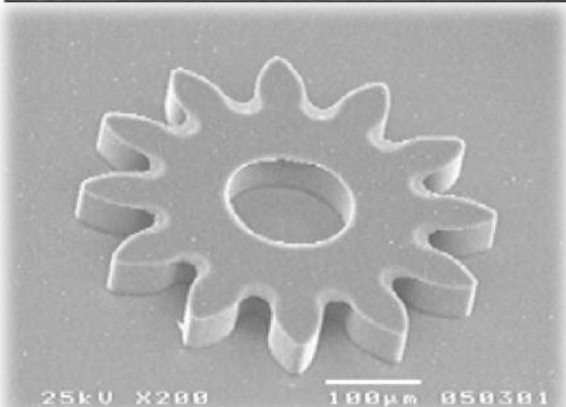
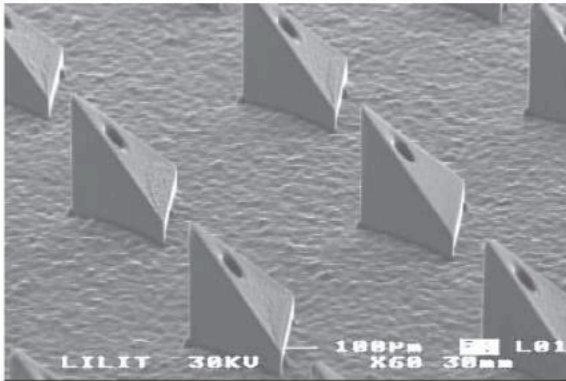
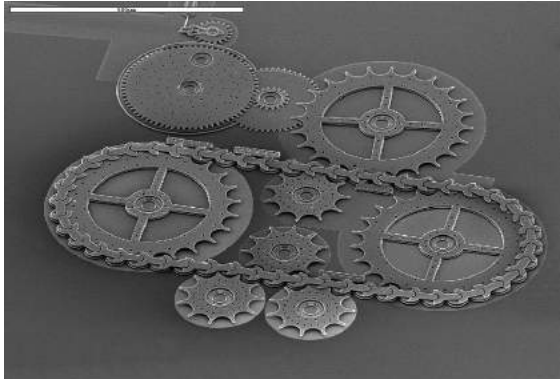
Elettra Sincrotrone Trieste

Nanolithography: Nano e micro-ingegneria



Applicazioni:

- Tecnologia per Sensori e Attuatori
- Space e automotive applicazioni
- Medicale e Operazioni
- Ottica ...





Elettra Sincrotrone Trieste



Grazie

Thank You