

Femtosecond laser: Παλμικά laser με διάρκεια παλμού λίγα δισεκατομμυριοστά του εκατομμυριοστού του δευτερολέπτου



Επιστήμης Κοινωνία

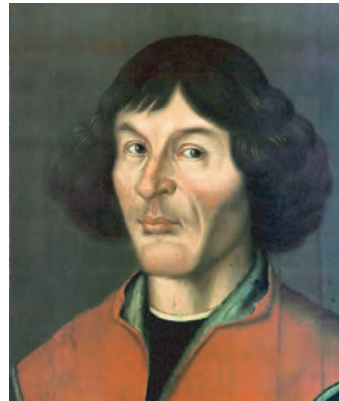
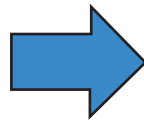
Δρ. Μαρία Κάνδυλα

Ινστιτούτο Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας

Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών

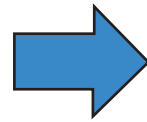
Εισαγωγή

Η ανακάλυψη του τηλεσκοπίου συνέβαλε στη θεμελίωση νέων φυσικών νόμων.



Εισαγωγή

Η ανακάλυψη του μικροσκοπίου συνέβαλε στην καταπολέμηση πολλών ασθενειών.




Εισαγωγή

Η βελτίωση των μετρήσεων στο χώρο συνέβαλε σε μεγάλες επιστημονικές, ιατρικές και τεχνολογικές ανακαλύψεις.

Παρόμοια οφέλη υπάρχουν από τη βελτίωση των μετρήσεων στο χρόνο.

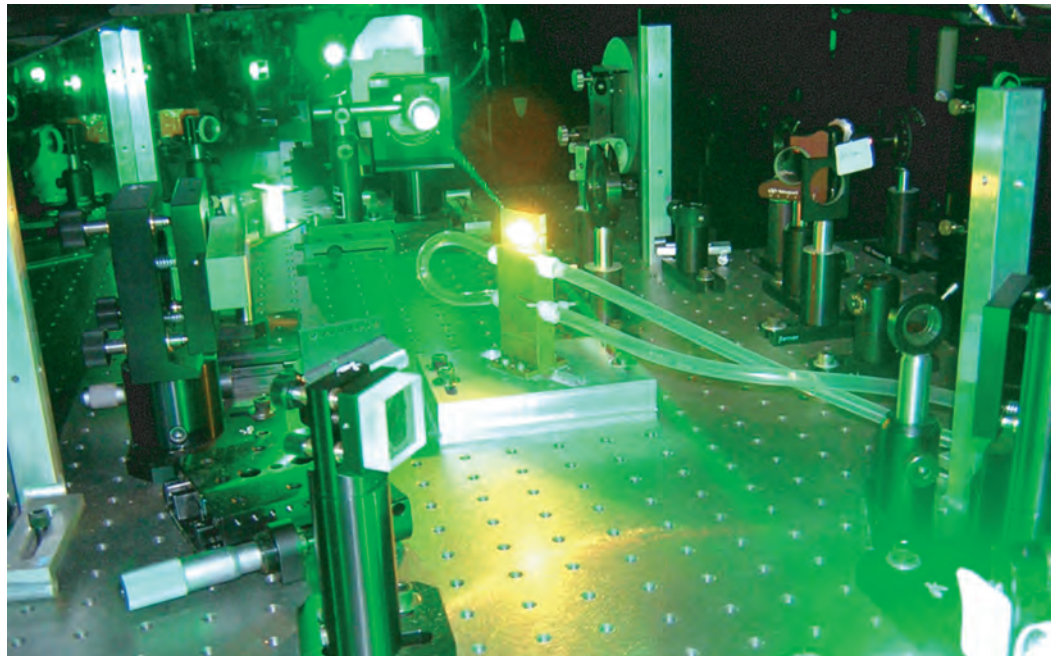
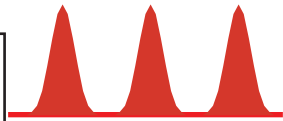
Femtosecond laser: παλμικά laser με διάρκεια παλμού λίγα δισεκατομμυριοστά του εκατομμυριοστού του δευτερολέπτου.

- 
- το φως ως εργαλείο μελέτης των ιδιοτήτων της ύλης
 - το φως ως εργαλείο επέμβασης στις ιδιότητες της ύλης

Femtosecond λείζερ

Λείζερ

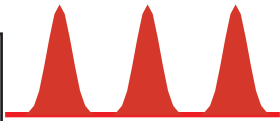
50 fs



Femtosecond λείζερ

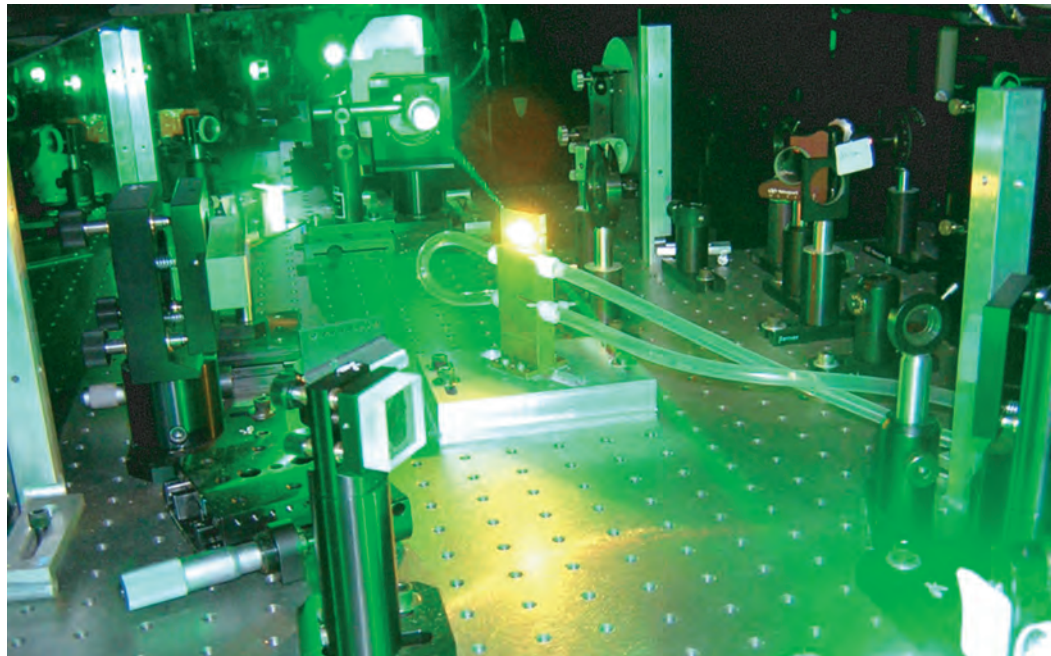
Λείζερ

50 fs



1 femtosecond = 10^{-15} δευτερόλεπτα

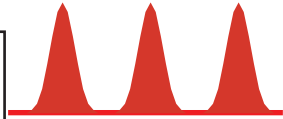
1 femtosecond = 1 δισεκατομμυριοστό του εκατομμυριοστού του δευτερολέπτου



Femtosecond λείζερ

Λείζερ

50 fs

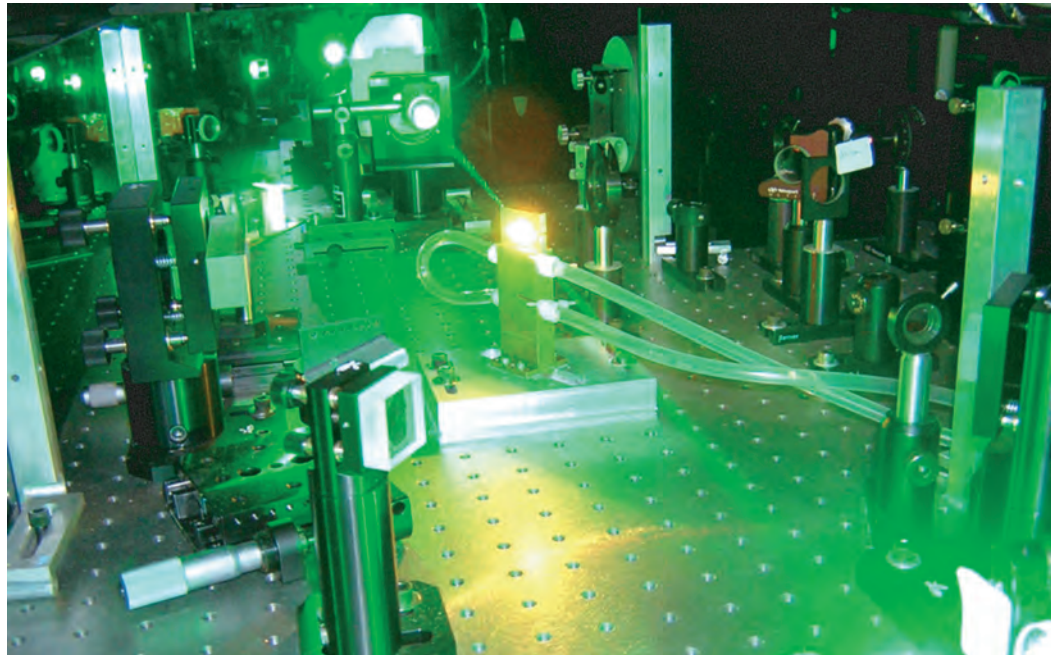


1 femtosecond = 10^{-15} δευτερόλεπτα

1 femtosecond = 1 δισεκατομμυριοστό του εκατομμυριοστού του δευτερολέπτου

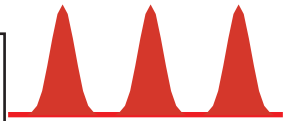
Σε ~ 1 δευτερόλεπτο το φως ταξιδεύει από τη γη στη σελήνη

Σε 1 femtosecond το φως ταξιδεύει το $1/300$ του πάχους μιας τρίχας



Femtosecond λείζερ

Λείζερ



50 fs

E = μισό χιλιοστό του Joule

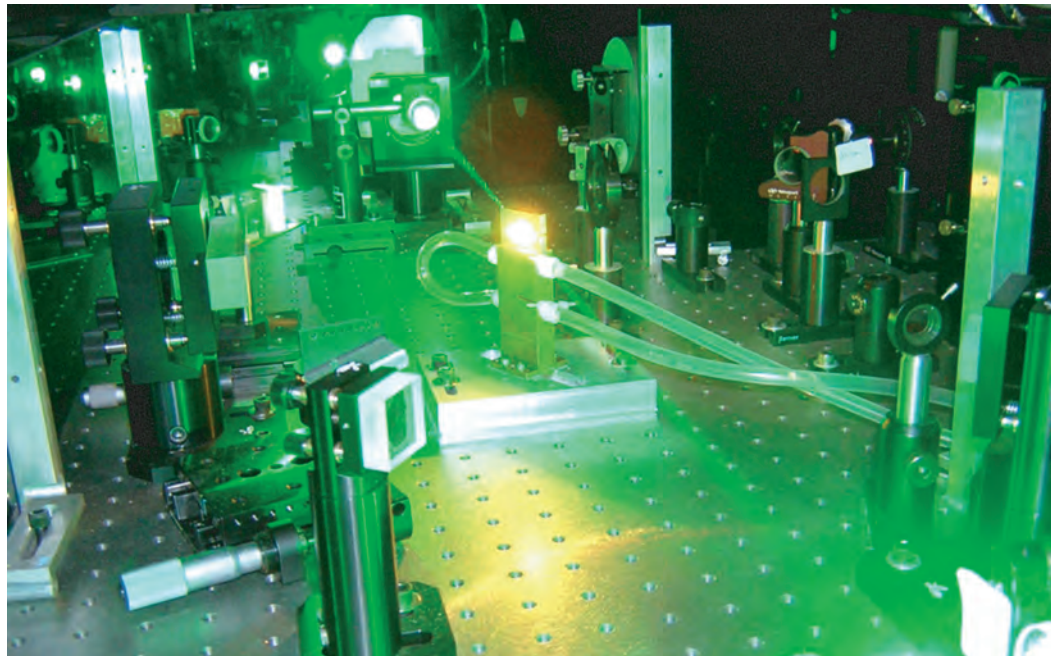
E = 0.5 mJ

1 femtosecond = 10^{-15} δευτερόλεπτα

1 femtosecond = 1 δισεκατομμυριοστό του εκατομμυριοστού του δευτερολέπτου

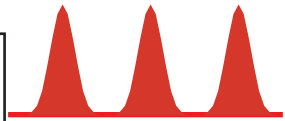
Σε ~1 δευτερόλεπτο το φως ταξιδεύει από τη γη στη σελήνη

Σε 1 femtosecond το φως ταξιδεύει το 1/300 του πάχους μιας τρίχας



Femtosecond λείζερ

Λείζερ



50 fs

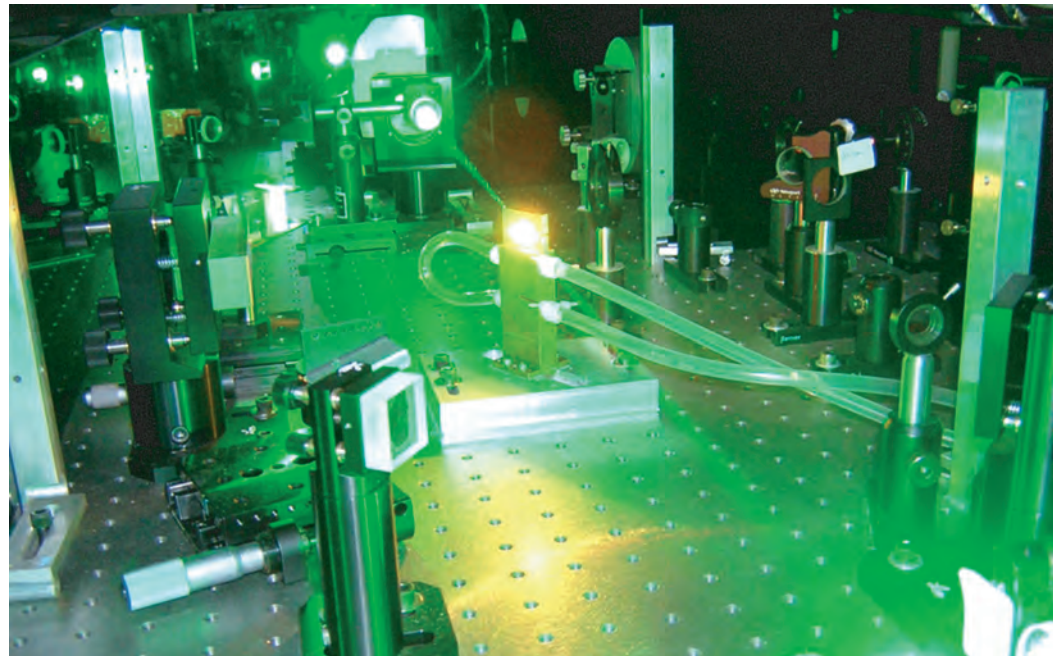
$E = \text{μισό χιλιοστό του Joule}$

$E = 0.5 \text{ mJ}$



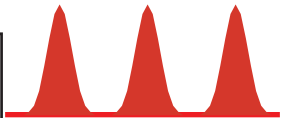
$E = 500 \text{ θερμίδες (cal)}$

$E = 2000 \text{ Joule}$



Femtosecond λείζερ

Λείζερ



50 fs

$E = \text{μισό χιλιοστό του Joule}$

$E = 0.5 \text{ mJ}$

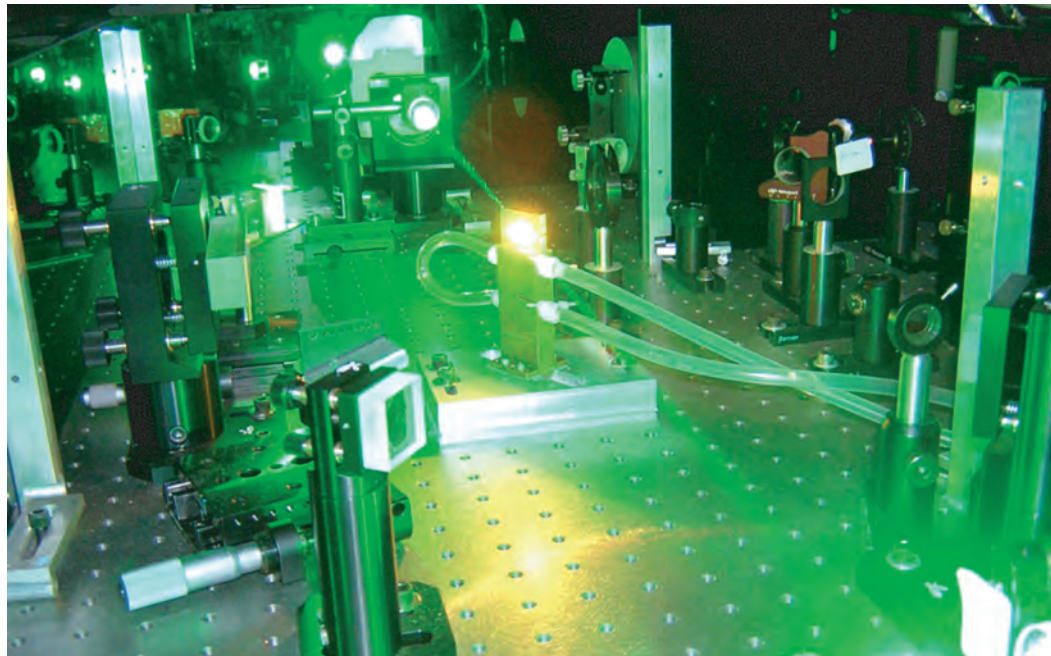


$E = 500 \text{ θερμίδες (cal)}$

$E = 2000 \text{ Joule}$



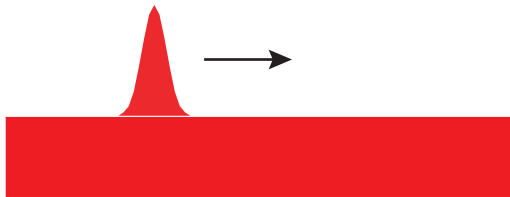
$E = 5 \text{ Joule}$



Femtosecond λείζερ

Ισχύς παλμού (ενέργεια/χρόνος): 10 GWatt
10 δισεκατομμύρια Watt

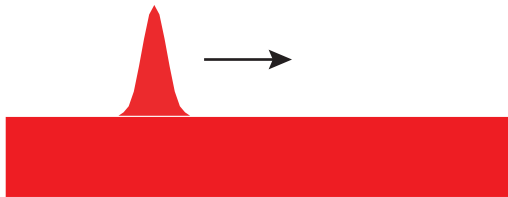
50 fs, 0.5 mJ



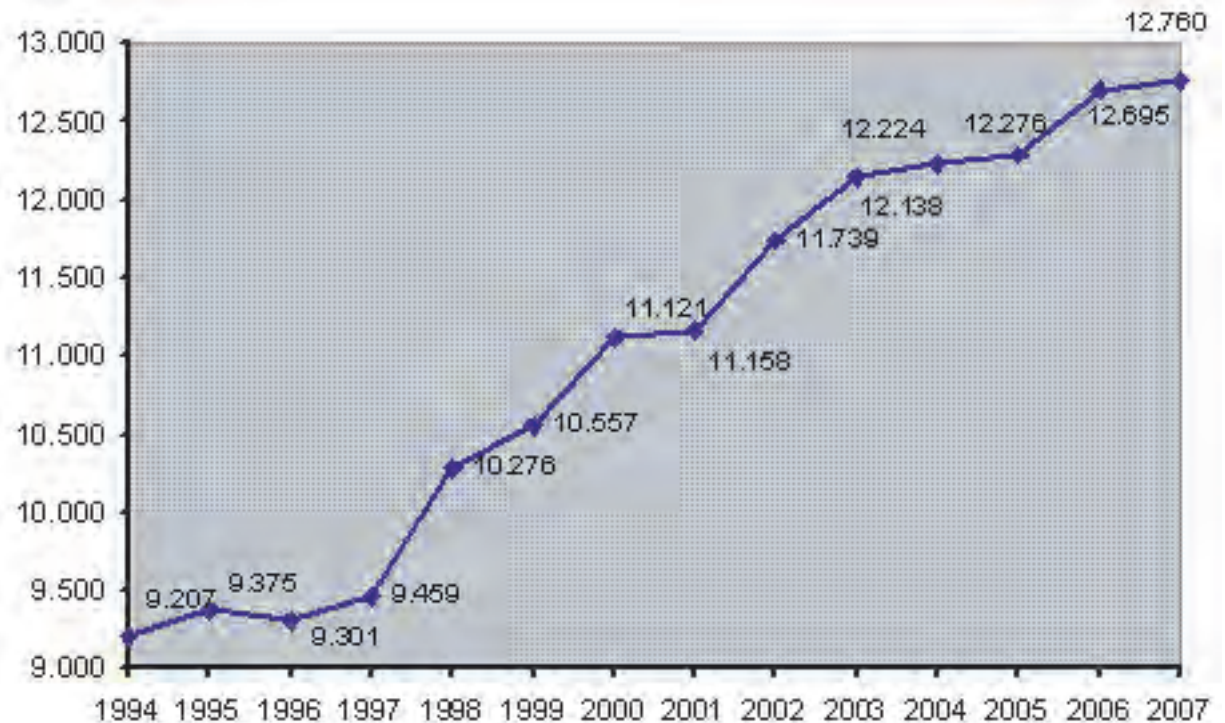
Femtosecond λείζερ

Ισχύς παλμού (ενέργεια/χρόνος): 10 GWatt
10 δισεκατομμύρια Watt

50 fs, 0.5 mJ

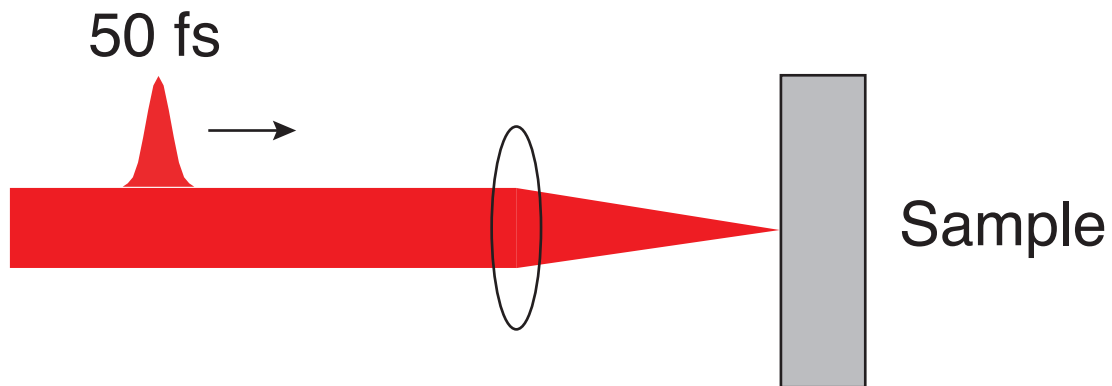


Εγκατεστημένη ισχύς (2007): 12.8 GW



Femtosecond λείζερ

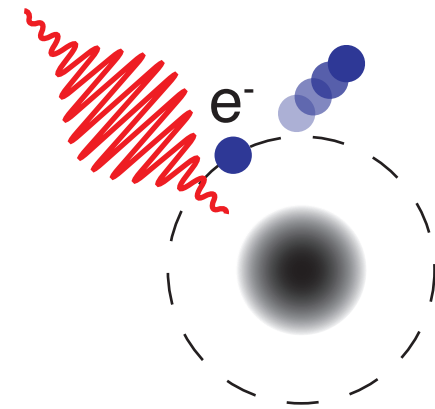
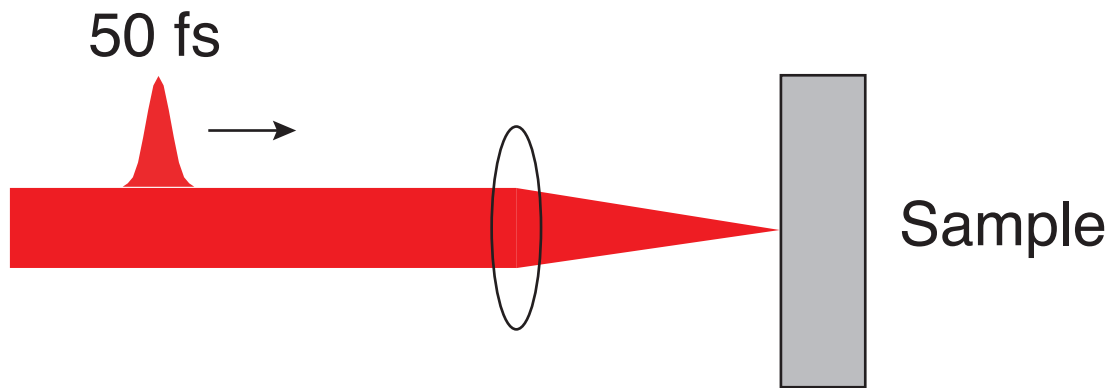
Ένταση παλμού: $\sim 10^{14} - 10^{15} \text{ Watt/cm}^2$
ενέργεια / (χρόνος*επιφάνεια)



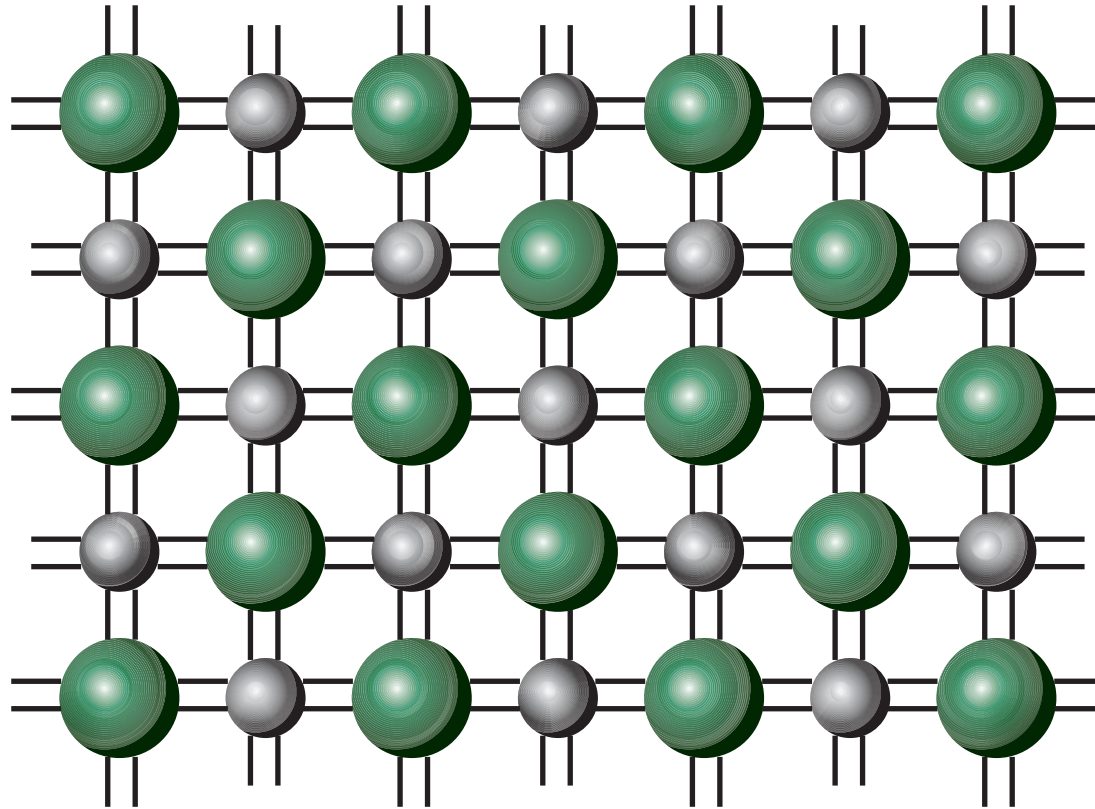
Femtosecond λέιζερ

Ένταση παλμού: $\sim 10^{14} - 10^{15} \text{ Watt/cm}^2$
ενέργεια / (χρόνος*επιφάνεια)

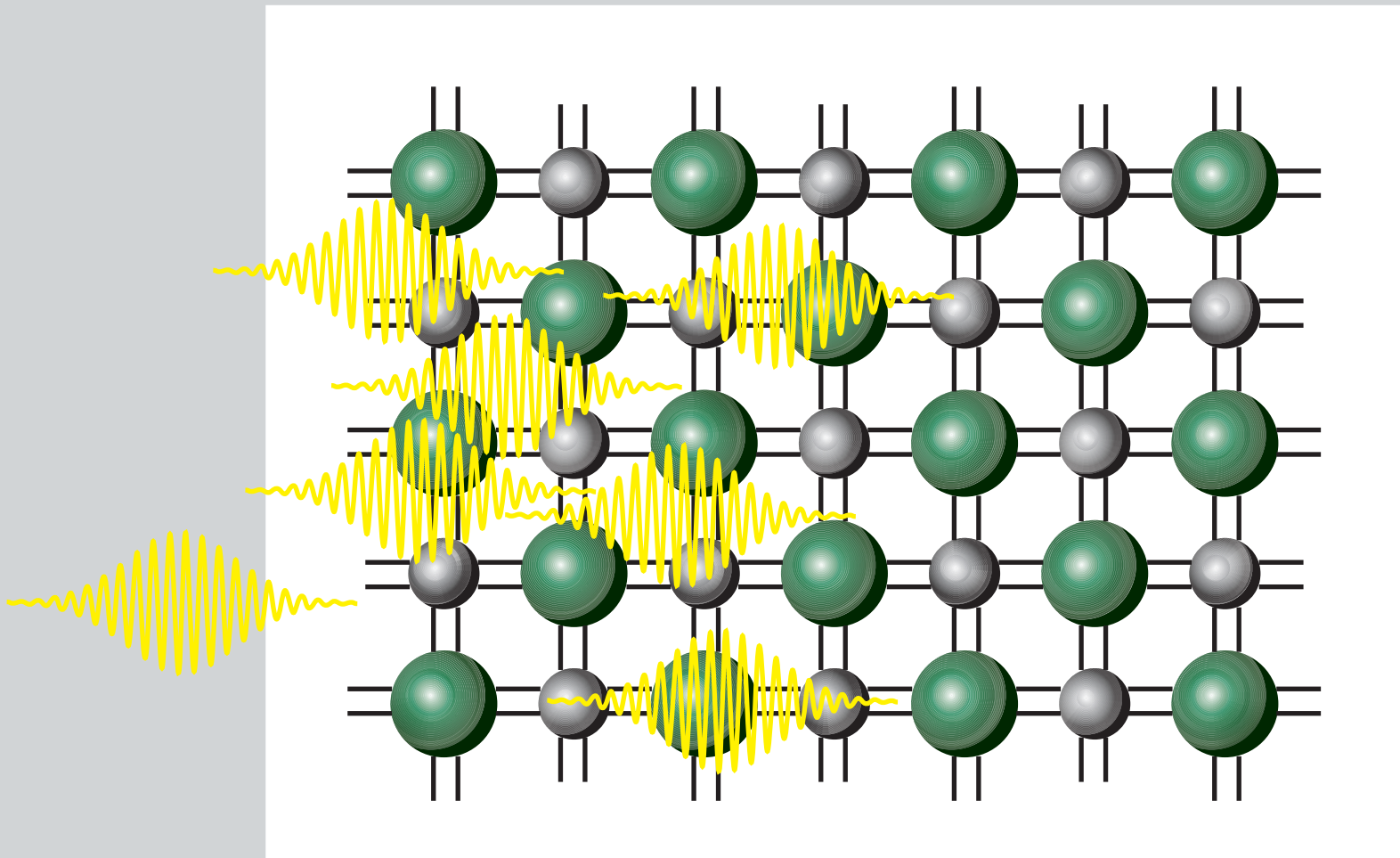
Η ένταση του παλμού είναι είναι αρκετά
υψηλή ώστε να ιονίζει την ύλη



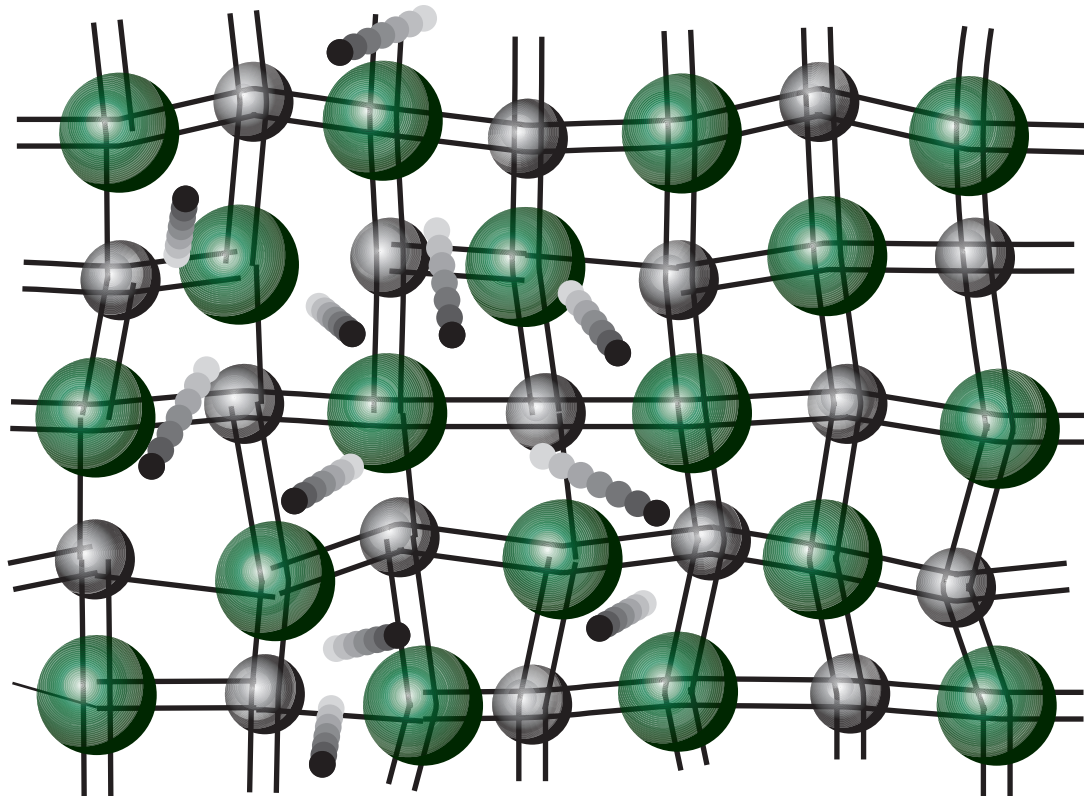
Femtosecond λείζερ



Femtosecond λείζερ



Femtosecond λείζερ



Οπτικές μετρήσεις

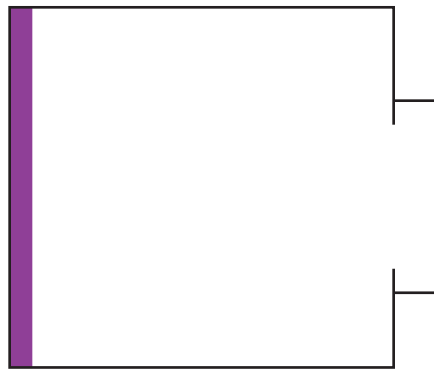
Απεικόνιση της μετάβασης από μια φυσική κατάσταση σε μια άλλη



Οπτικές μετρήσεις

Καταγραφή της ανακλαστικότητας φλεγόμενου ξύλου

φωτογραφική μηχανή

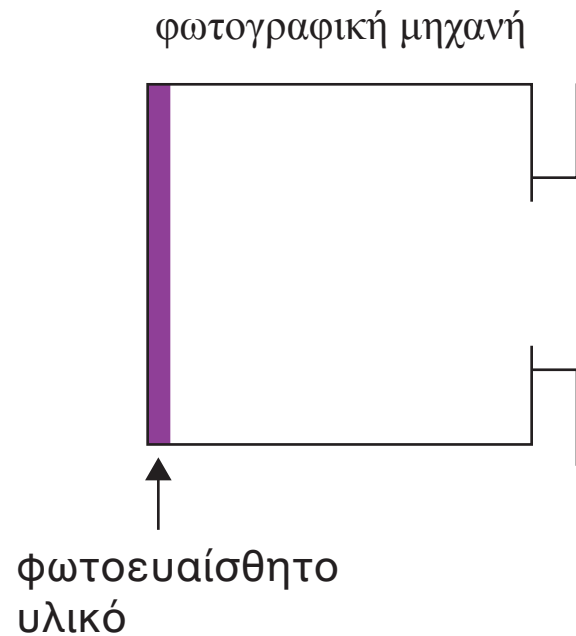


↑
φωτοευαίσθητο
υλικό



Οπτικές μετρήσεις

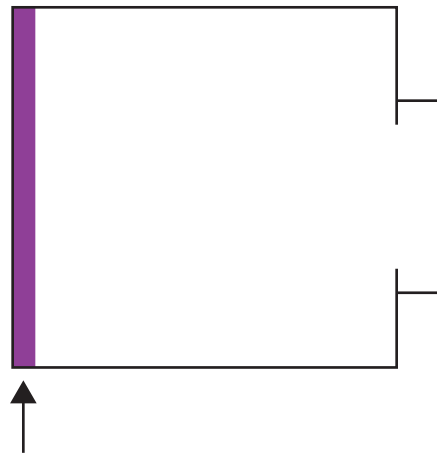
Σύντομο άνοιγμα κλείστρου και μέτρηση
διερχόμενου φωτός



Οπτικές μετρήσεις

Κλείσιμο κλείστρου

φωτογραφική μηχανή



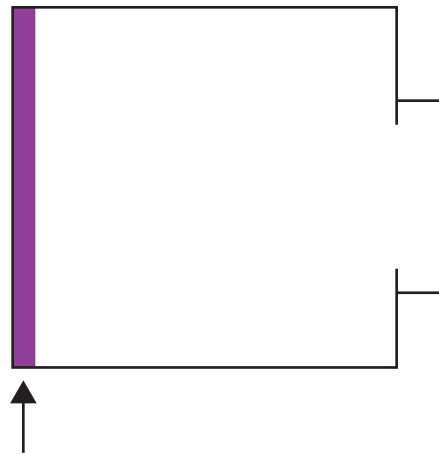
↑
φωτοευαίσθητο
υλικό



Οπτικές μετρήσεις

Επανάληψη της μέτρησης αρκετές φορές

φωτογραφική μηχανή

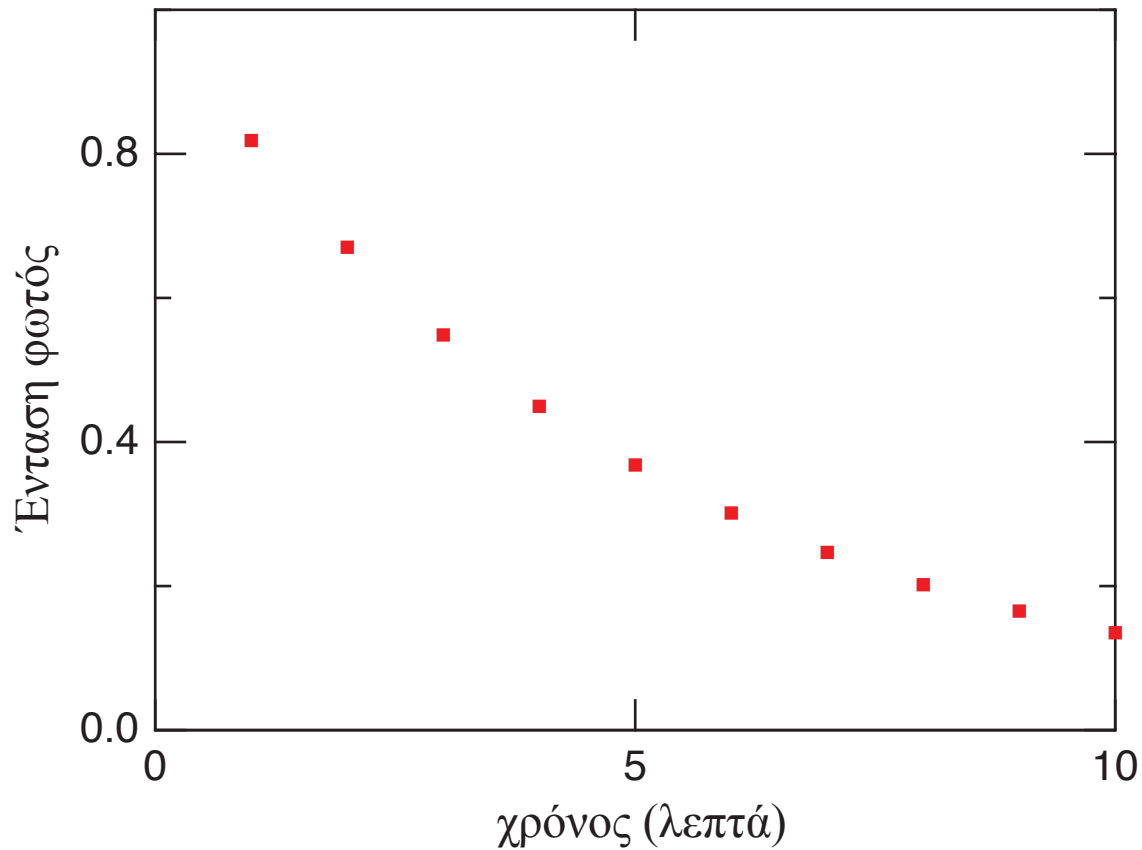


φωτοευαίσθητο
υλικό



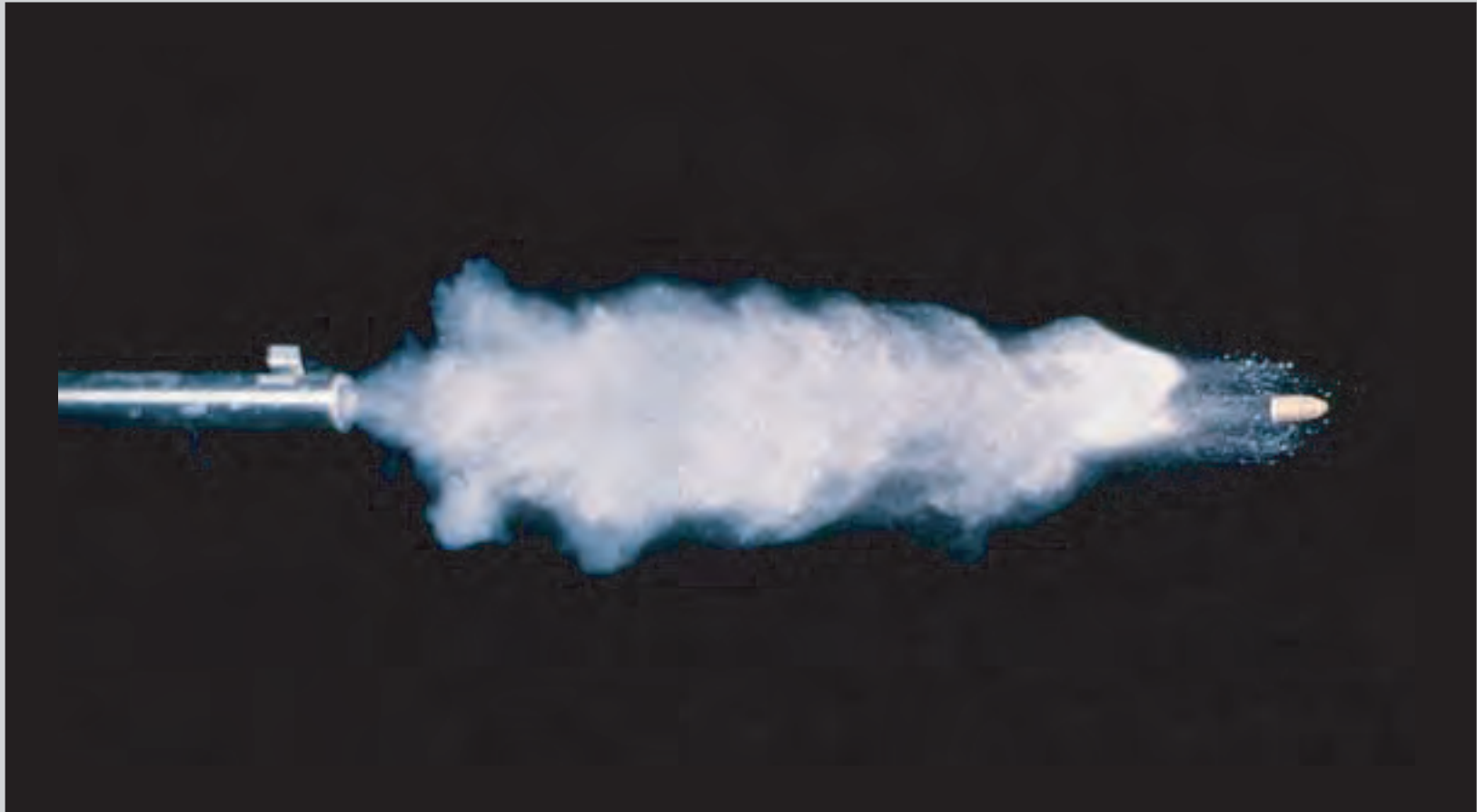
Οπτικές μετρήσεις

Διάγραμμα μέτρησης έντασης φωτός ως προς χρόνο



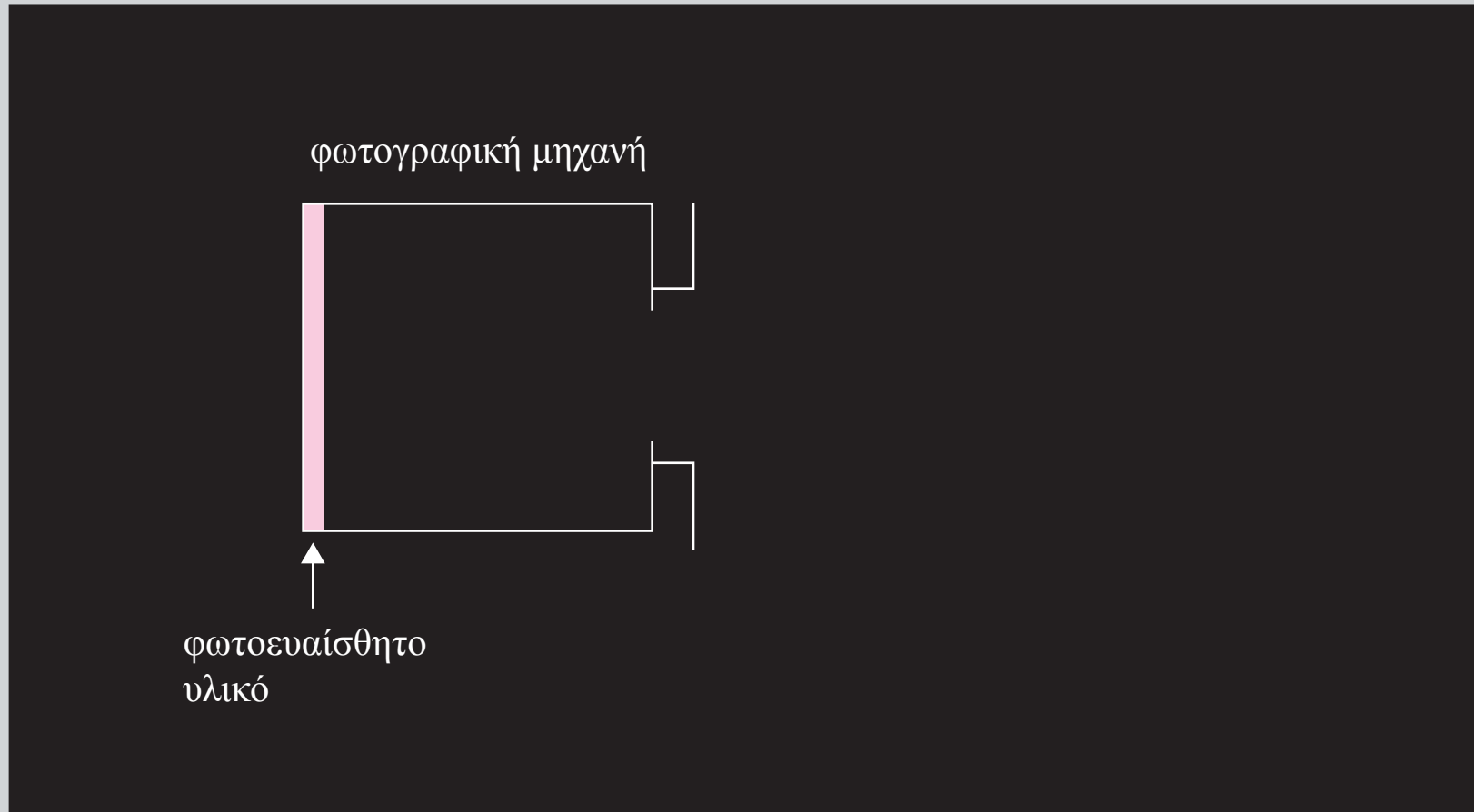
Οπτικές μετρήσεις

Τι θα συμβεί όταν η προς παρατήρηση διαδικασία εξελίσσεται πιο γρήγορα από το άνοιγμα/κλείσιμο του κλείστρου?



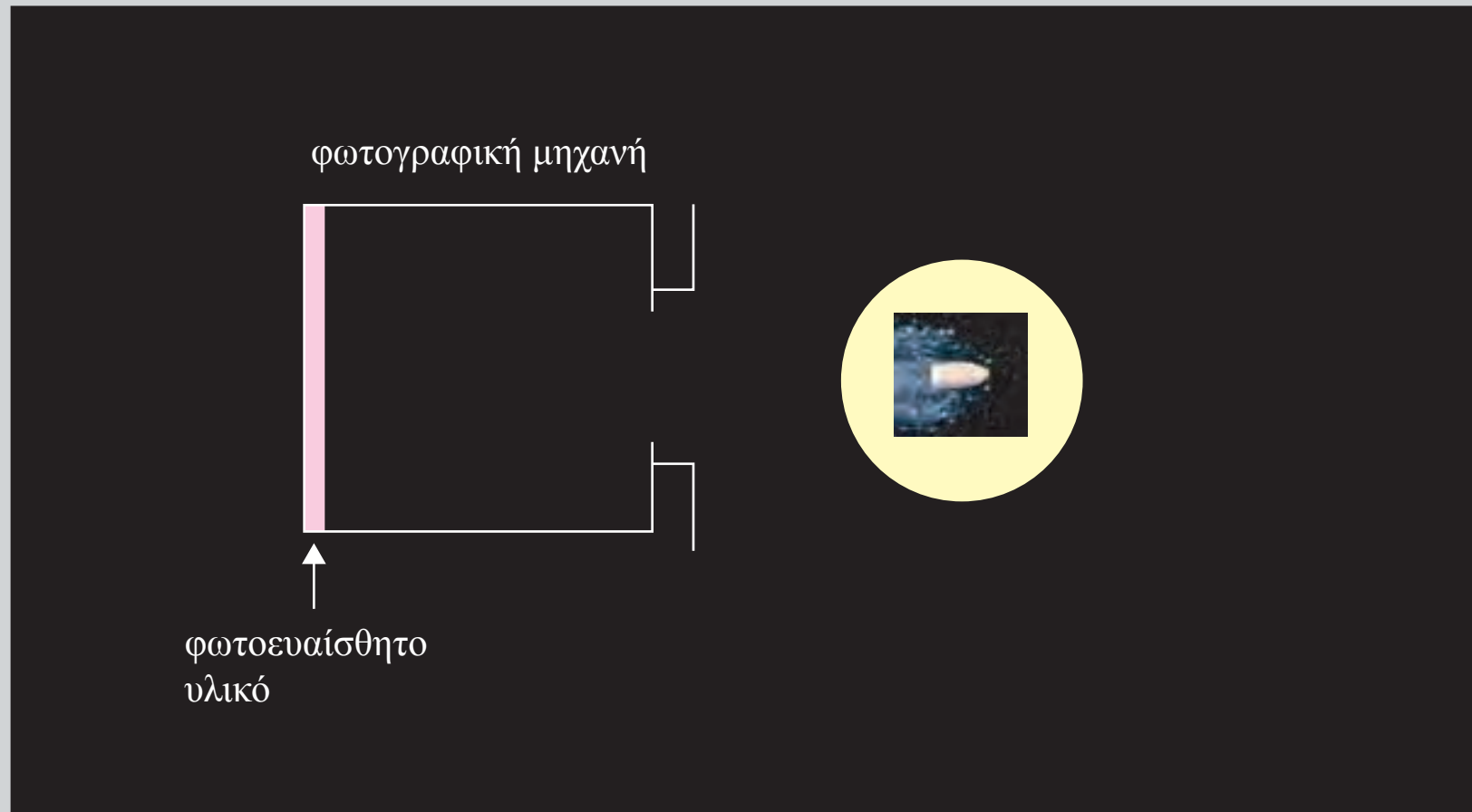
Στροβοσκοπική φωτογραφία

Άνοιγμα του κλείστρου στο σκοτάδι...



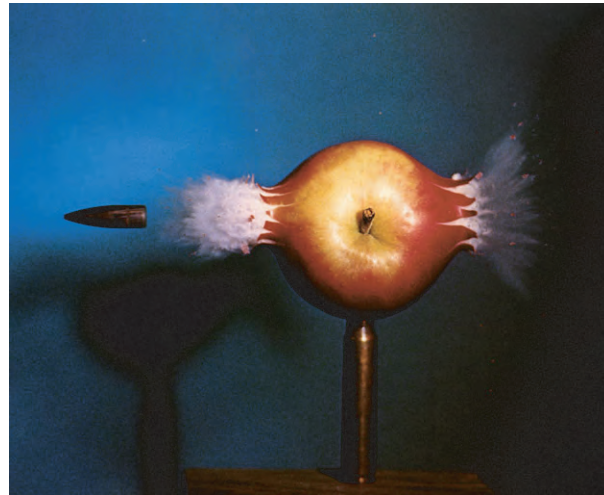
Στροβοσκοπική φωτογραφία

...εκπομπή “φλας” για να φωτιστεί το αντικείμενο.



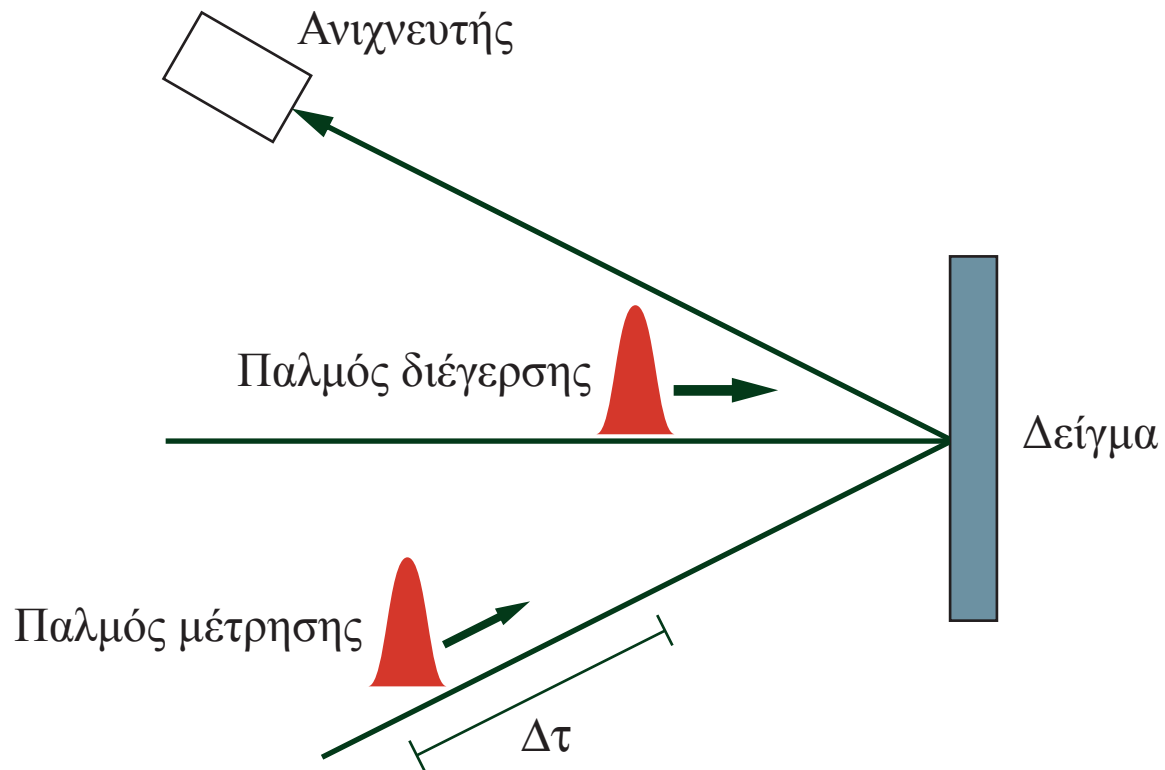
Στροβοσκοπική φωτογραφία

Το φλας είναι πολύ συντομότερο από το άνοιγμα/κλείσιμο του κλείστρου.



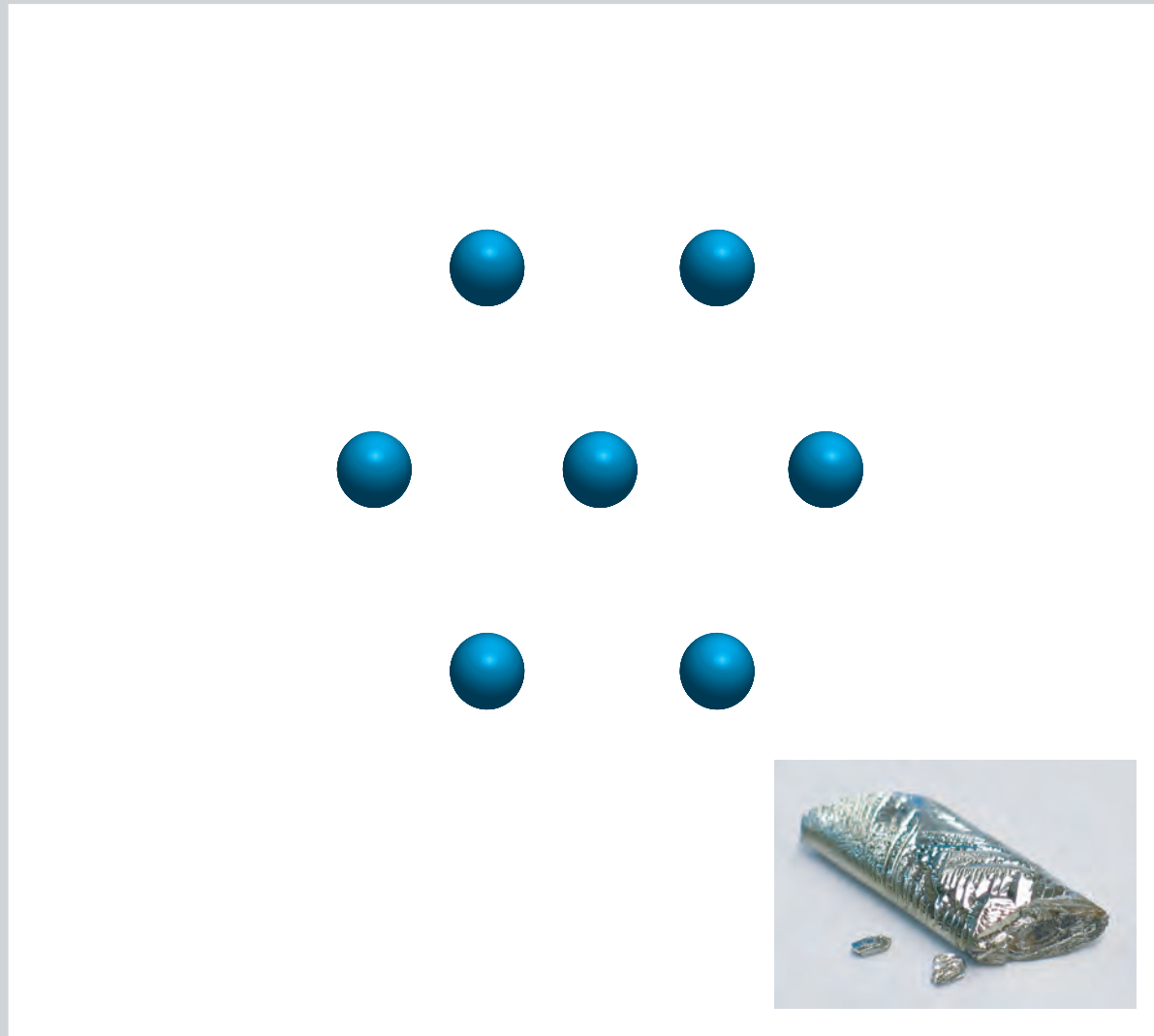
Στροβοσκοπική φωτογραφία

Εργαστηριακή μέθοδος



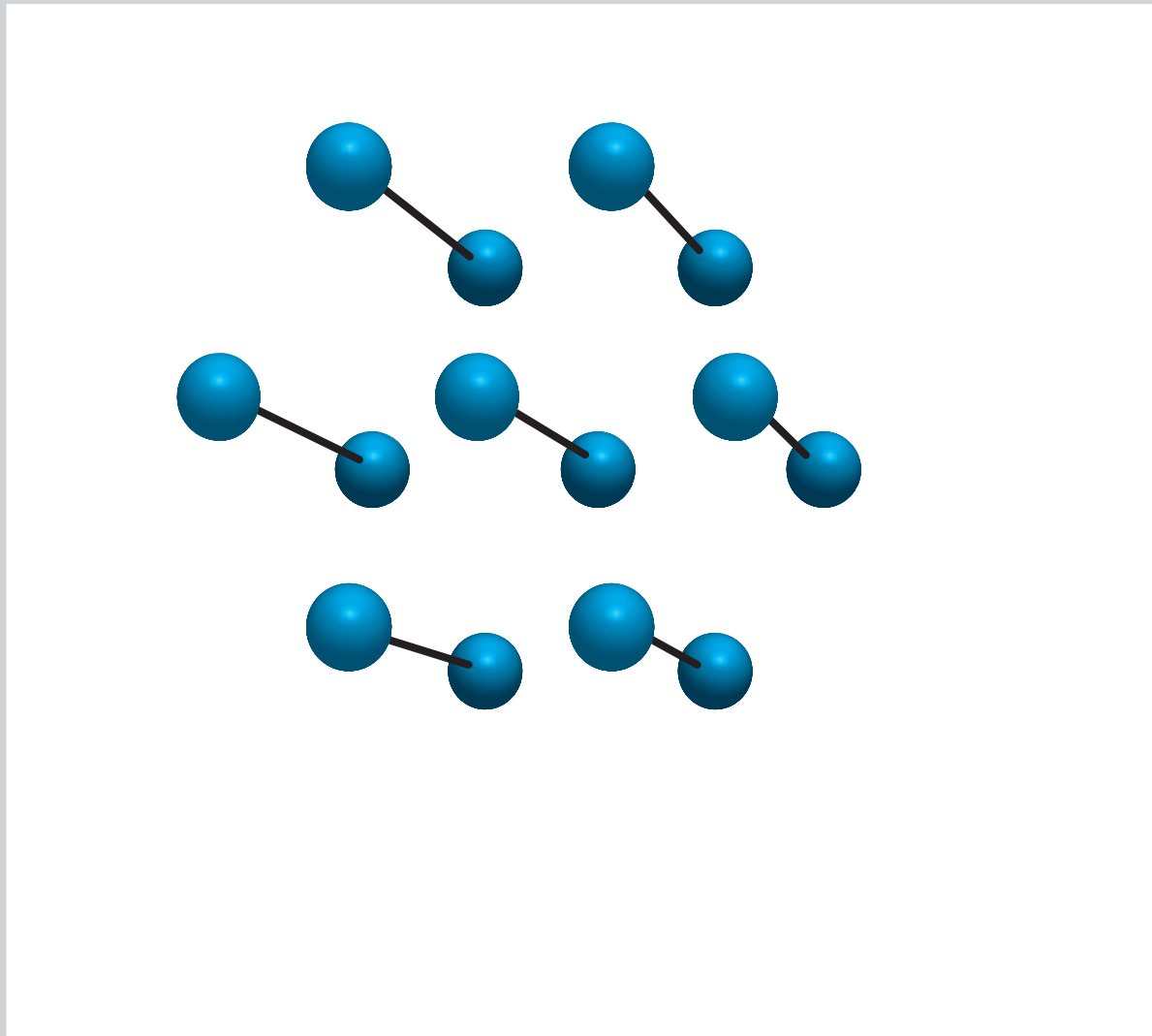
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Τελλούριο: εξαγωνική δομή με τριατομικούς έλικες



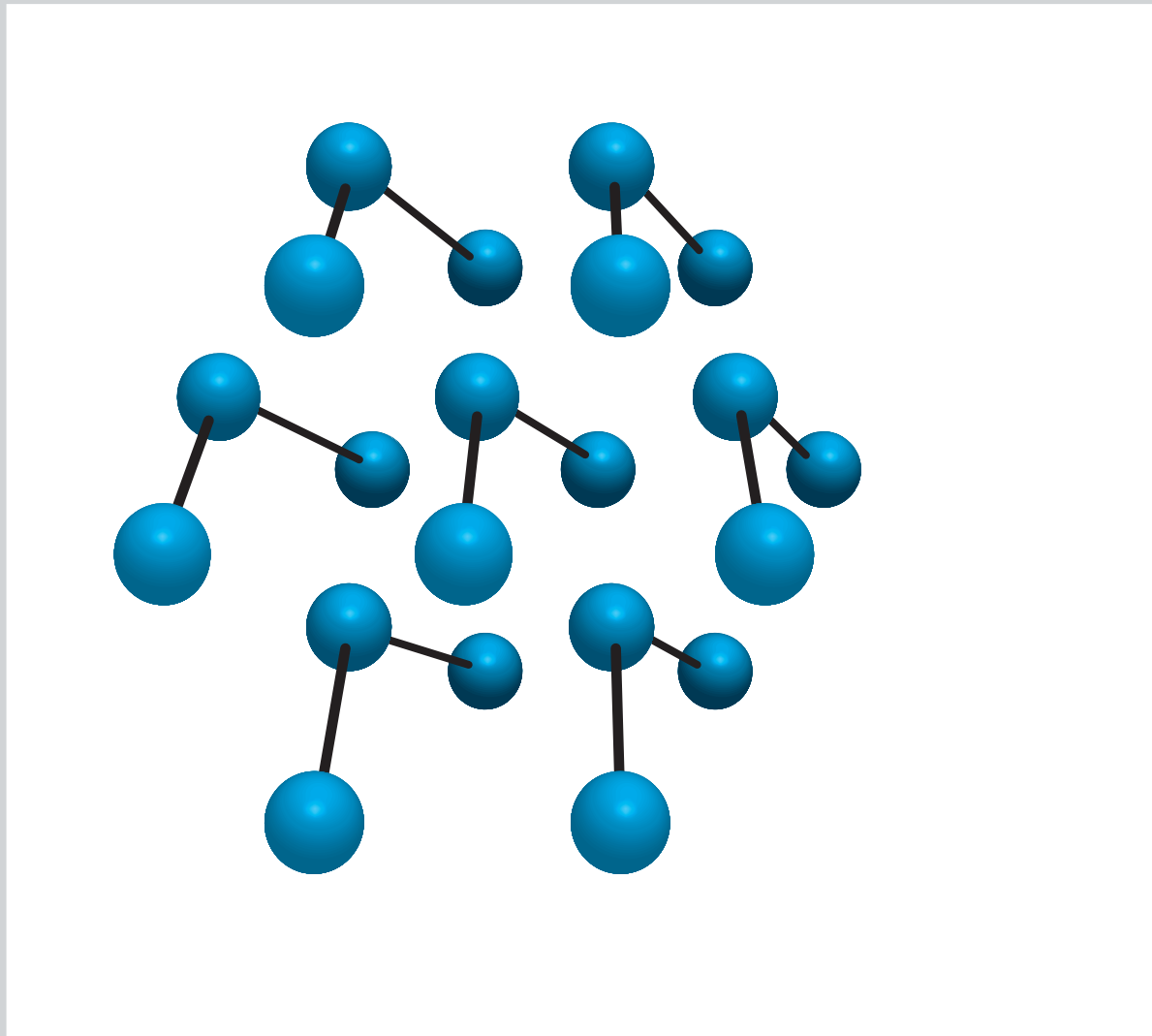
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Τελλούριο: εξαγωνική δομή με τριατομικούς έλικες



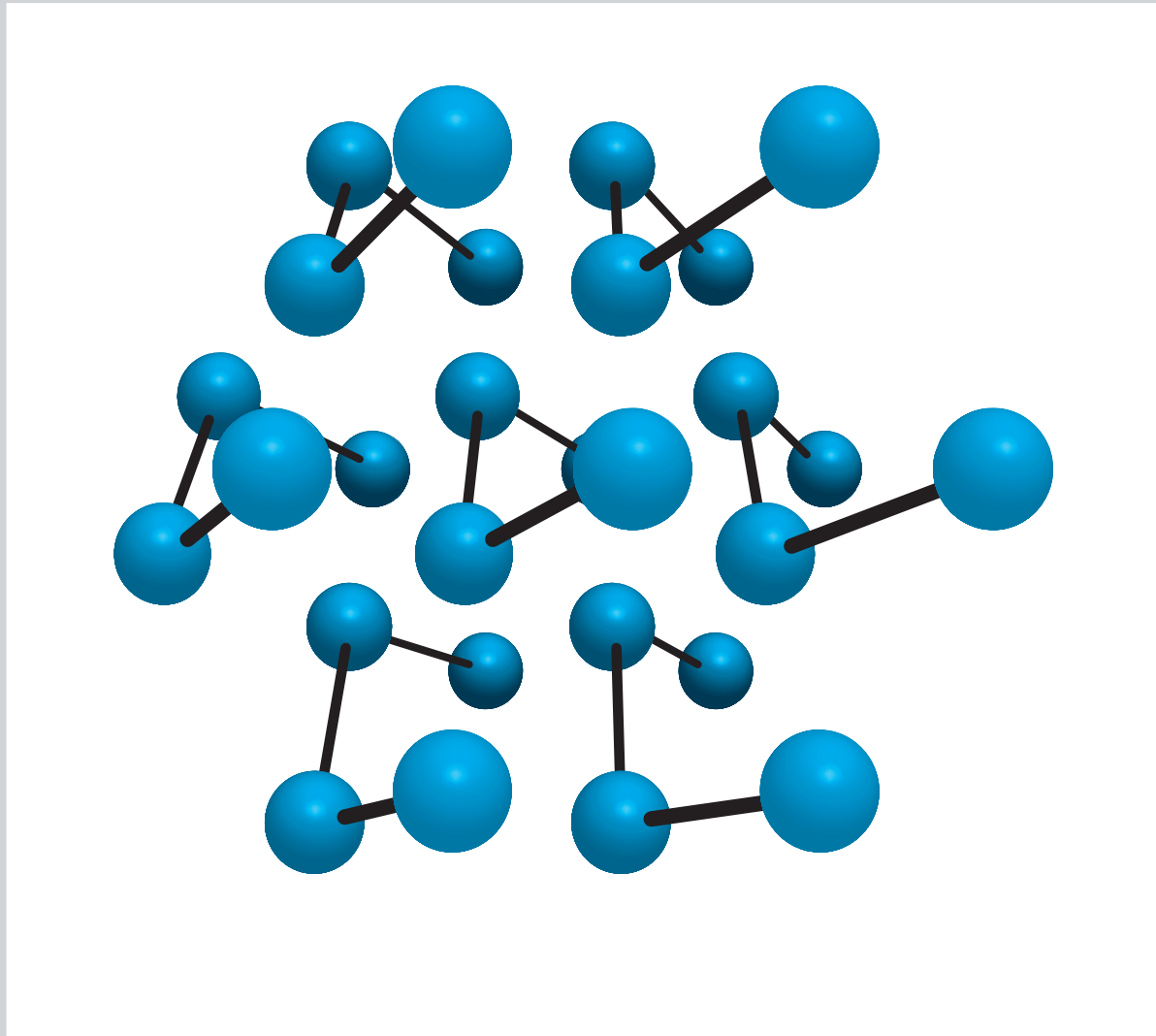
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Τελλούριο: εξαγωνική δομή με τριατομικούς έλικες



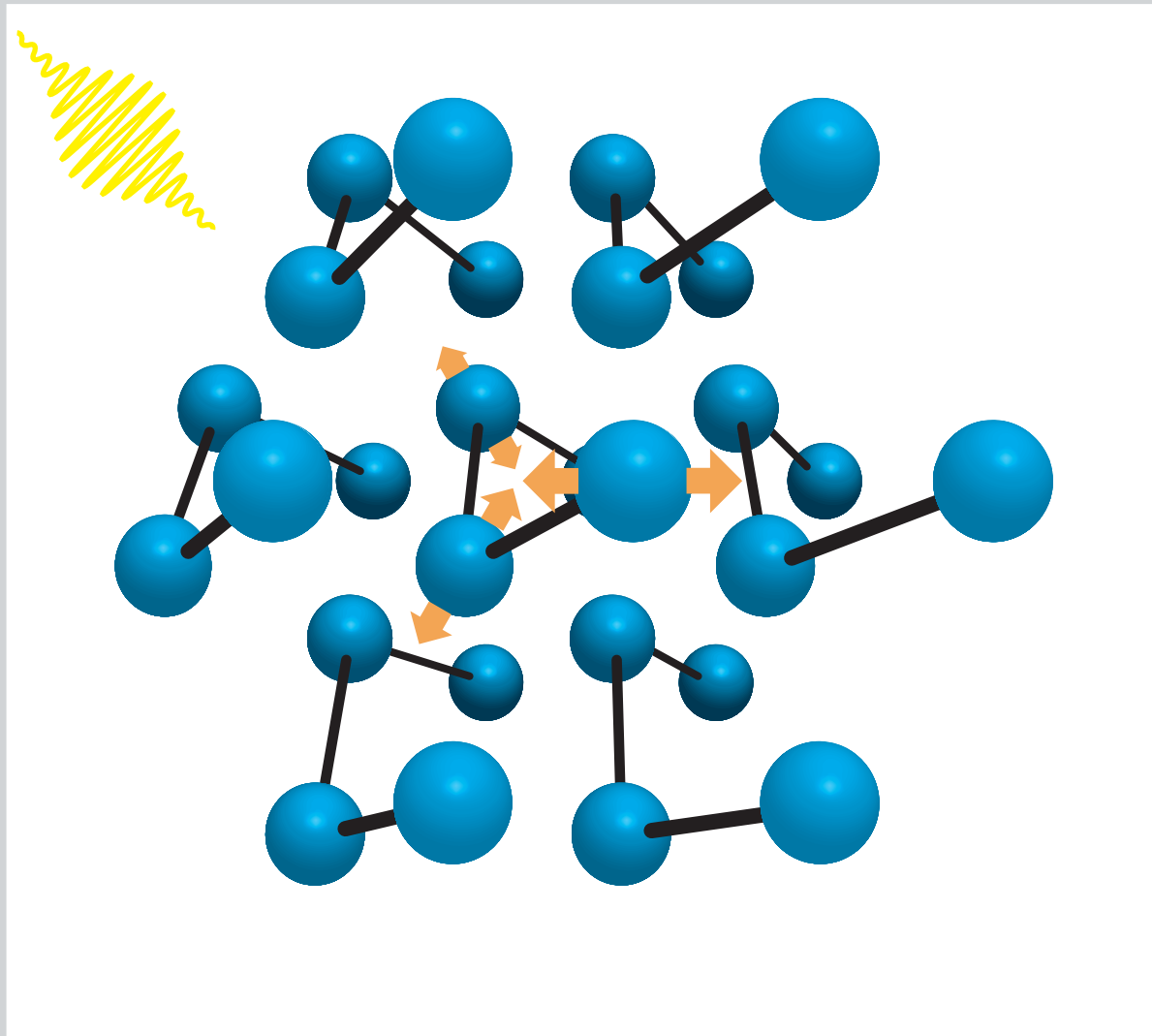
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Τελλούριο: εξαγωνική δομή με τριατομικούς έλικες



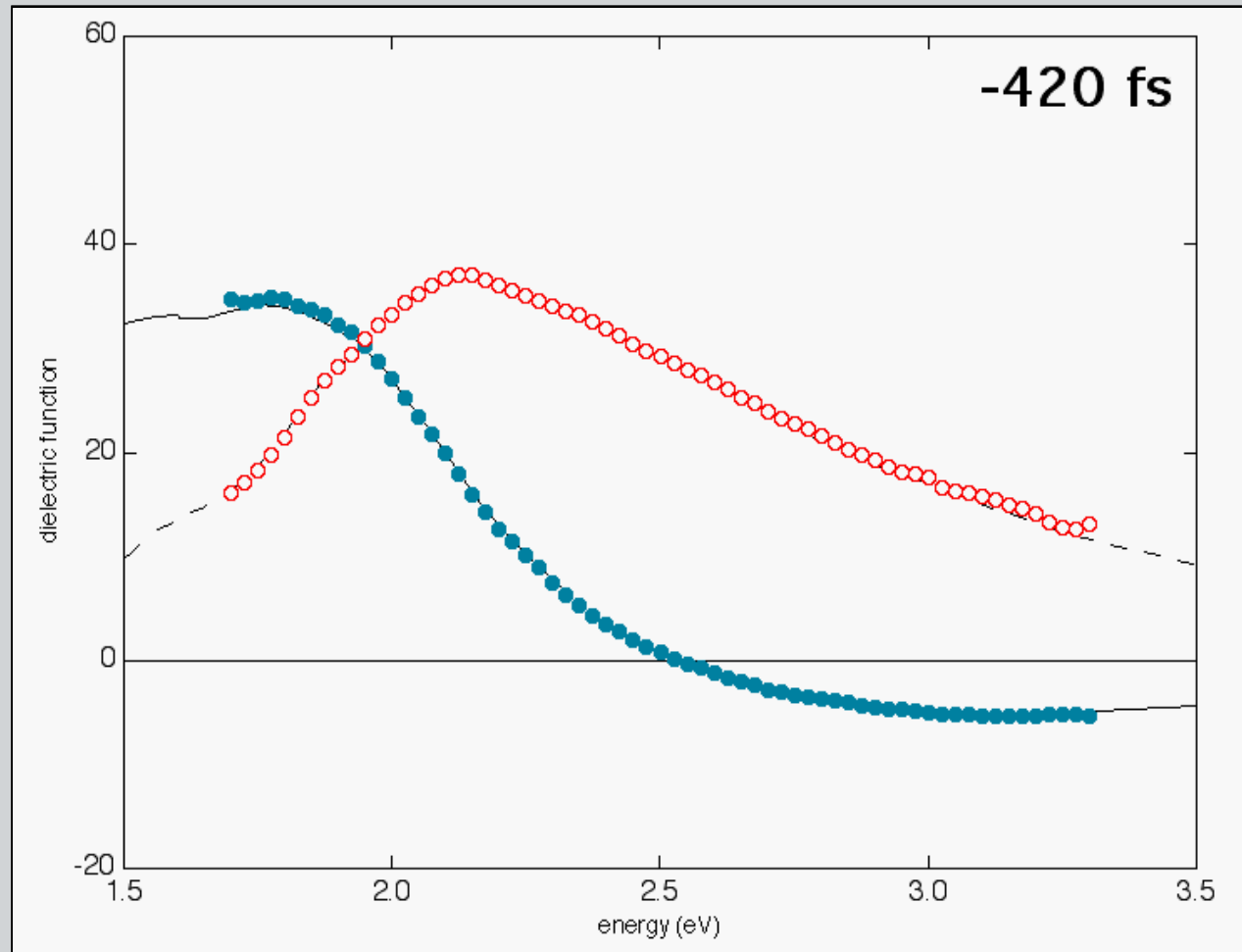
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Ο παλμός διέγερσης θέτει τα άτομα του πλέγματος σε ταλάντωση



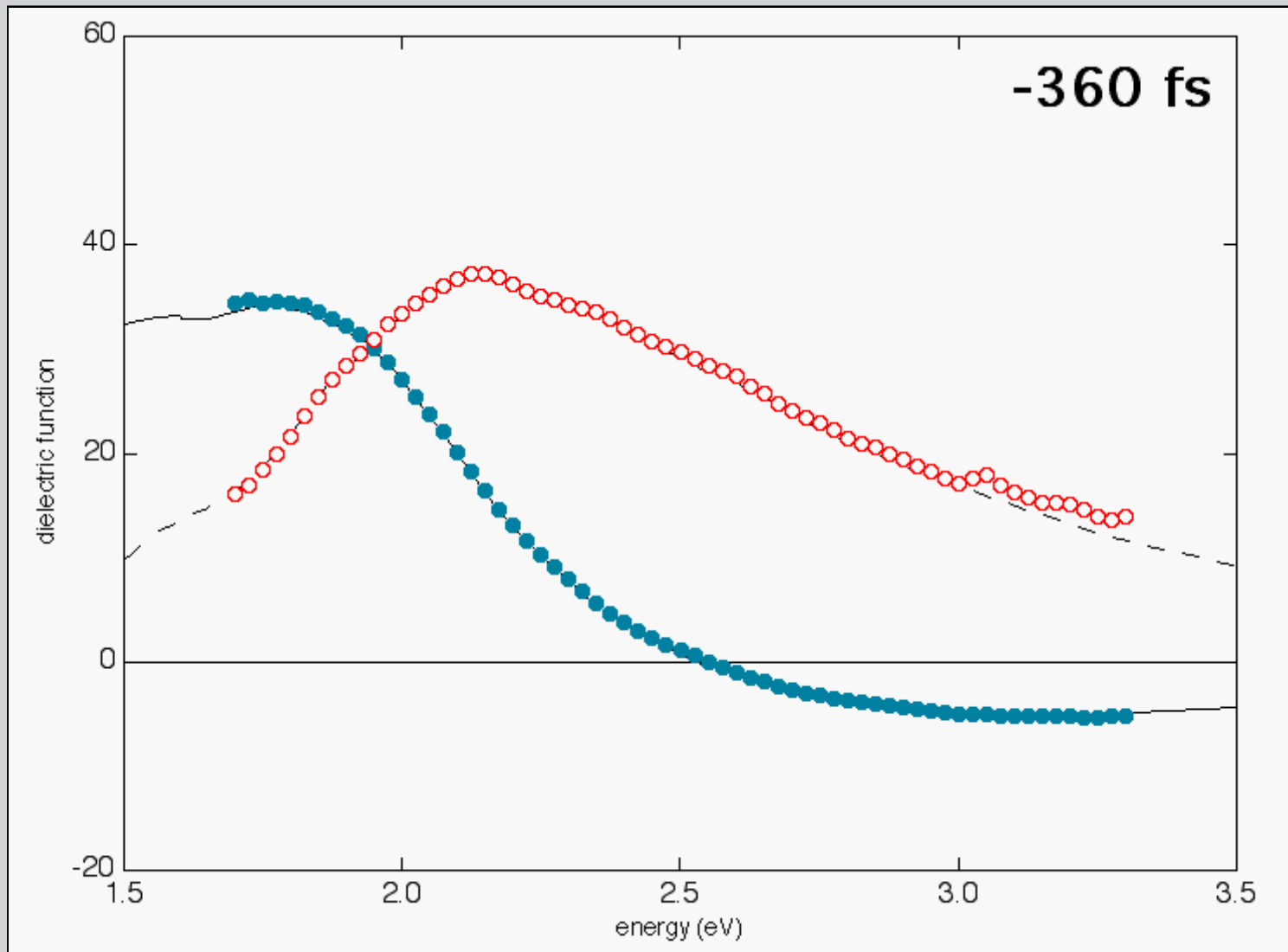
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Καταγραφή των οπτικών ιδιοτήτων του τελλουρίου με femtosecond χρονική ανάλυση



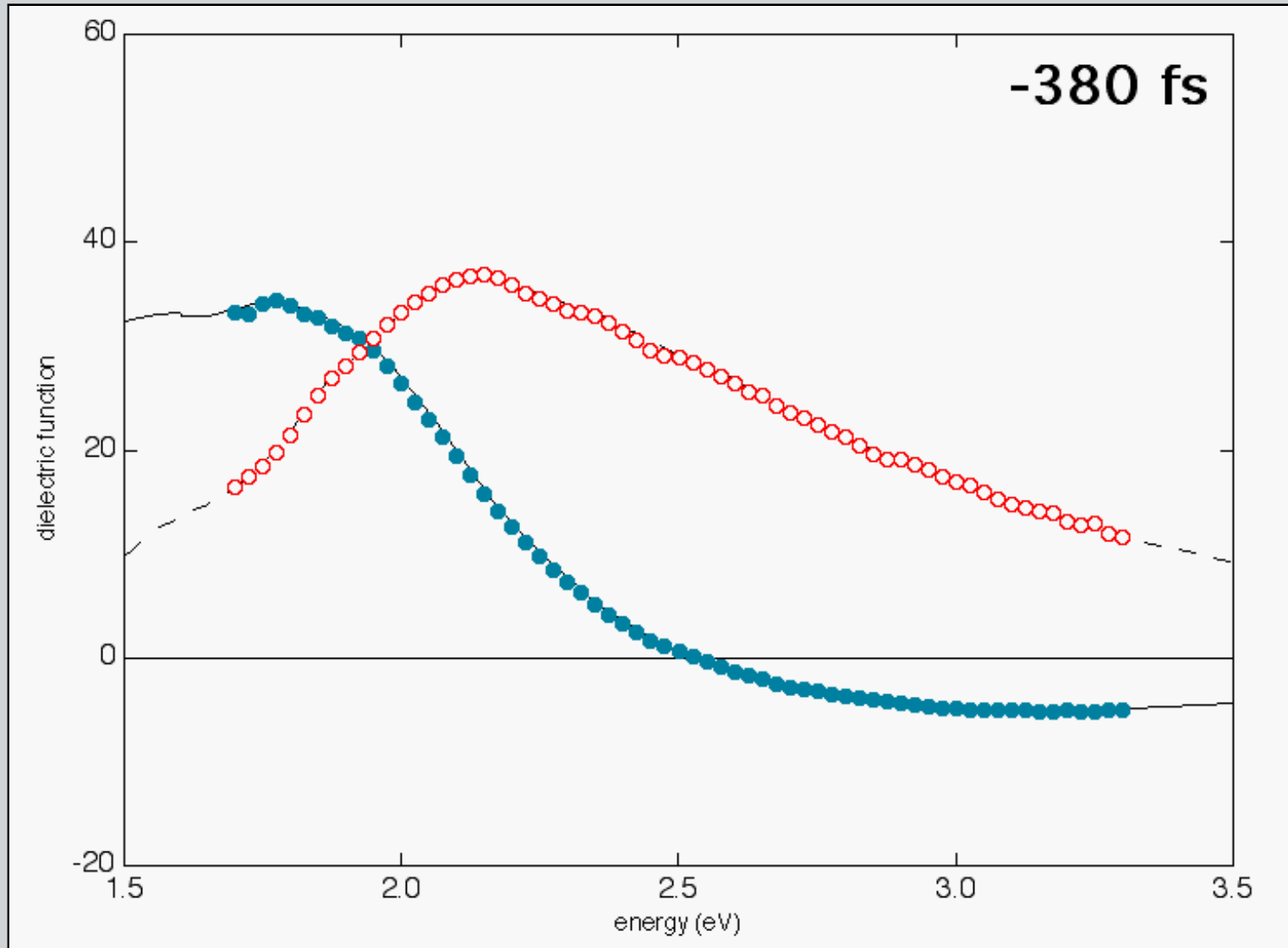
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Χρησιμοποιώντας δύο διαδοχικούς παλμούς διέγερσης ($\Delta t = 127$ fs) μπορούμε να ελέγξουμε τη θέση των ατόμων στο πλέγμα



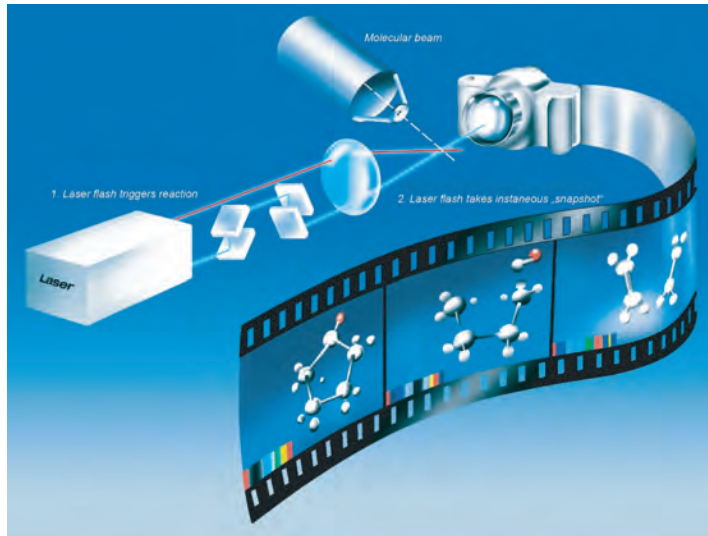
Ταλαντώσεις Πλέγματος

Δύο διαδοχικοί παλμοί διέγερσης με $\Delta t = 467$ fs



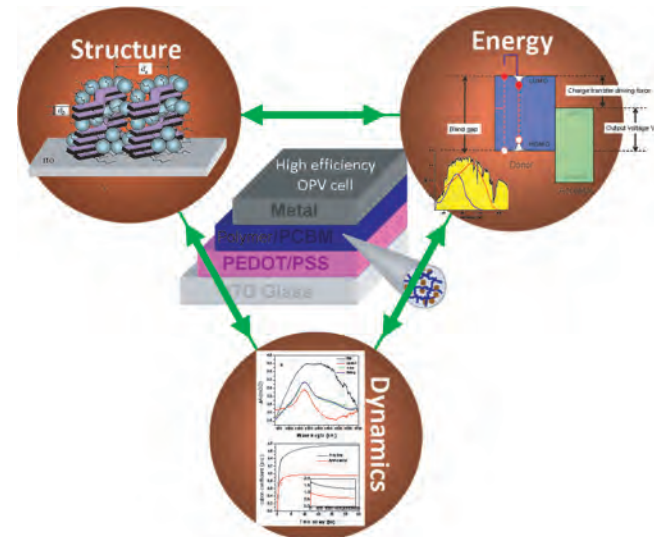
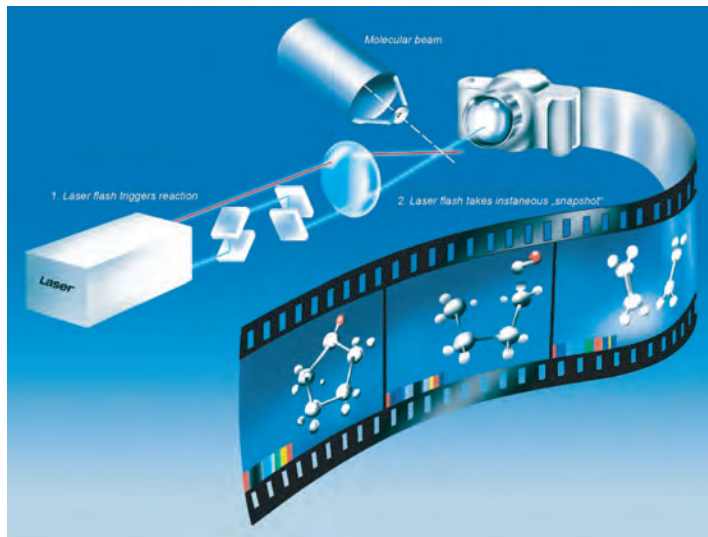
Πεδία εφαρμογών

Femtoχημεία: εξέλιξη χημικών αντιδράσεων (Nobel Χημείας, 1999)



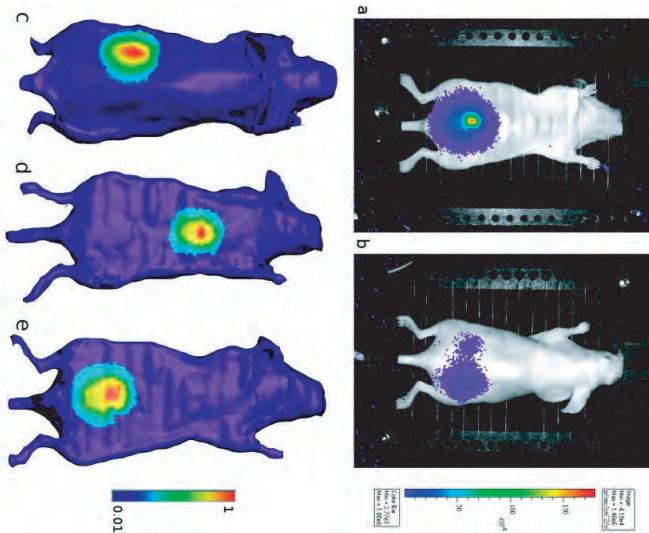
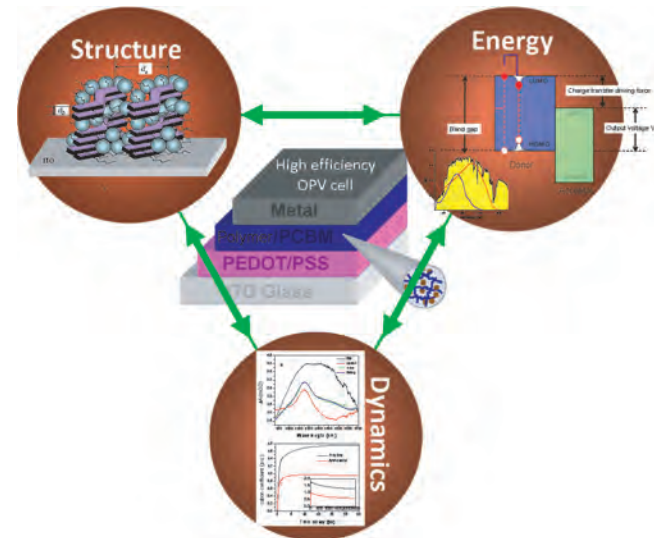
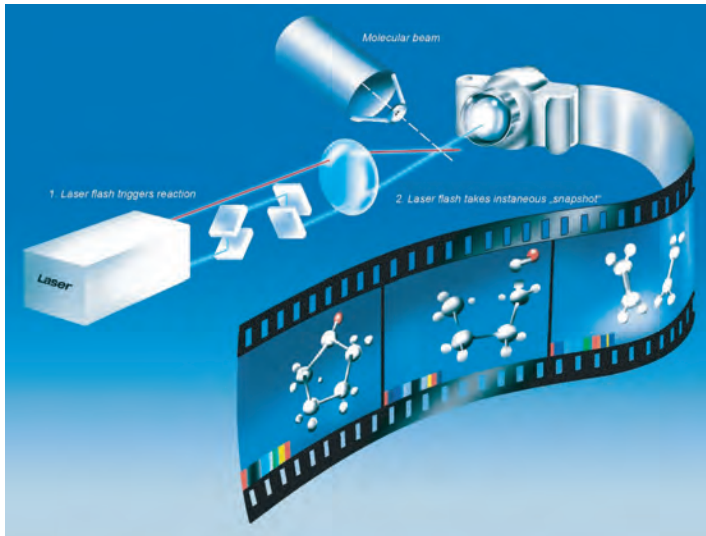
Πεδία εφαρμογών

Ενέργεια: φυσικοί μηχανισμοί φωτοβολταϊκών συστημάτων



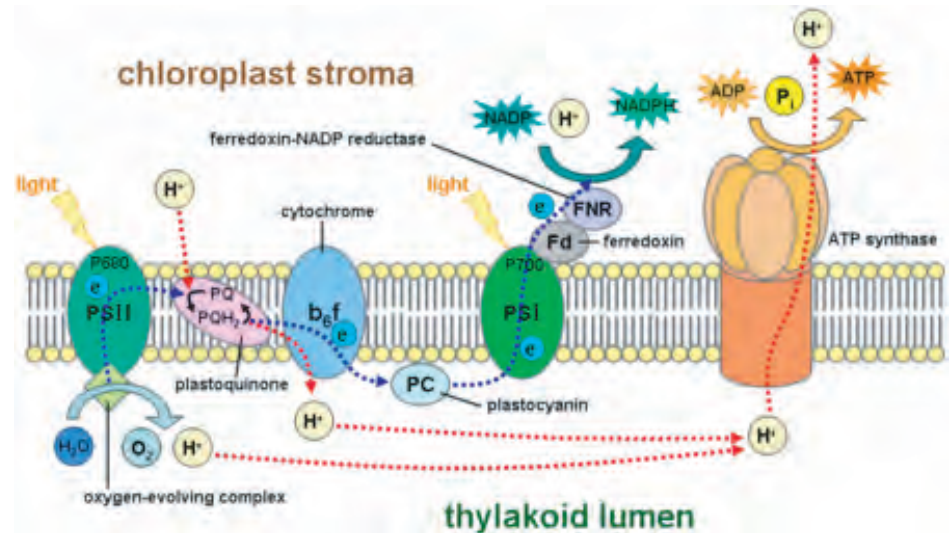
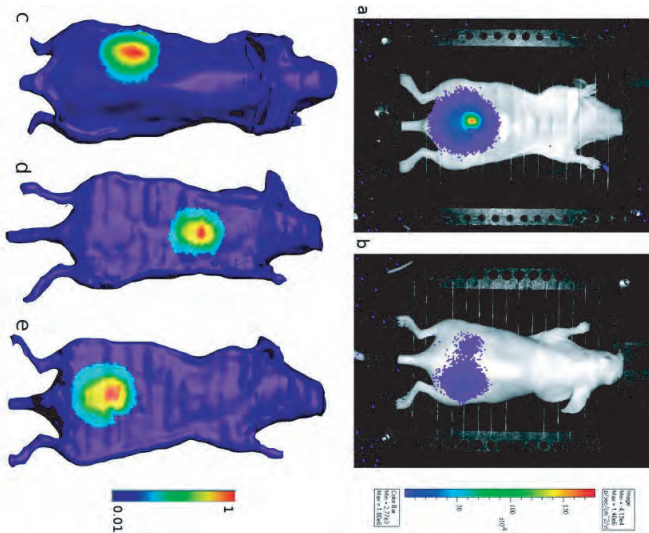
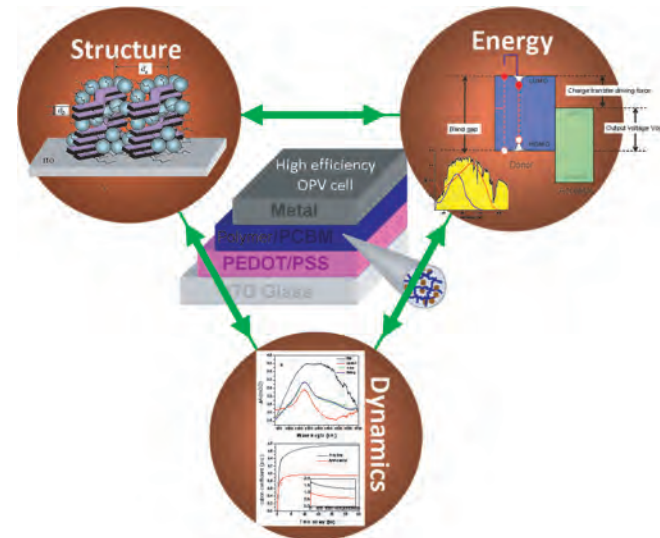
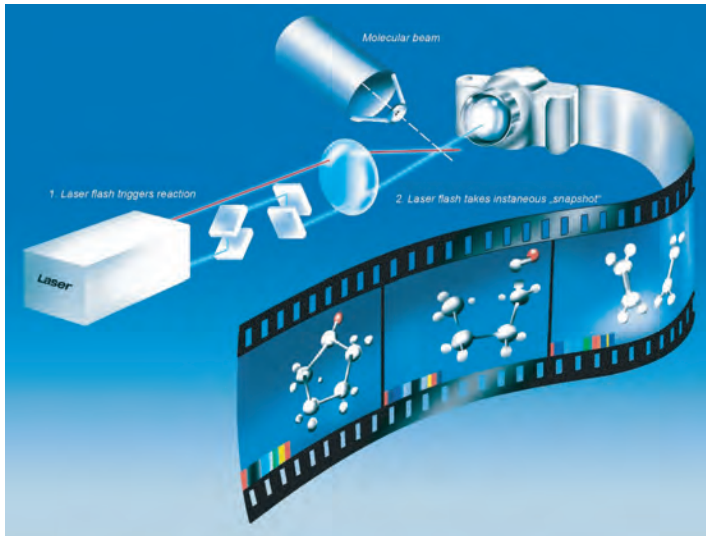
Πεδία εφαρμογών

Βιολογία: μελέτη βιολογικών διεργασιών



Πεδία εφαρμογών

Περιβάλλον: μηχανισμοί φωτοσύνθεσης



Συμπεράσματα

Παλμικά laser: τα πιο γρήγορα εργαλεία της σύγχρονης επιστήμης.

Δημιουργία, παρατήρηση και έλεγχος εξωτικών καταστάσεων της ύλης.

Εφαρμογές στην ιατρική, τη βιολογία, την τεχνολογία, την ενέργεια και το περιβάλλον.



Eric Mazur
Chris Roeser

HARVARD UNIVERSITY

Thank you

www.eie.gr