

Εισαγωγή στα **lasers**

Γ. Μήτσου

Θέματα προς ανάπτυξη

1

Η ανακάλυψη του Laser –
Βασικές έννοιες

2

Γιατί το ενδιαφέρον για τα
Lasers;

3

Μοναδικές ιδιότητες των
Lasers

4

Από που πηγάζουν αυτές οι
ιδιότητες;

5

Λειτουργία ενός απλού
Laser

6

Τύποι Laser

Η ανακάλυψη του Laser

Ο όρος λέιζερ προέρχεται από το αγγλικό ακρωνύμιο **Laser**

Light

Amplification by

Stimulated

Emission of

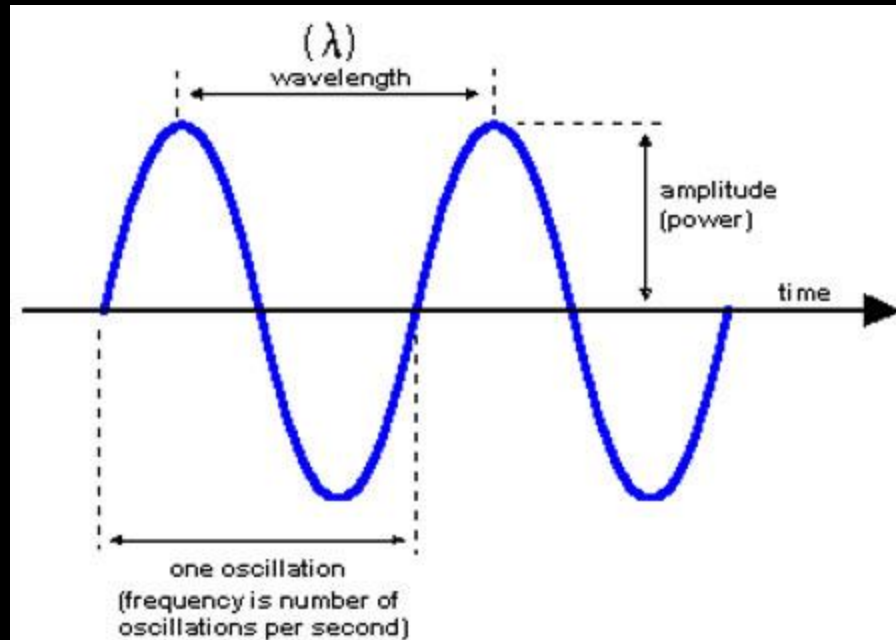
Radiation

Η ανακάλυψη του Laser

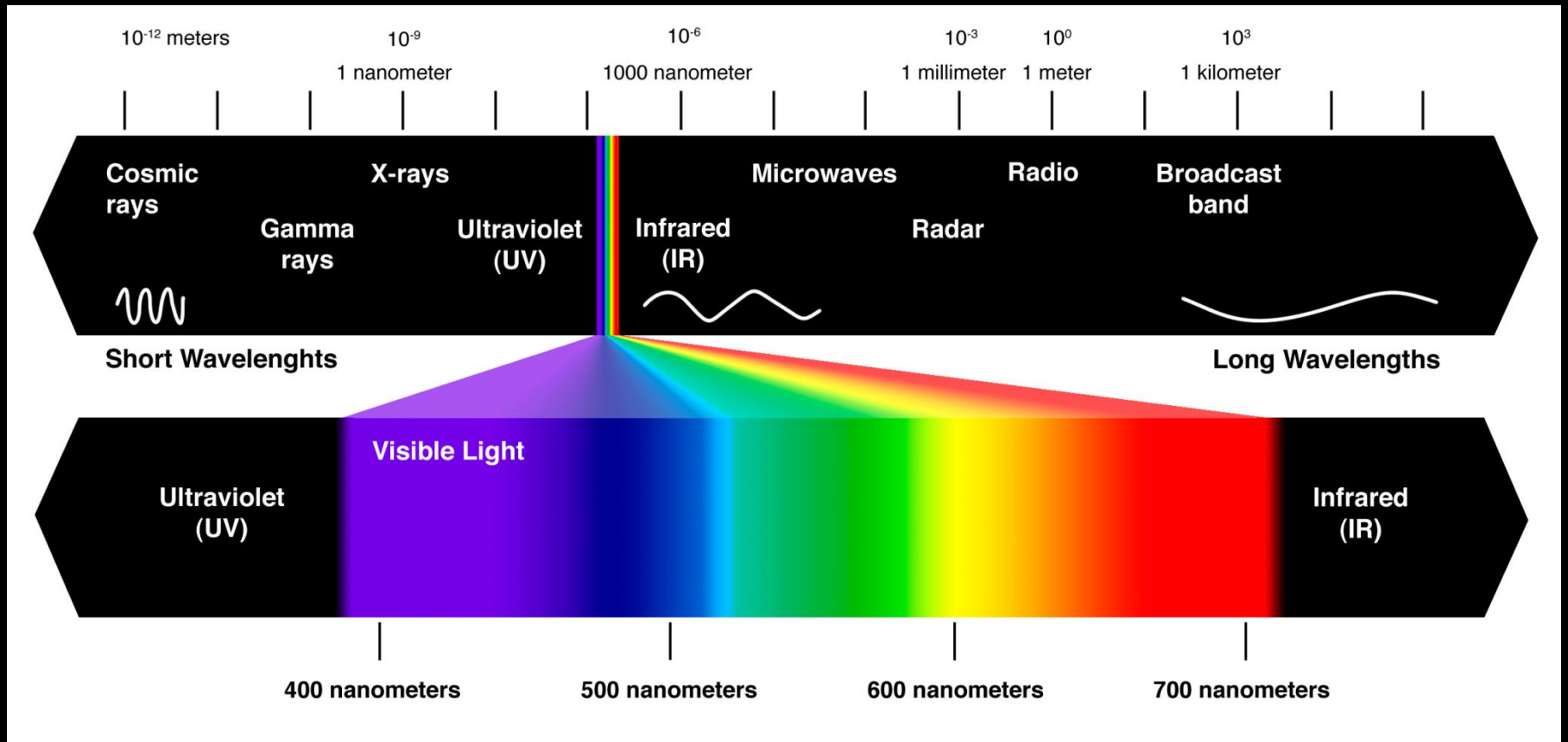


- ✓ Στις 16 Μαου 1960 γεννήθηκε το πρώτο Laser από τον **Theodore Maiman** (Laser ρουμπινίου)
- ✓ Βασίστηκε στην ιδέα του Αϊνστάιν περί της εξαναγκασμένης εκπομπής της ακτινοβολίας (1916)

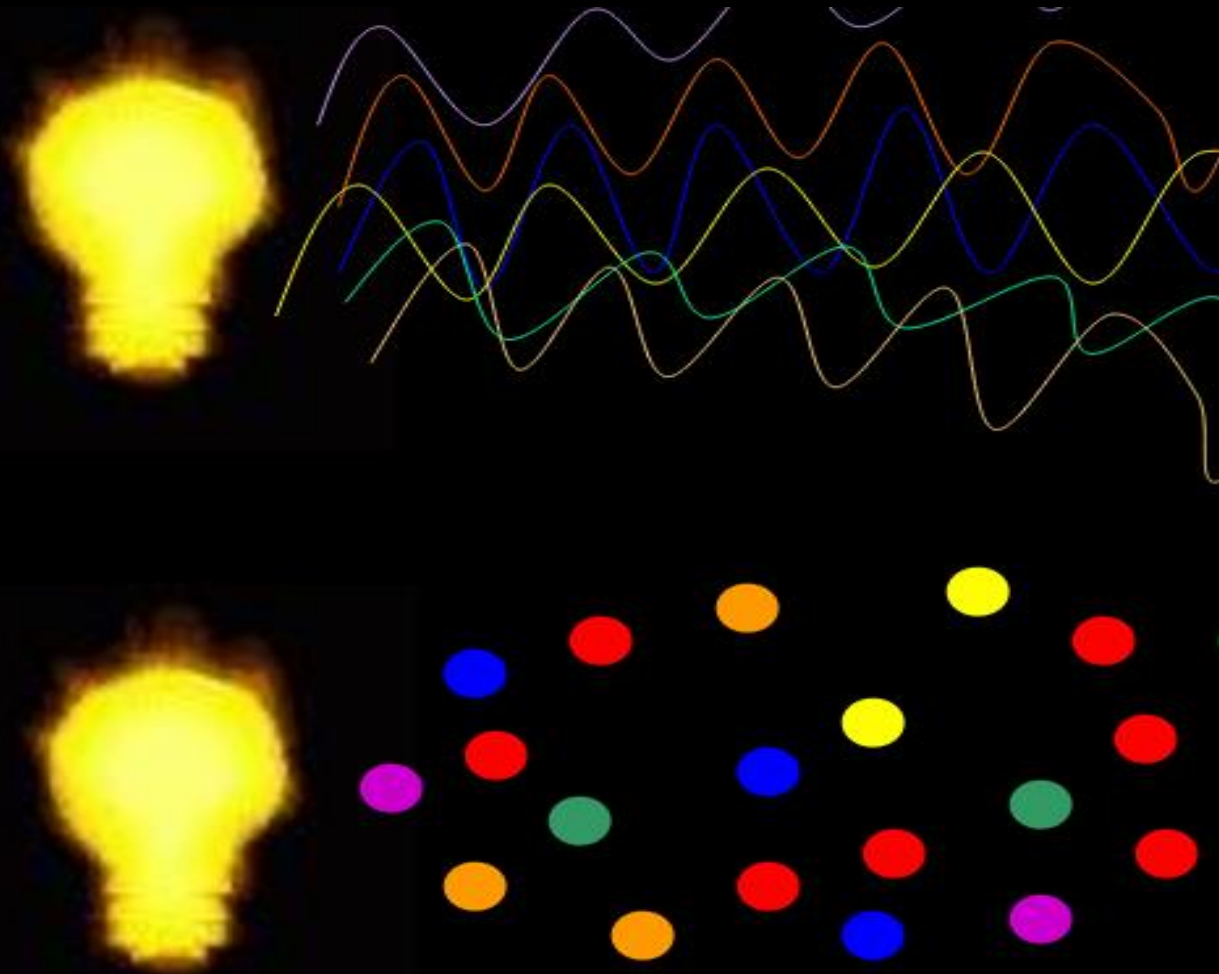
Το μήκος κύματος



Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Σωματιδιακή – Κυματική φύση του φωτός



Γιατί το ενδιαφέρον για τα Lasers;

- ☑ Έχουν μοναδικές ιδιότητες που δεν εμφανίζονται σε άλλες πηγές φωτός
- ☑ Αυτές οι ιδιότητες έχουν δημιουργήσει μια σειρά από διατάξεις που δεν υπήρχαν πριν

Παραδείγματα εφαρμογών Laser

- ✓ Εφαρμογές Ιατρικής - Αισθητικής
- ✓ Barcode readers
- ✓ CD's
- ✓ Printers
- ✓ Έγχρωμα φωτοτυπικά μηχανήματα
- ✓ Laser shows
- ✓ Ολογραφία
- ✓ 3D imaging

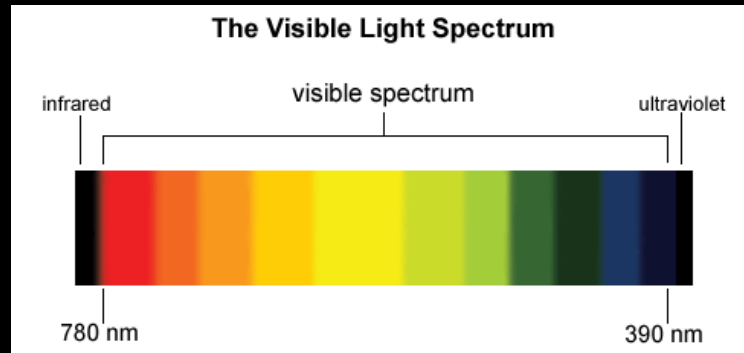
Ιδιότητες των Lasers

Ιδιότητα **1**

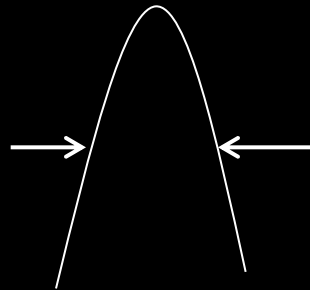
- a. Υψηλή μονοχρωματικότητα
- b. Στενό φασματικό εύρος
- c. Υψηλός βαθμός χρονικής συμφωνίας

Ιδιότητες των Lasers

περίπτωση a & b

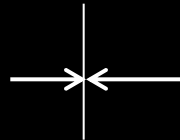


Φασματική λάμπα



0.1 A – λ ή 10GHz - f

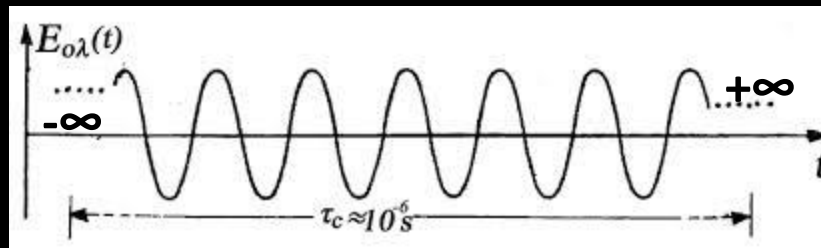
Laser



MHz → μHz , όπου $1\mu\text{Hz} = 10^{-6}\text{Hz}$

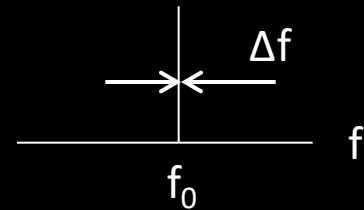
Ιδιότητες των Lasers

περίπτωση c – Χρονική Συμφωνία (temporal coherence)



Ιδανική χρονική συμφωνία

- Σταθερή συχνότητα
- Σταθερό πλάτος ταλάντωσης



$$\Delta f \rightarrow \mathbf{0} \text{ ή } \Delta \lambda \rightarrow \mathbf{0}$$

Ιδιότητες των Lasers

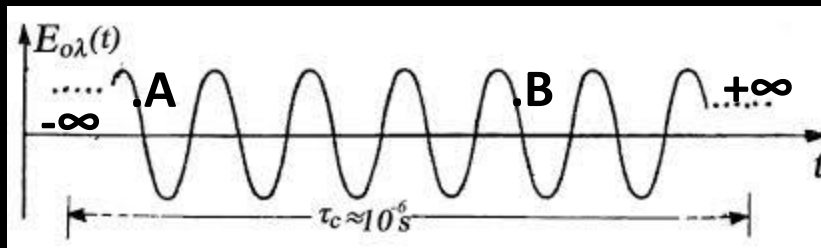
περίπτωση c – Χρονική Συμφωνία (temporal coherence)

Ιδανική χρονική συμφωνία σημαίνει:

- Χρόνος τ_c πολύ μεγάλος
- $\Delta f \approx 1/\tau_c$ πολύ μικρό
- Μπορούμε να προσδιορίσουμε το πλάτος και τη φάση σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, σε δεδομένη θέση

Ιδιότητες των Lasers

περίπτωση c – Χρονική Συμφωνία (temporal coherence)



Άπειρη συμφωνία: Αν ξέρω το πλάτος και τη φάση στο σημείο A (για παράδειγμα), μπορώ να ξέρω ακριβώς το πλάτος και τη φάση του κύματος στο σημείο B.

Ο χρόνος συμφωνίας μπορεί να προσδιοριστεί για την περιοχή που το κύμα δεν διακόπτεται

Ιδιότητες των Lasers

Ιδιότητα **2**

- a. Υψηλός βαθμός ευθυγράμμισης της δέσμης
- b. Περιορισμός της ευθυγράμμισης από φαινόμενα περίθλασης
- c. Εστίαση της δέσμης σε πολύ μικρό spot
- d. Υψηλός βαθμός **χωρικής συμφωνίας**

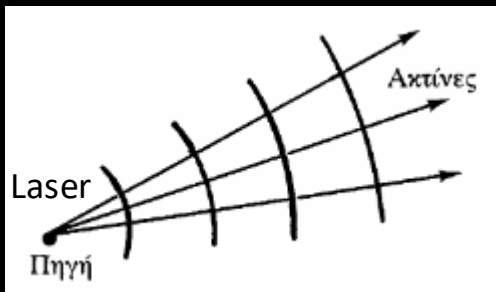
Ιδιότητες των Lasers

Περίπτωση d. **Χωρική συμφωνία** (spatial coherence)

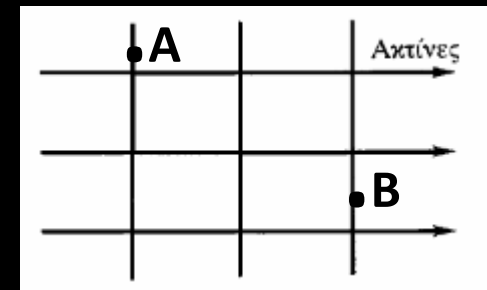
- Το κύμα συμπεριφέρεται πολύ καλά κατά τη διάδοσή του στο χώρο
- Μπορούμε να προσδιορίσουμε το πλάτος και τη φάση του σε οποιαδήποτε θέση σε δεδομένο χρόνο

Ιδιότητες των Lasers

Έστω ιδανική σημειακή πηγή



Ευθυγραμμίζω



Αν ξέρω το πλάτος και τη φάση στο A μπορώ να τα προβλέψω σε μια άλλη θέση στο χώρο (π.χ. Στο B)

Διότι:

Το μήκος κύματος είναι σταθερό και η χωρική συμπεριφορά του κύματος είναι σταθερή.

Ιδιότητες των Lasers

Ιδιότητα **3**

✓ Υψηλή ισχύς

Laser συνεχούς εκπομπής (CW): 10^{-3} watt – 10^6 watt

Παλμικά Laser: 10^9 watt (gigawatts) – 10^{18} watt (exawatts)

Ιδιότητες των Lasers

Ιδιότητα **4**

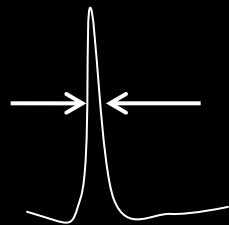
✓ Ευρεία κλίμακα συντονισμού

Μπορούμε να έχουμε εκπομπή Laser σε οποιαδήποτε συχνότητα με διάφορες τεχνικές

Ιδιότητες των Lasers

Ιδιότητα **5**

- ✓ Διαμόρφωση παλμών μικρού εύρους



nsec 10^{-9} sec

picosec 10^{-12} sec

femtosec 10^{-15} sec

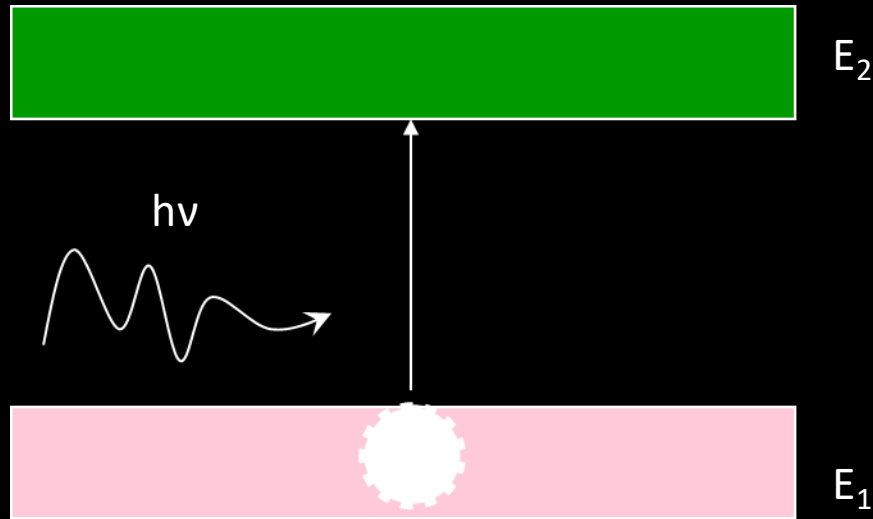
Λειτουργία ενός απλού Laser

Μηχανισμοί εκπομπής φωτός

- a. Απορρόφηση
- b. Αυθόρμητη εκπομπή
- c. Επαγόμενη ή εξαναγκασμένη εκπομπή

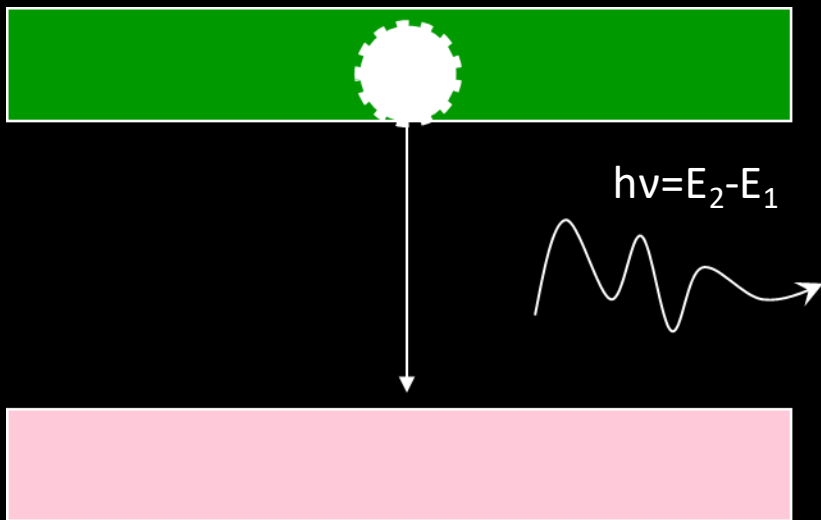
Λειτουργία ενός απλού Laser

Απορρόφηση



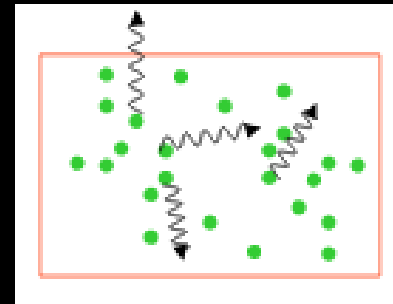
Λειτουργία ενός απλού Laser

Αυθόρμητη εκπομπή



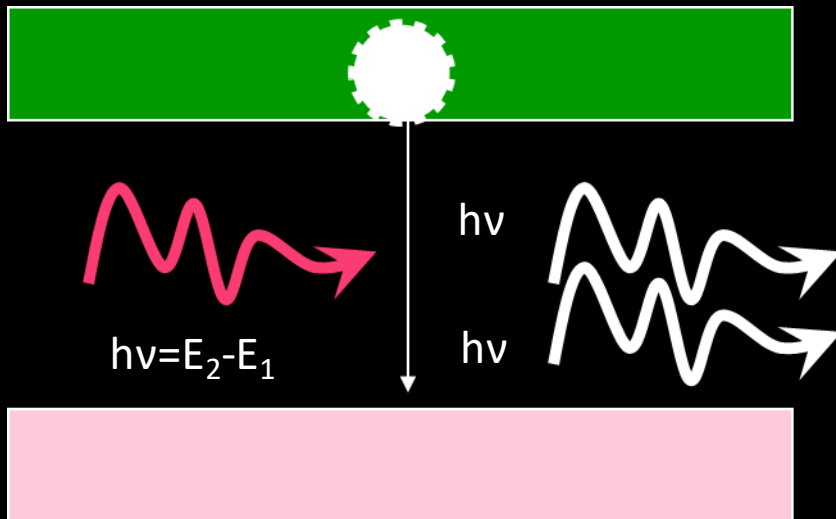
Αποδιέγερση των ατόμων

Κάθε άτομο ενός αερίου αποδιεγείρεται σε τυχαία χρονική στιγμή και η εκπομπή του φωτός γίνεται σε τυχαία διεύθυνση



Λειτουργία ενός απλού Laser

Επαγόμενη ή εξαναγκασμένη εκπομπή



Επαγόμενη ή εξαναγκασμένη αποδιέγερση των ατόμων

Εκπομπή φωτός

- Προς την ίδια κατεύθυνση
 - Ίδιας συχνότητας
 - Ίδιας φάσης (σύμφωνο φως) με το φως το οποίο προκάλεσε την Εκπομπή
- ➔ Ενίσχυση φωτός

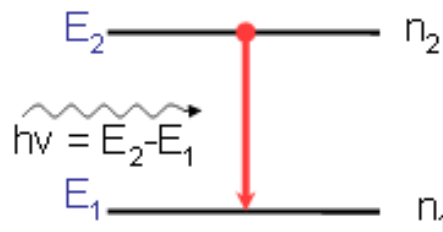
Λειτουργία ενός απλού Laser

Πιθανότητα επαγόμενης εκπομπής = πιθανότητα απορρόφησης

Πιθανότητα αυθόρμητης εκπομπής μεγαλύτερη της πιθανότητας επαγόμενης εκπομπής και της πιθανότητας απορρόφησης



υπάρχουν περισσότερα άτομα στη θεμελιώδη κατάσταση...



...εκτός εάν συμβεί αντιστροφή πληθυσμού.

Βασικά χαρακτηριστικά του Laser

Βασικά χαρακτηριστικά του LASER

Πηγή

Παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια προκειμένου να συμβεί η διέγερση (άντληση)

He – Ne : ηλεκτρική εκκένωση μεταξύ δύο ηλεκτροδίων

κρυστάλλων: λυχνία εκκένωσης αίγλης

Ενεργό μέσο

Κατάλληλο υλικό το οποίο να έχει 3 τουλάχιστον ενεργειακές στάθμες

Οπτική κοιλότητα

Δημιουργείται από δυο κάτοπτρα το ένα εκ των οποίων έχει διαπερατότητα ~2%

Λειτουργεί ως «αντηχείο» για το φωτεινό κύμα και το ενισχύει



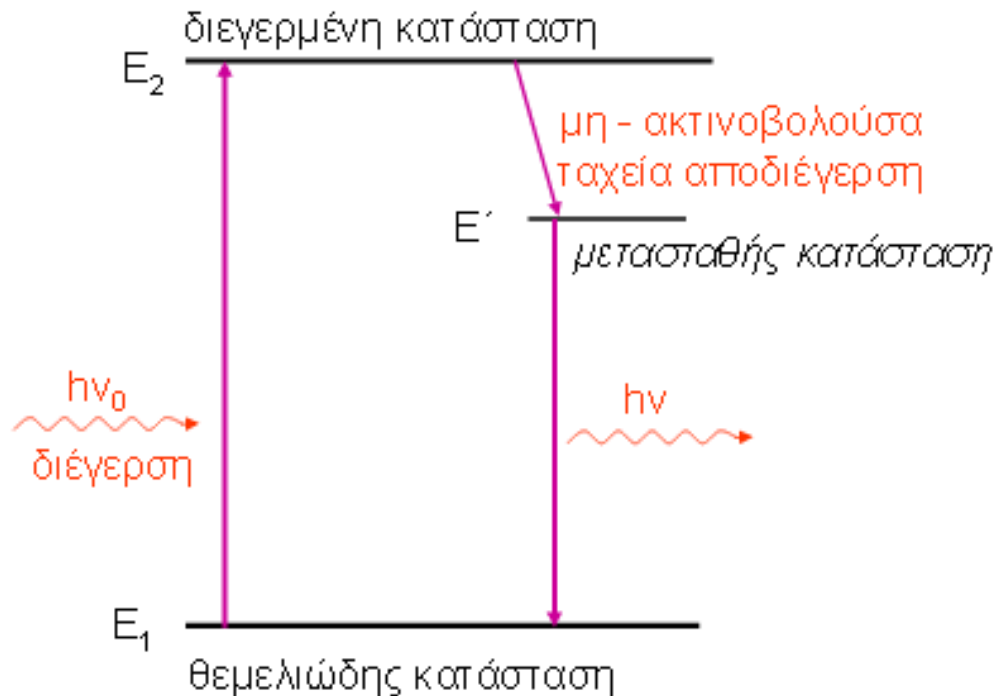
Βασικά χαρακτηριστικά του Laser

Βασικά χαρακτηριστικά του LASER

Ενεργό μέσο

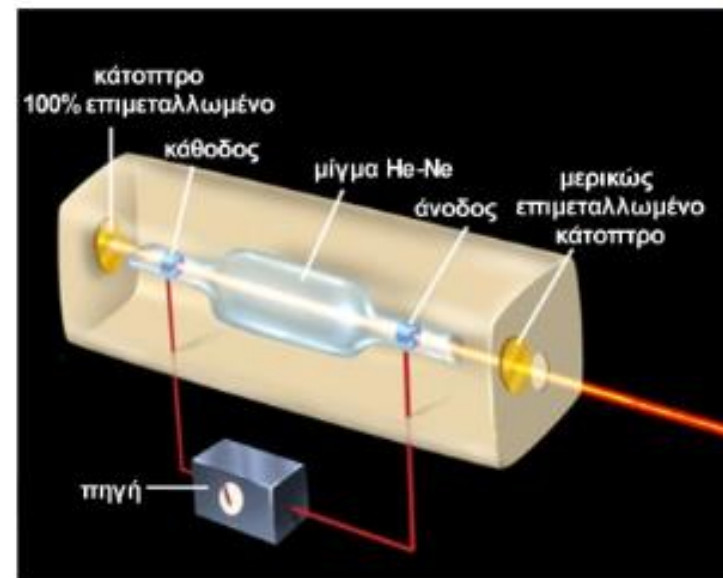
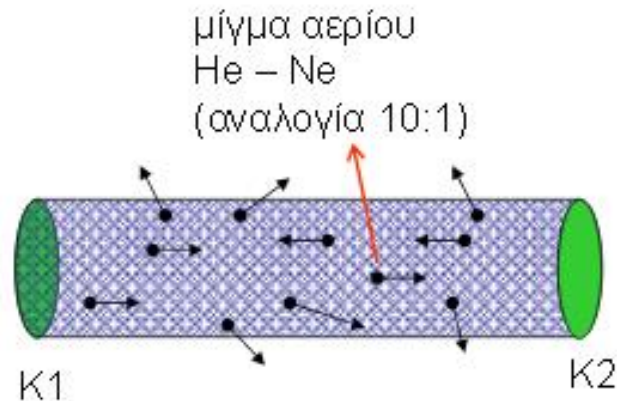
Κατάλληλο υλικό το οποίο να έχει 3 τουλάχιστον ενεργειακές στάθμες

Ο χρόνος ζωής της μετασταθούς κατάστασης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το χρόνο της διεγερμένης



Βασικά χαρακτηριστικά του Laser

LASER He - Ne



- Εξωτερική πηγή (ηλεκτρική) δημιουργεί ηλεκτρική εκκένωση και διεγείρει τα άτομα
- Διέγερση των ατόμων Ne με τις κρούσεις με τα άτομα He από τη σθάμνη 1 στη 2
- Μετά από $\sim 10^{-7}$ sec αποδιεγείρονται ($2 \rightarrow 1$) και εκπέμπουν φως
- Μόνο το φως που εκπέμπεται κατά μήκος του άξονα του κυλίνδρου ενισχύεται (με διαδοχικές ανακλάσεις στα δύο κάτοπτρα)
- Η παλινδρόμηση του φωτός κατά μήκος του άξονα του κυλίνδρου οδηγεί στην ενίσχυση της ακτινοβολίας