



# Ακτίνες-Χ, Ηλεκτρονική Δομή και Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Δημοσθένης Σωκαράς

*SLAC National Accelerator Laboratory*



# Εισαγωγή – Βιογραφικά στοιχεία

SLAC



**SLAC**  
NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY

**ΣΕΜΦΕ**

Κατεύθυνση Φυσικού Εφαρμογών

Διπλωματική: *Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ*

2000

2005

2010

....



# Εισαγωγή – Βιογραφικά στοιχεία

SLAC



**SLAC**  
NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY

**Δημόκριτος + ΣΕΜΦΕ**

Διδακτορικό

Διατριβή: Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ με ιοντικές  
δέσμες και ακτινοβολία συγχροτρονίου

2000

2005

2010

....



# Εισαγωγή – Βιογραφικά στοιχεία

SLAC



**SLAC**  
NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY

## SLAC/Stanford University

Μεταδιδακτορική έρευνα (2010-2013)

Ερευνητική Βαθμίδα (2013- ...)

*Ανάπτυξη και Εφαρμογή Φασματοσκοπίας Ακίντων-Χ  
για την έρευνα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*

2000

2005

2010

....

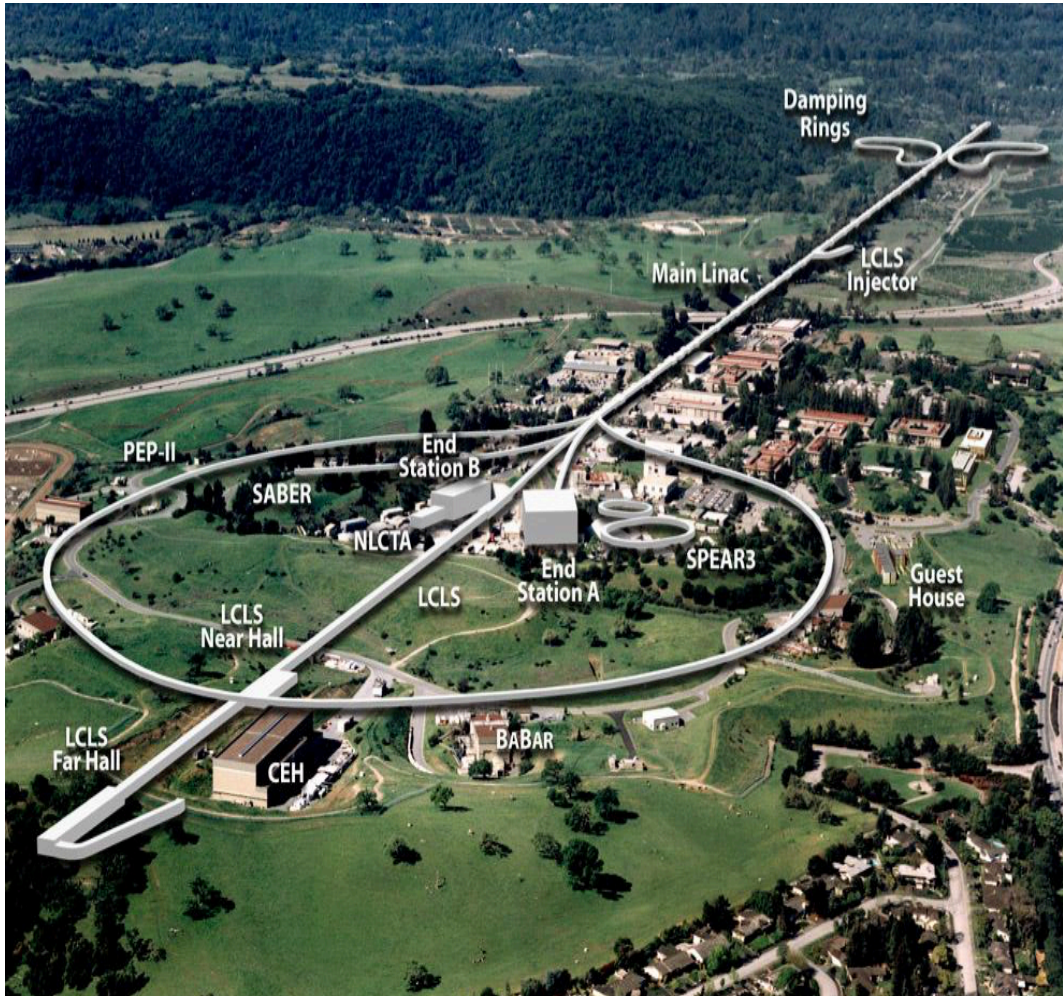




# SLAC National Accelerator Laboratory

## Synchrotron Radiation και X-ray Free Electron Laser

SLAC



Ιδρύθηκε το **1962** και λειτουργεί από το **Stanford University** για το Department of Energy (**DOE**)

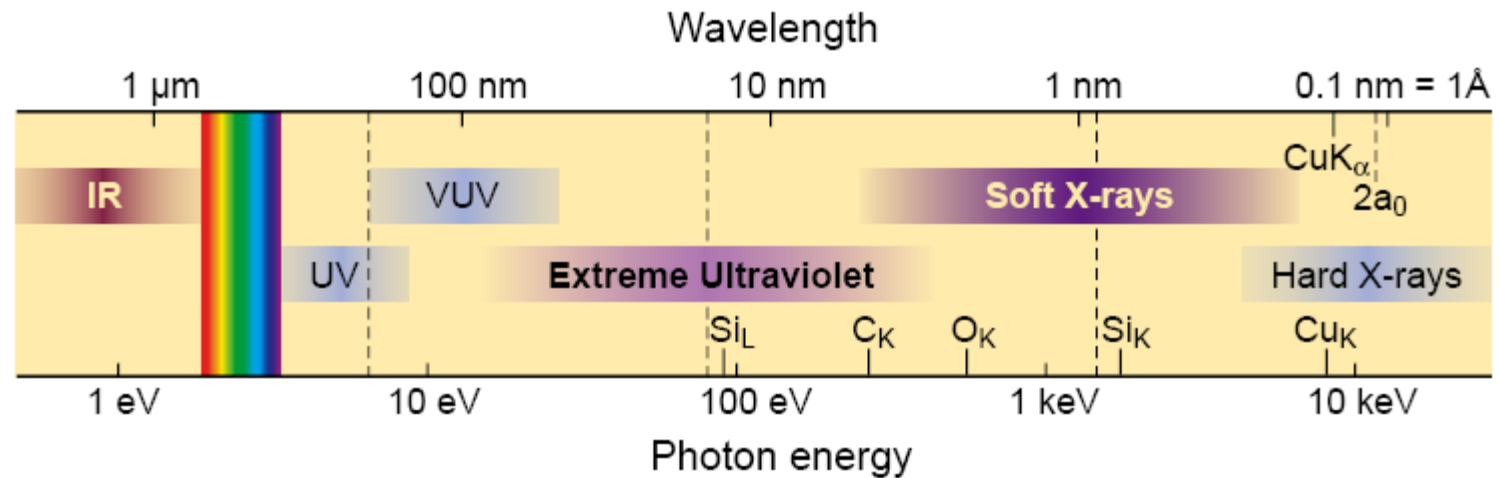
Εργαστήριο Επιταχυντών μεγάλης κλίμακας

- Φυσική Υψηλών Ενέργειών
- **Ακτίνες-X**
  - **Synchrotron Radiation**
  - **Free Electron Laser**

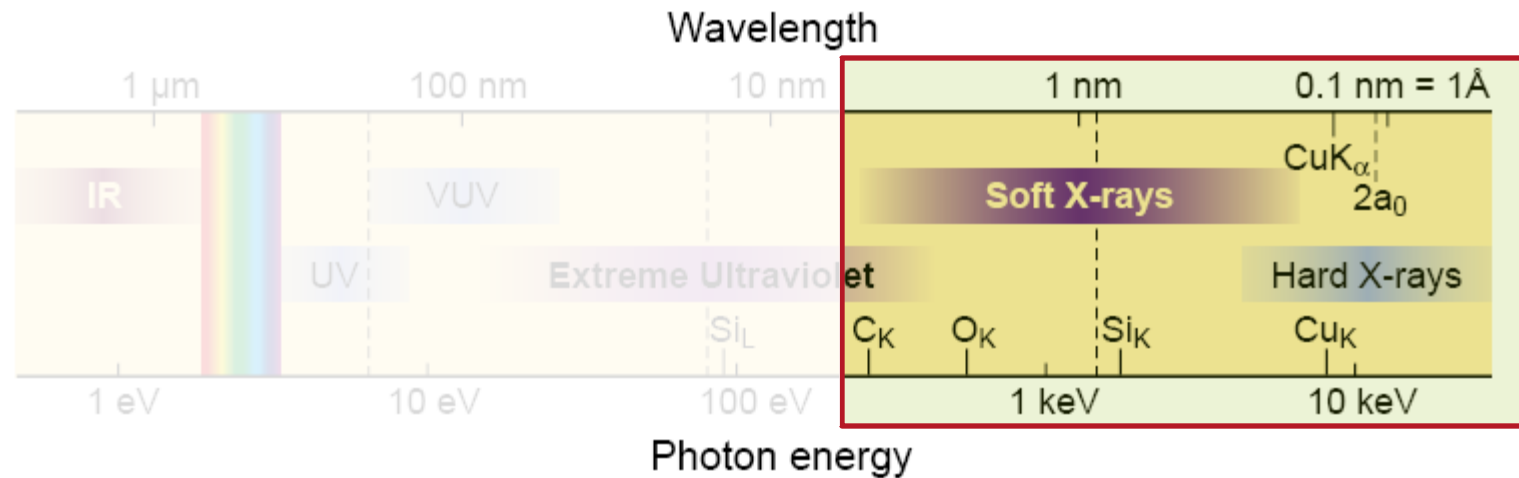
**275 Πανεπιστήμια** και **55 Εταιρείες** από όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν τις εργαστηριακές εγκαταστάσεις.

# Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα: Ακτίνες-X

SLAC



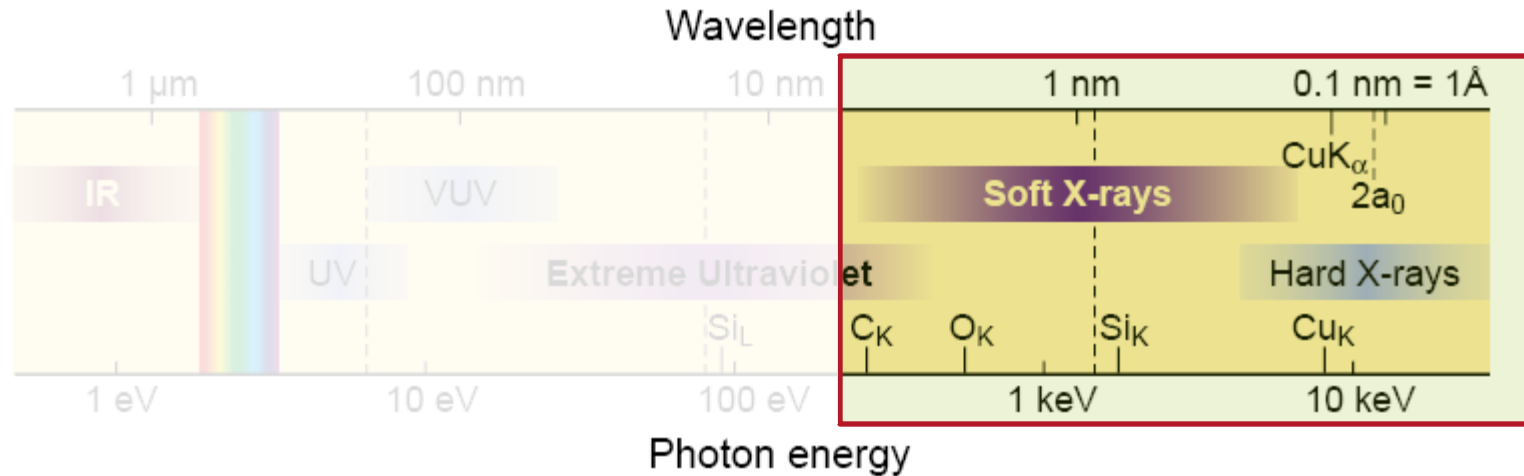
# Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα: Ακτίνες-X



Ενέργεια  $\rightarrow 0.1\text{-}100\text{keV}$

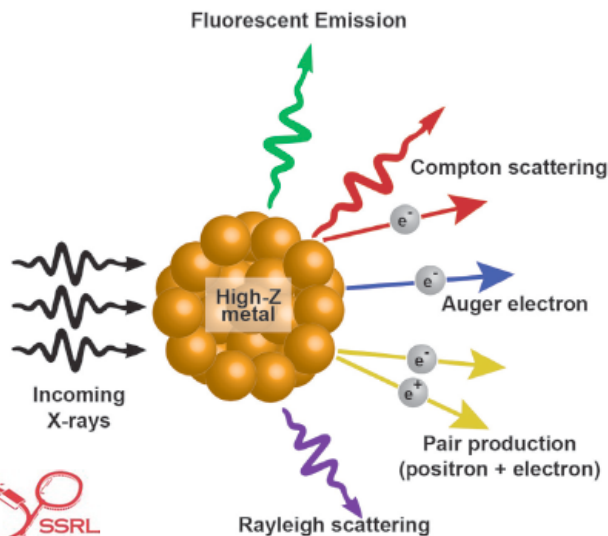
Μήκος Κύματος  $\rightarrow 0.1 - 10 \text{ \AA}$

# Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα: Ακτίνες-X



Ενέργεια → 0.1-100keV

Μήκος Κύματος → 0.1 - 10 Å



$$H = H_0 - \frac{e}{mc} \mathbf{p} \cdot \mathbf{A}(\mathbf{r}) + \frac{1}{2m} \left( \frac{e}{c} \right)^2 \mathbf{A}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{A}(\mathbf{r})$$

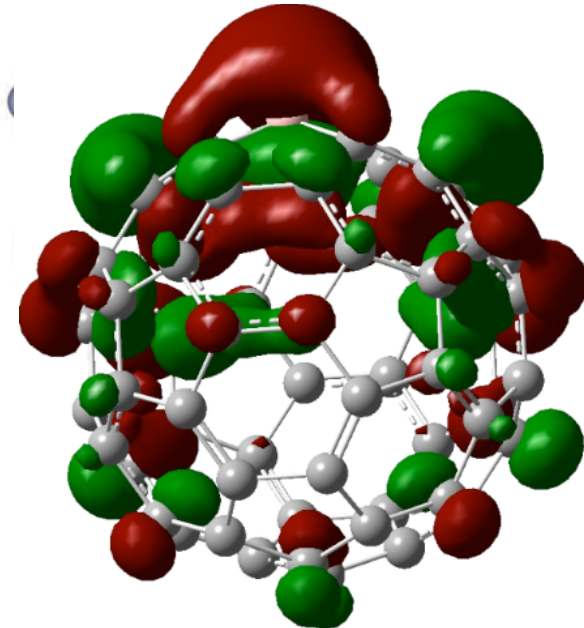
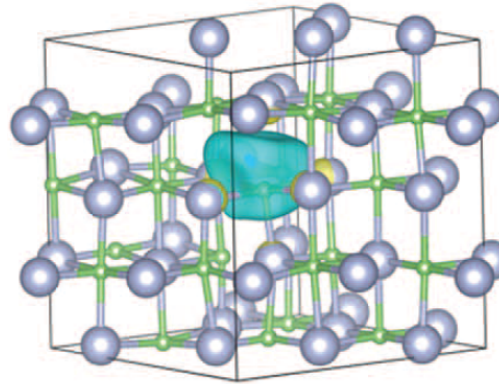
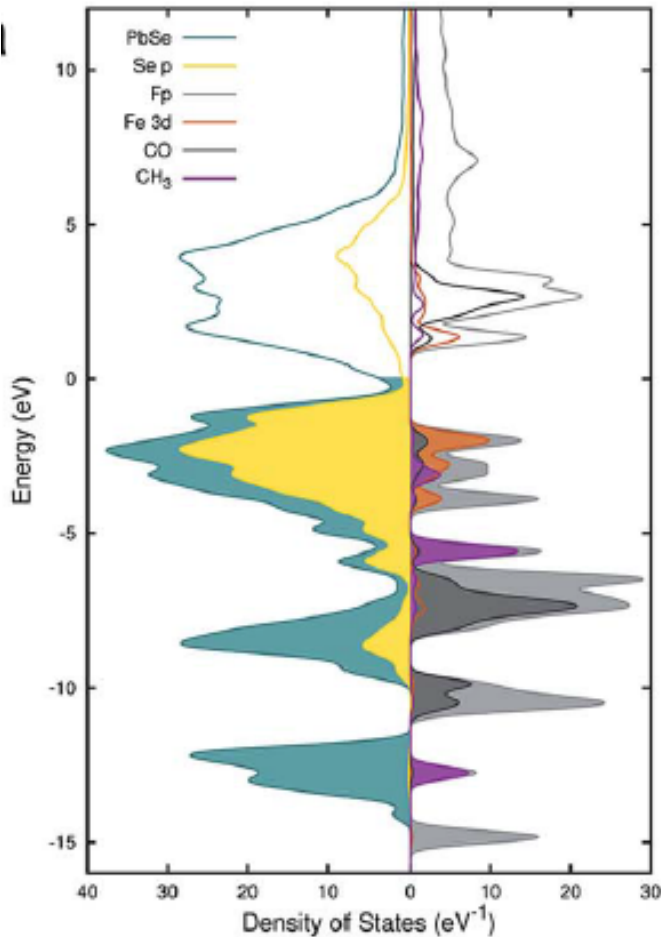
απορρόφηση/  
εκπομπή

σκέδαση

# Φασματοσκοπία Ακτίνων-X

## Χαρακτηρισμός ηλεκτρονικής δομής υλικών

SLAC



### Χαρτογράφηση ηλεκτρονικών σταθμών

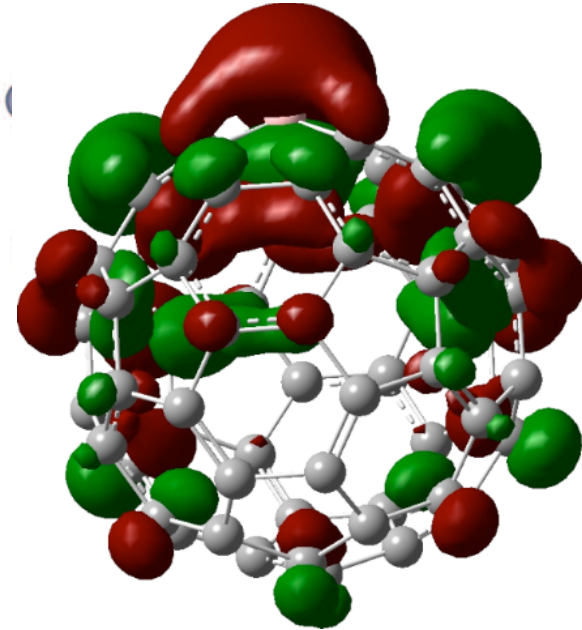
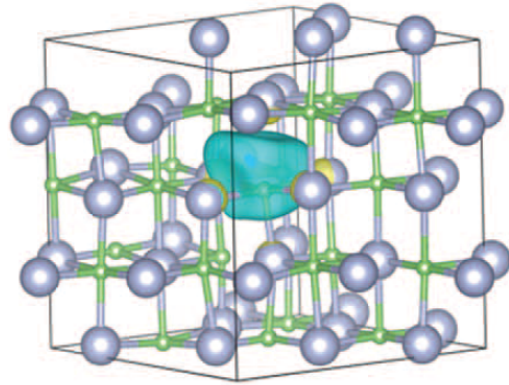
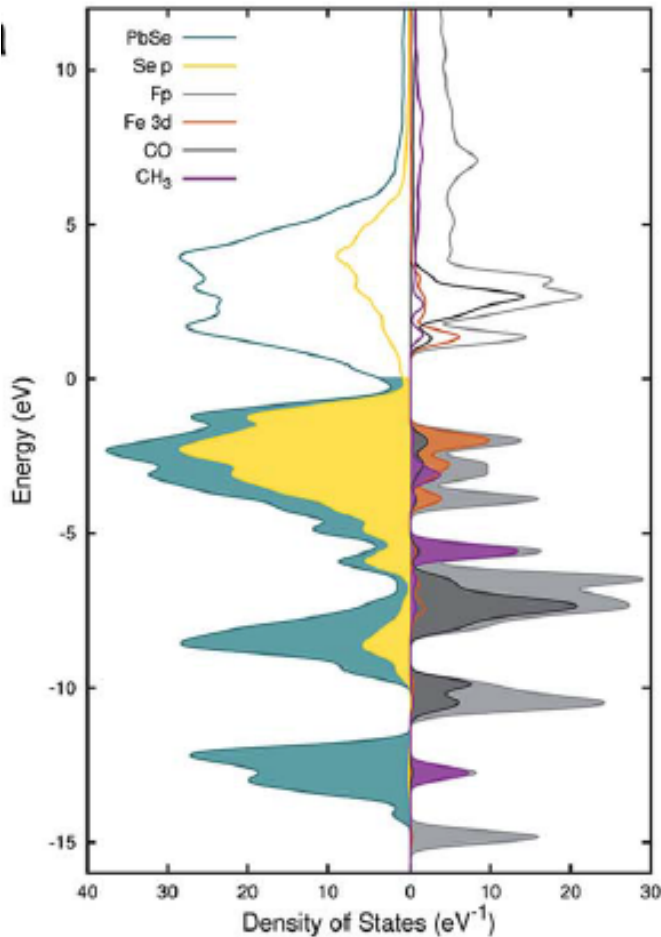
- Κατειλημμένων
- Μη κατειλημμένων



# Φασματοσκοπία Ακτίνων-X

## Χαρακτηρισμός ηλεκτρονικής δομής υλικών

SLAC



### Χαρτογράφηση ηλεκτρονικών σταθμών

- Κατειλημμένων
- Μη κατειλημμένων

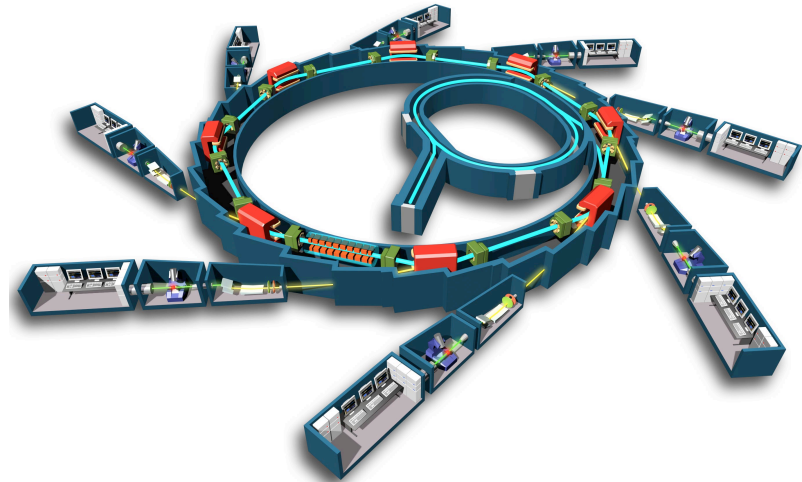
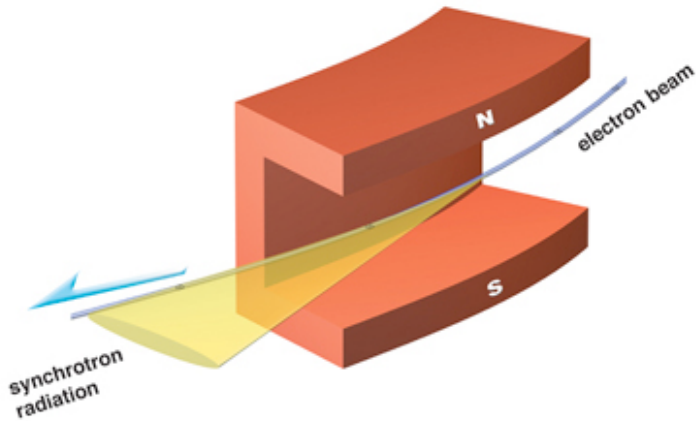
### Πλεονεκτήματα Ακτίνων-X

- Υπερταχύς ηλεκτρονικές μεταβάσεις (attoseconds)
- Διέγερση εσωτερικών ηλεκτρονίων (διάκριση Z)
- Ασθενής αλληλεπίδραση ακτίνων χ - ύλης

# Παραγωγή Ακτίνων-Χ εξαιρετικής φωτεινότητας Επιταχυντές $e^-$ υψηλής ενέργειας + Μαγνητικά Πεδία

SLAC

## Ακτινοβολία Συγχροτρονίου

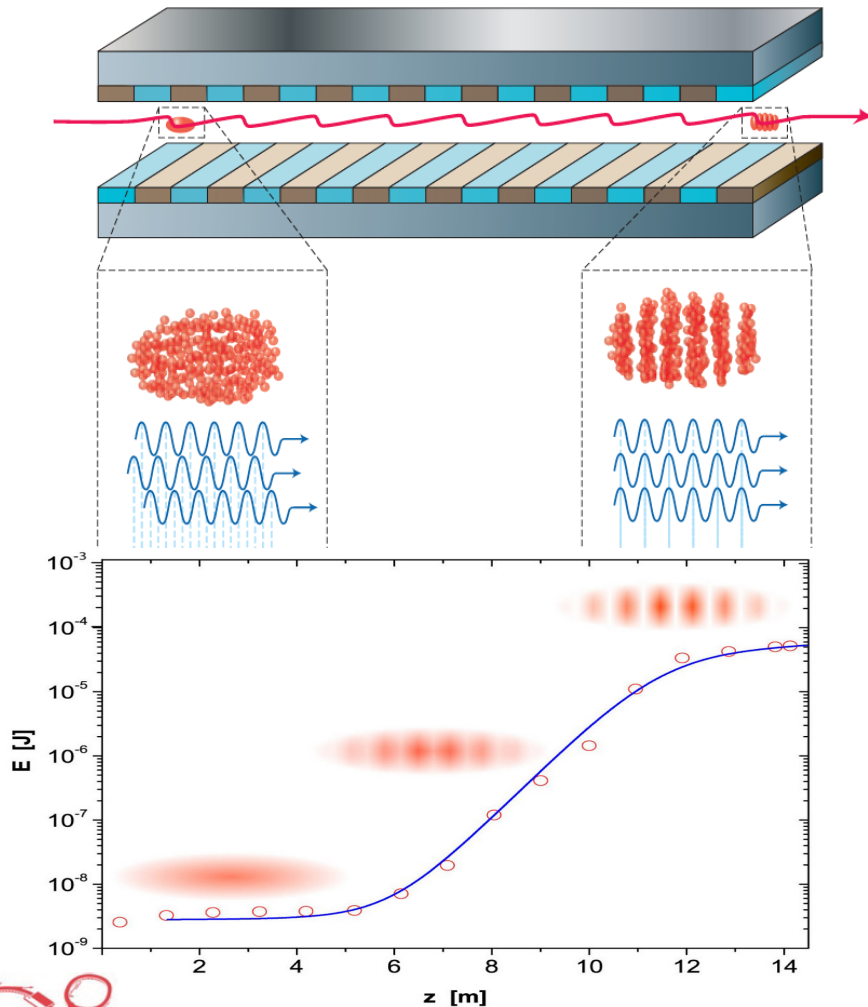


- Δεκάδες εργαστήρια σε όλο το κόσμο
- Κυκλικοί επιταχυντές
- Ταυτόχρονη λειτουργία δεκάδων πειραμάτων
- Υψηλή «συνεχής» ροή μονοχρωματικών φωτονίων

# Παραγωγή Ακτίνων-Χ εξαιρετικής φωτεινότητας Επιταχυντές $e^-$ υψηλής ενέργειας + Μαγνητικά Πεδία

SLAC

## Laser Ακτίνων-Χ ελευθέρων ηλεκτρονίων



Courtesy of K-J. Kim

Gain\_Saturation\_FEL\_graph.ai

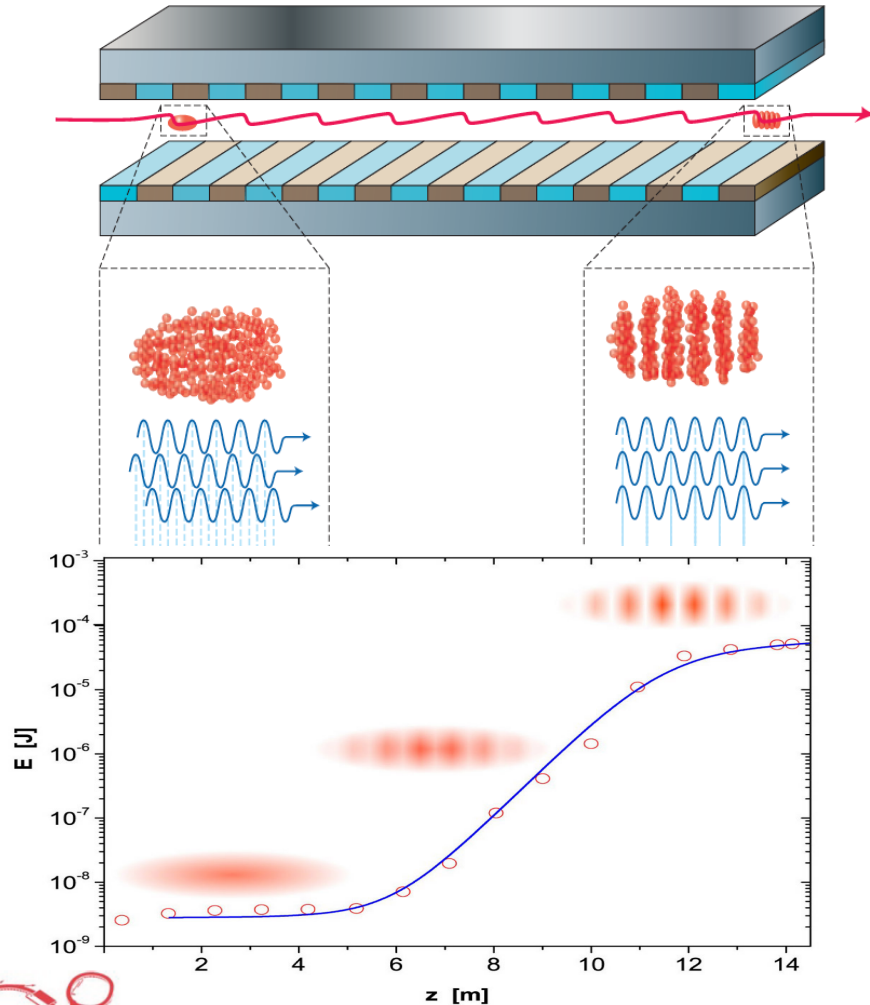




# Παραγωγή Ακτίνων-Χ εξαιρετικής φωτεινότητας Επιταχυντές $e^-$ υψηλής ενέργειας + Μαγνητικά Πεδία

SLAC

## Laser Ακτίνων-Χ ελευθέρων ηλεκτρονίων



Courtesy of K-J. Kim

Gain\_Saturation\_FEL\_graph.ai



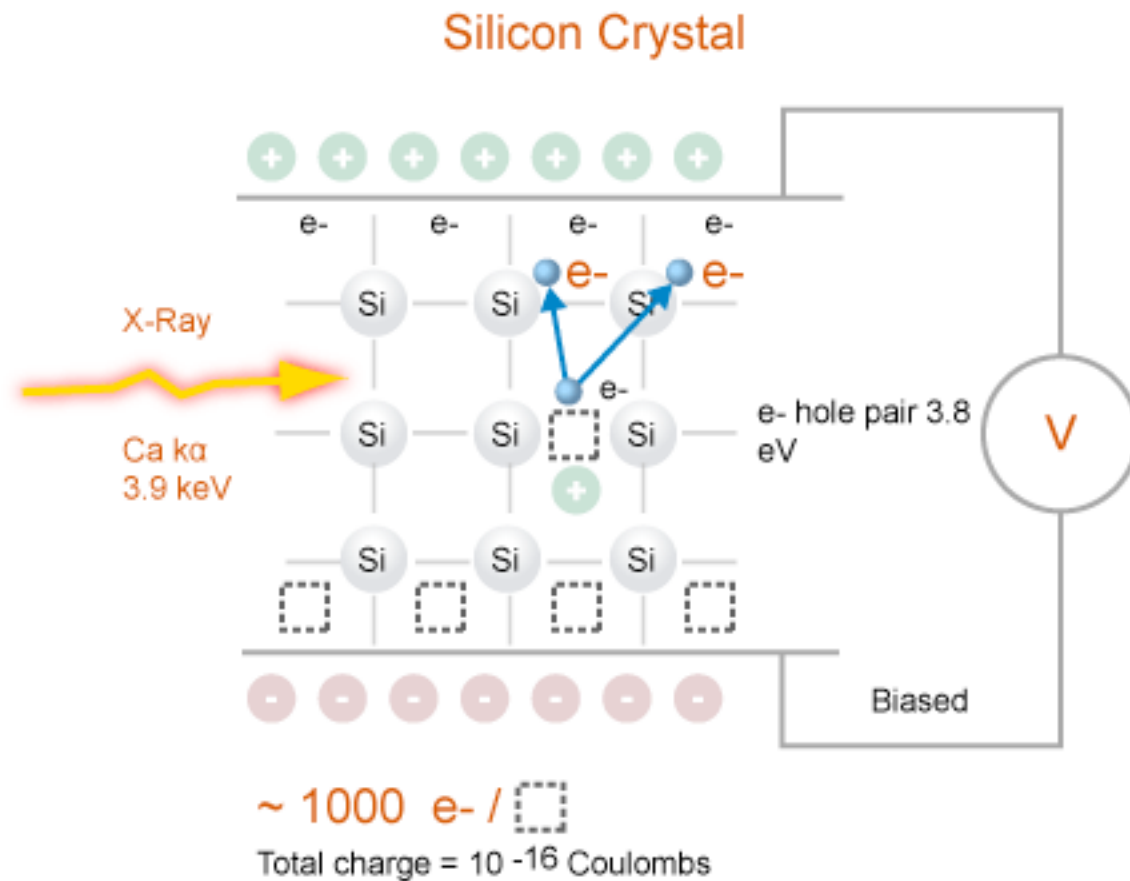
- 0.2-12 keV
- 120 Hz
- 5-100 fs
- 5 mJ

LCLS - SLAC



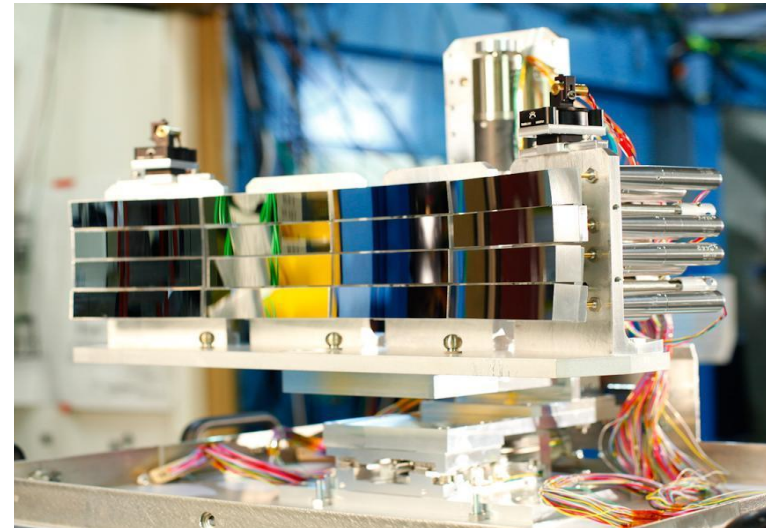
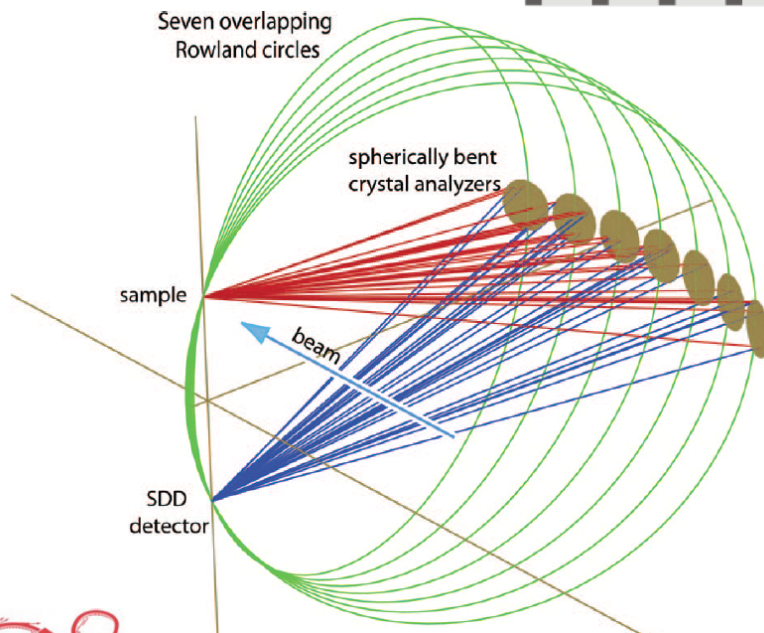
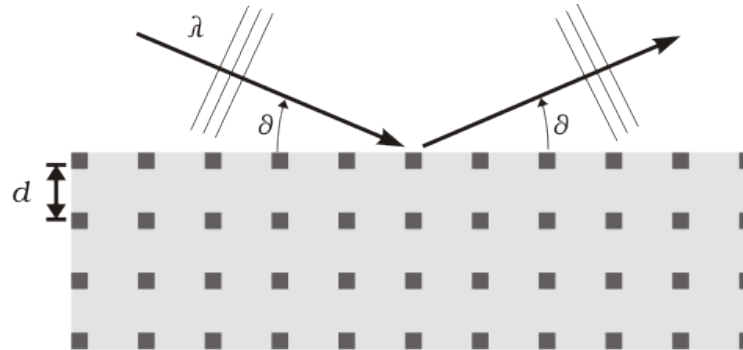
# Αποδοτική Ανίχνευση Ακτίνων-Χ με υψηλή ενεργειακή διακριτική ικανότητα

## Εναπόθεση ενέργειας σε ημιαγωγούς



# Αποδοτική Ανίχνευση Ακτίνων-Χ με υψηλή ενεργειακή διακριτική ικανότητα

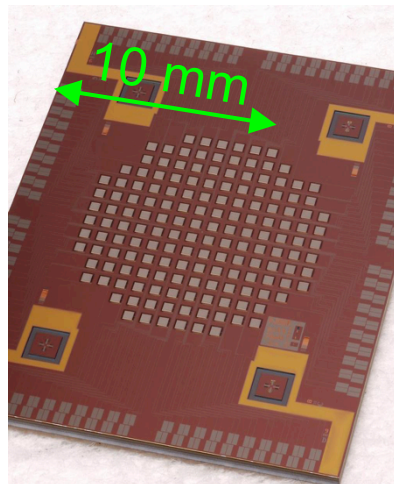
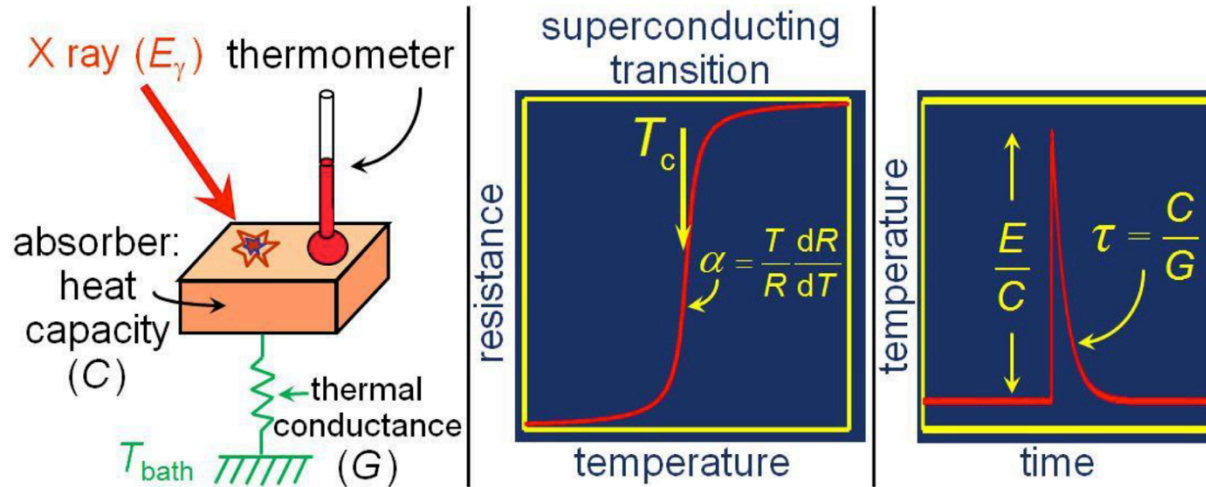
## Πέριθλαση ακτίνων-χ σε οπτικά στοιχεία



# Αποδοτική Ανίχνευση Ακτίνων-Χ με υψηλή ενεργειακή διακριτική ικανότητα

SLAC

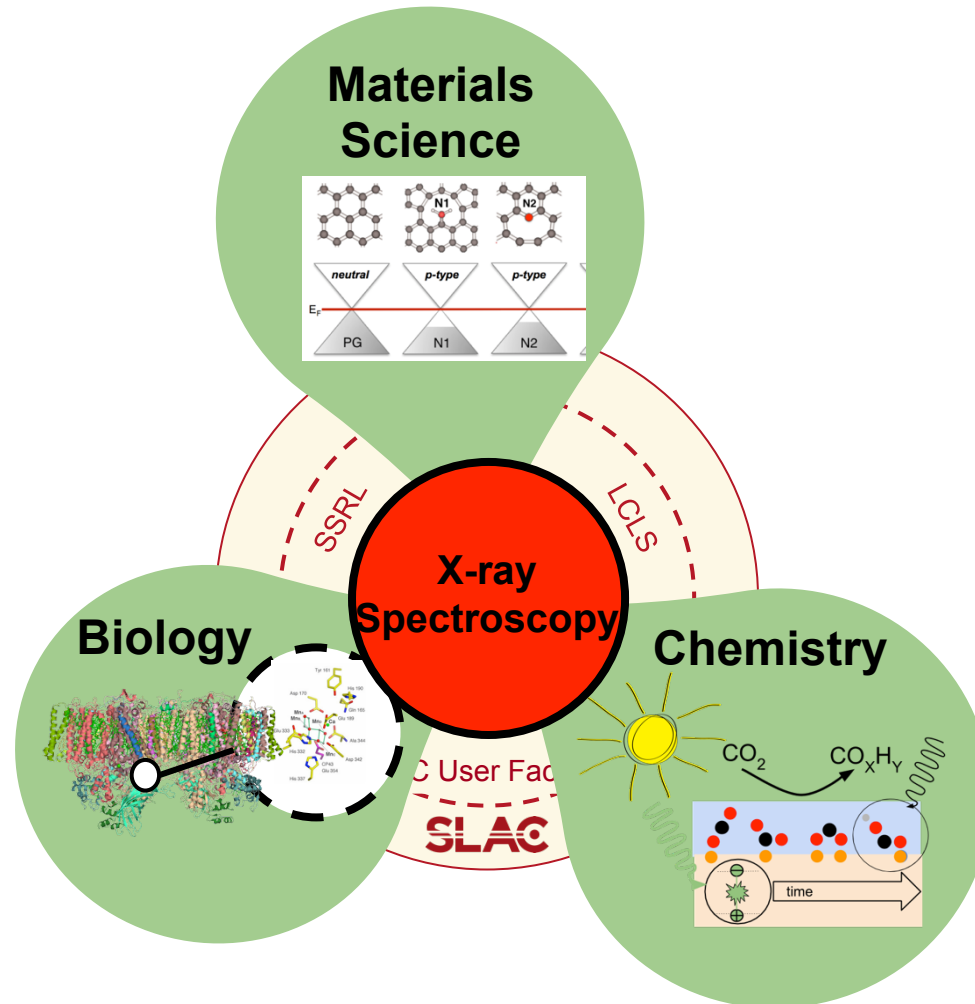
## Υπερευαίσθητα υπεραγώγιμα Θερμόμετρα



# Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ

## Διαεπιστημονικά Ερευνητικά Προγράμματα

SLAC





# Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ

## Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

**Τεχνητή φωτοσύνθεση** και αποθήκευση ηλιακής ενέργειας σε μορφή χημικών (**ηλιακά καύσιμα**)

- Διάσπαση  $H_2O$  (Υδρογόνο, οξυγόνο)
- Αναγωγή  $CO_2$  (Μεθανόλη, Μεθάνιο, Αιθυλένιο, κ.α.)



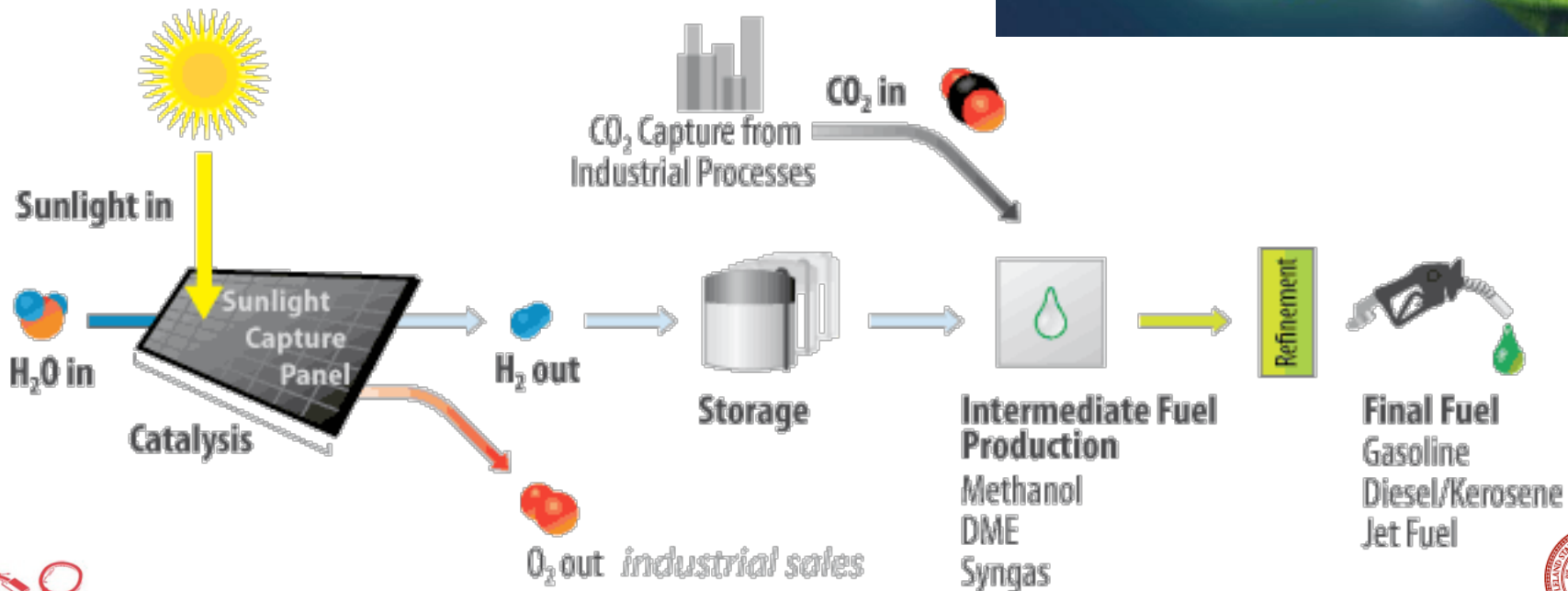


# Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ

## Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

**Τεχνητή φωτοσύνθεση** και αποθήκευση ηλιακής ενέργειας σε μορφή χημικών (**ηλιακά καύσιμα**)

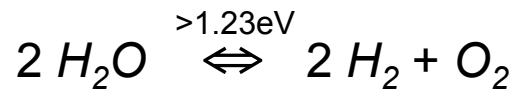
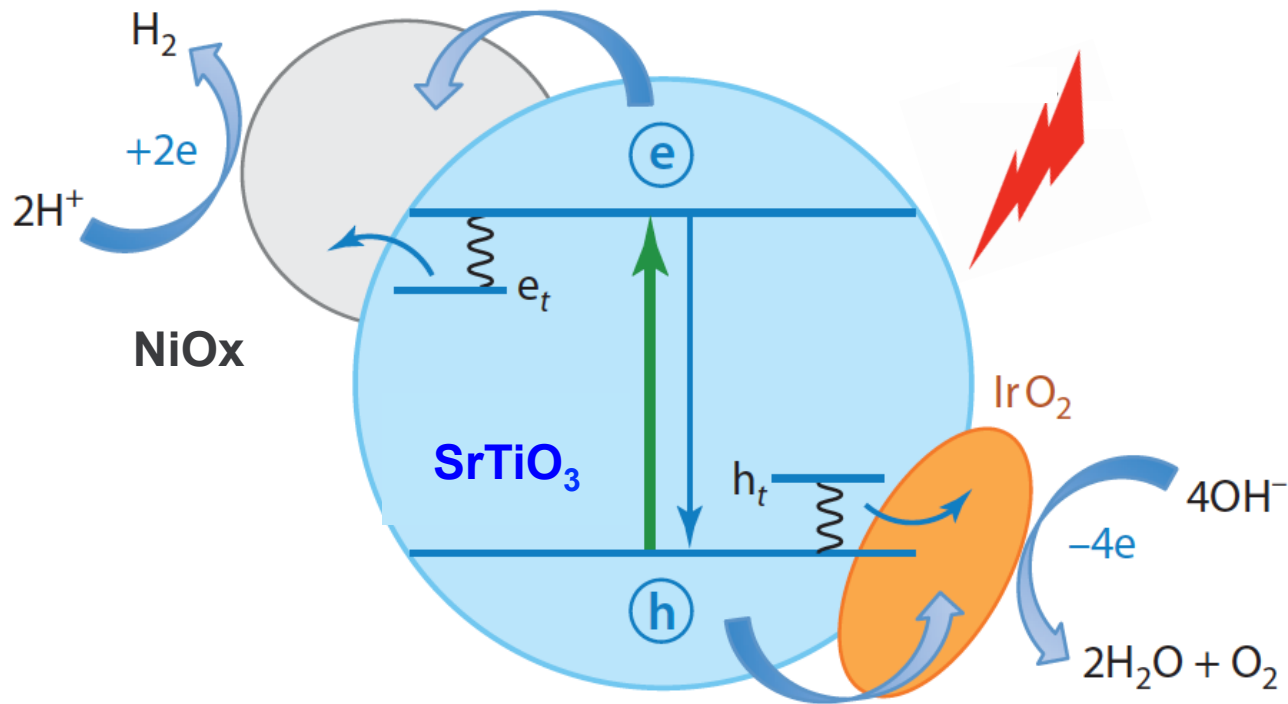
- Διάσπαση  $H_2O$  (Υδρογόνο, οξυγόνο)
- Αναγωγή  $CO_2$  (Μεθανόλη, Μεθάνιο, Αιθυλένιο, κ.α.)



# Φασματοσκοπία Ακτίνων-X

## Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

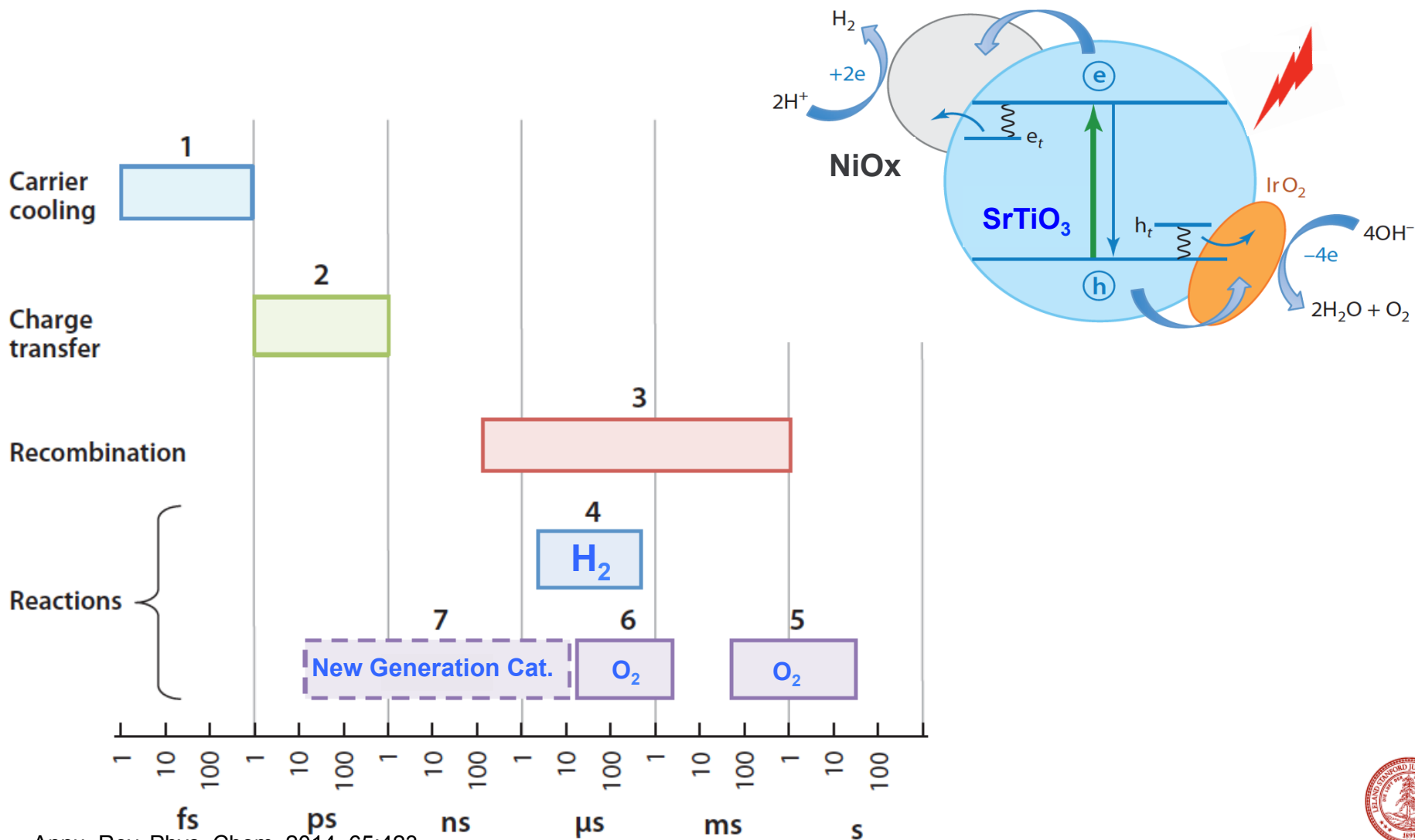
SLAC

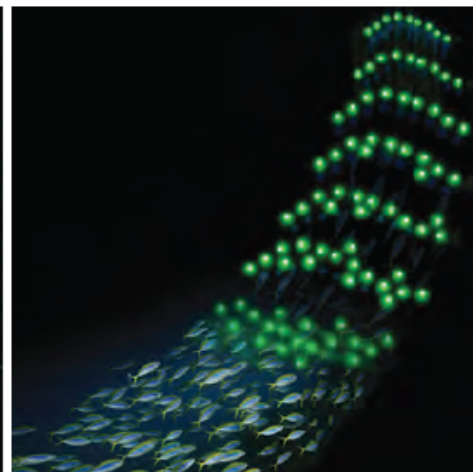
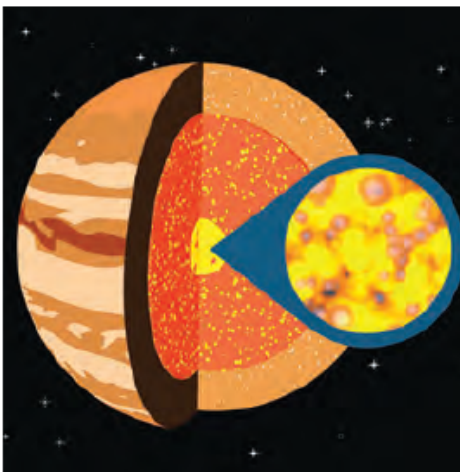
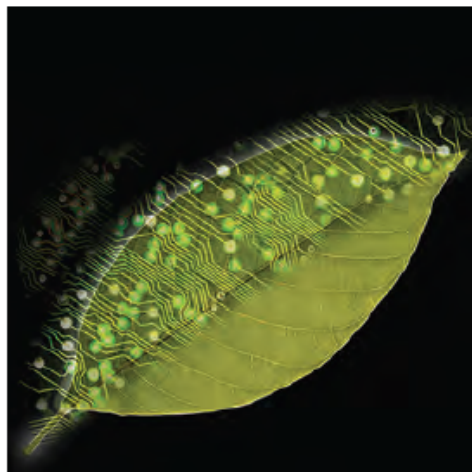


# Φασματοσκοπία Ακτίνων-Χ

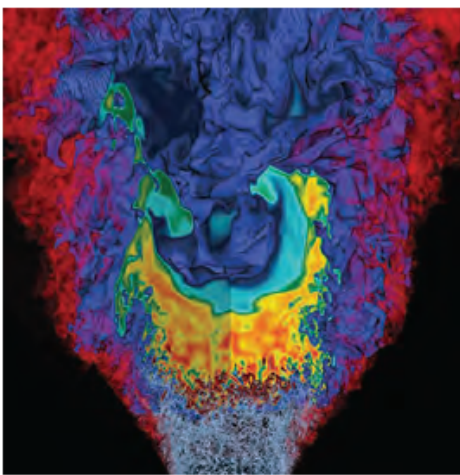
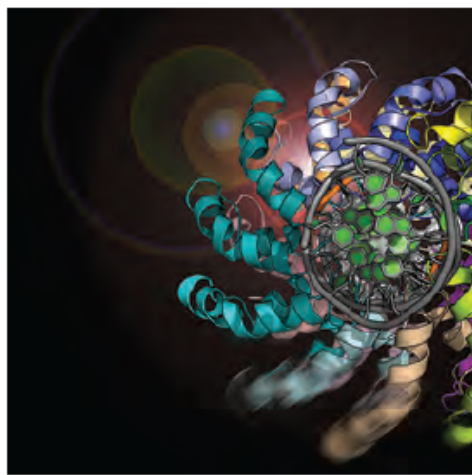
## Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

SLAC





Μετά την ΣΕΜΦΕ, τι ;





Ευχαριστώ!

