



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



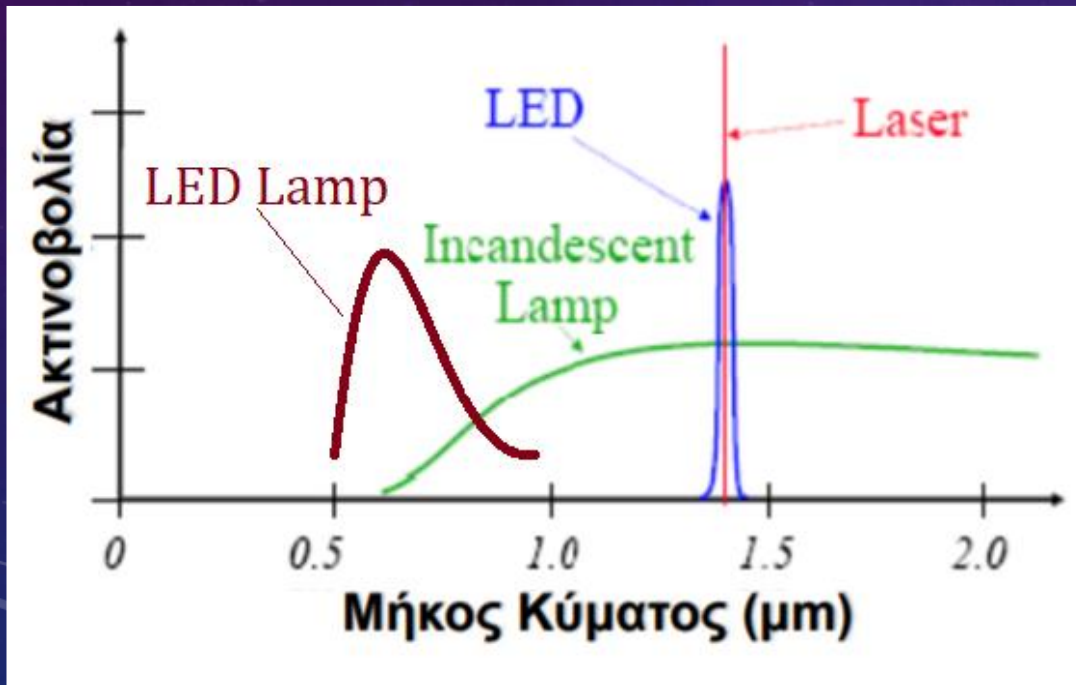
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οπτικές επικοινωνίες – κυματοδηγοί

Διδάσκων: Τσορμπατζόγλου Ανδρέας

Είδη οπτικών πηγών

- Πηγές μεγάλου εύρους οπτικού φάσματος (λάμπες πυρακτώσεως)
- Πηγές οπτικού φάσματος (λάμπες LED)
- Μονοχρωματικές ασύμφωνες πηγές LED (Light emitting diodes)
- Μονοχρωματικές (ενός μήκους κύματος) σύμφωνες πηγές LASER (Light Amplification by stimulated Emission of radiation)



Σύμφωνο ονομάζεται το φως που έχει:

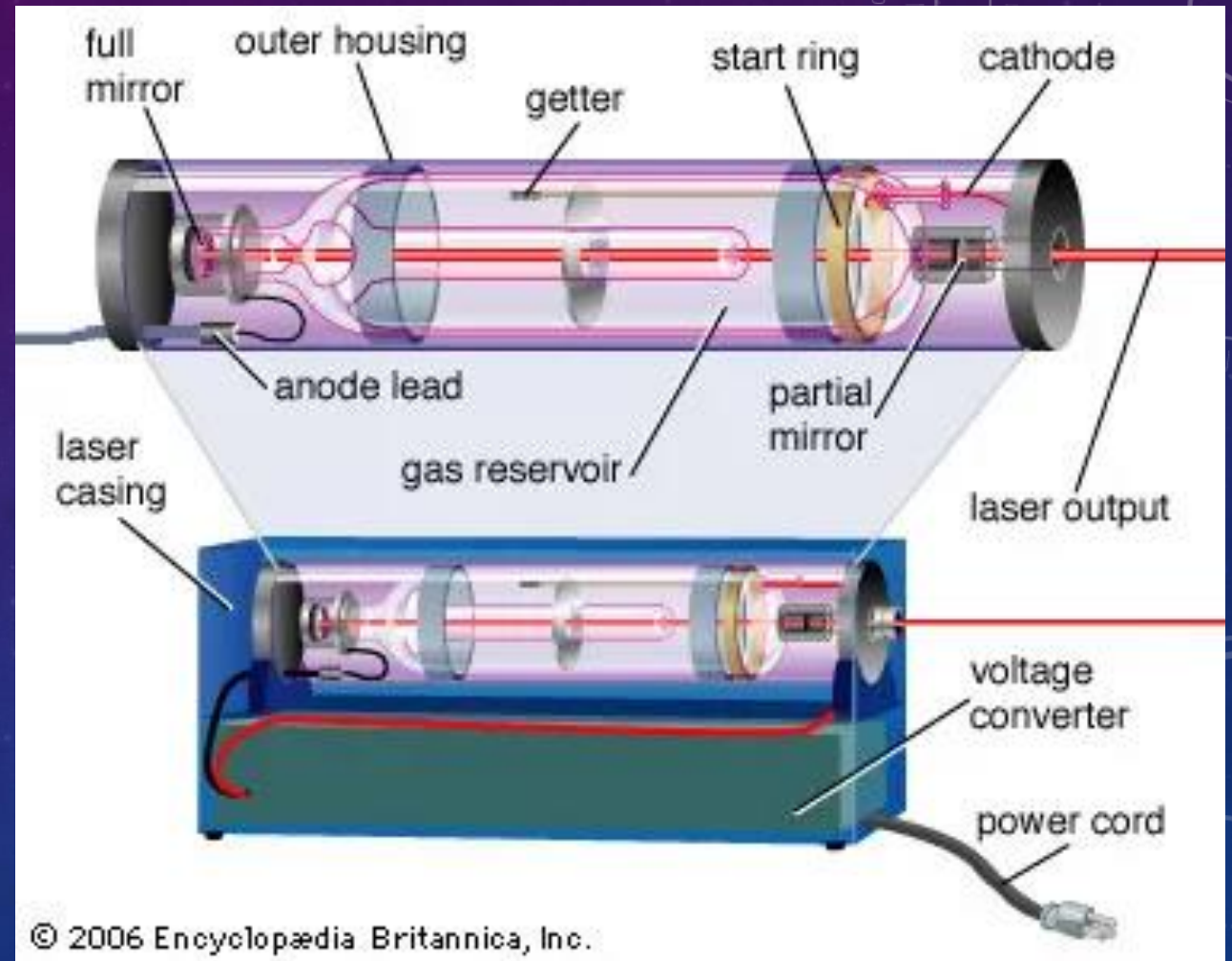
- Ίδια κατεύθυνση
- Ίδια φάση
- Ίδια πόλωση

LASER - αναδρομή

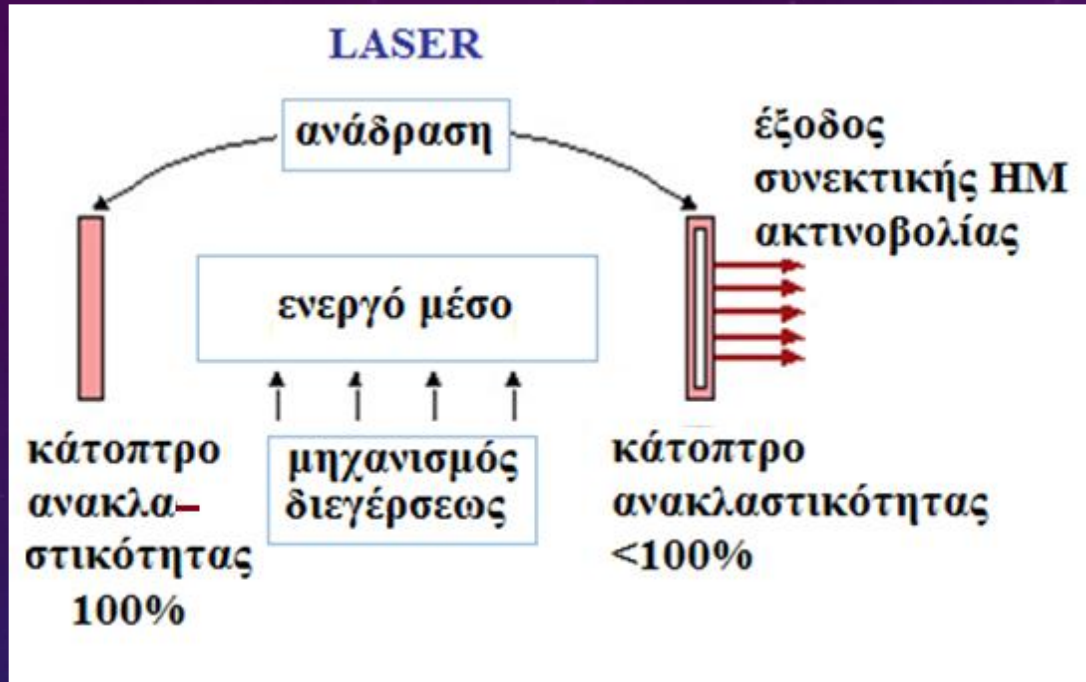
- Το LASER στηρίζεται σε ιδέες του Einstein που δημοσιεύτηκαν στα 1916-1917.
- Δεκαετίες μετά (1950-1960), κατόπιν διεθνών προσπαθειών πολλών επιφανών και μη φυσικών, κατασκευάστηκαν τα πρώτα MASER και LASER.
- Το 1964 οι Charles Townes, Nikolay Basov, Aleksandr Prokhorov μοιράστηκαν το Βραβείο Νόμπελ Φυσικής «για θεμελιώδες έργο στο πεδίο της κβαντικής ηλεκτρονικής, έργο που οδήγησε στην κατασκευή ταλαντωτών και ενισχυτών βασισμένων στην αρχή λειτουργίας των MASER-LASER».
- Τα πρώτα laser χαρακτηρίστηκαν ακόμα και ως **λύση σε αναζήτηση προβλήματος**, αλλά σήμερα τα LASER χρησιμοποιούνται σε ιατρική, επικοινωνίες, καθημερινή ζωή, στρατό, βιομηχανία, κοσμετική, κ.ο.κ.

LASER - εισαγωγή

- Το LASER είναι μια διάταξη που μετατρέπει ενέργεια από άλλες μορφές σε συνεκτική ΗΜ ακτινοβολία
- Εισερχόμενη ενέργεια: ΗΜ ακτινοβολία, ηλεκτρική ενέργεια, χημική ενέργεια κλπ
- Εξερχόμενη ενέργεια: συνεκτική ΗΜ ακτινοβολία

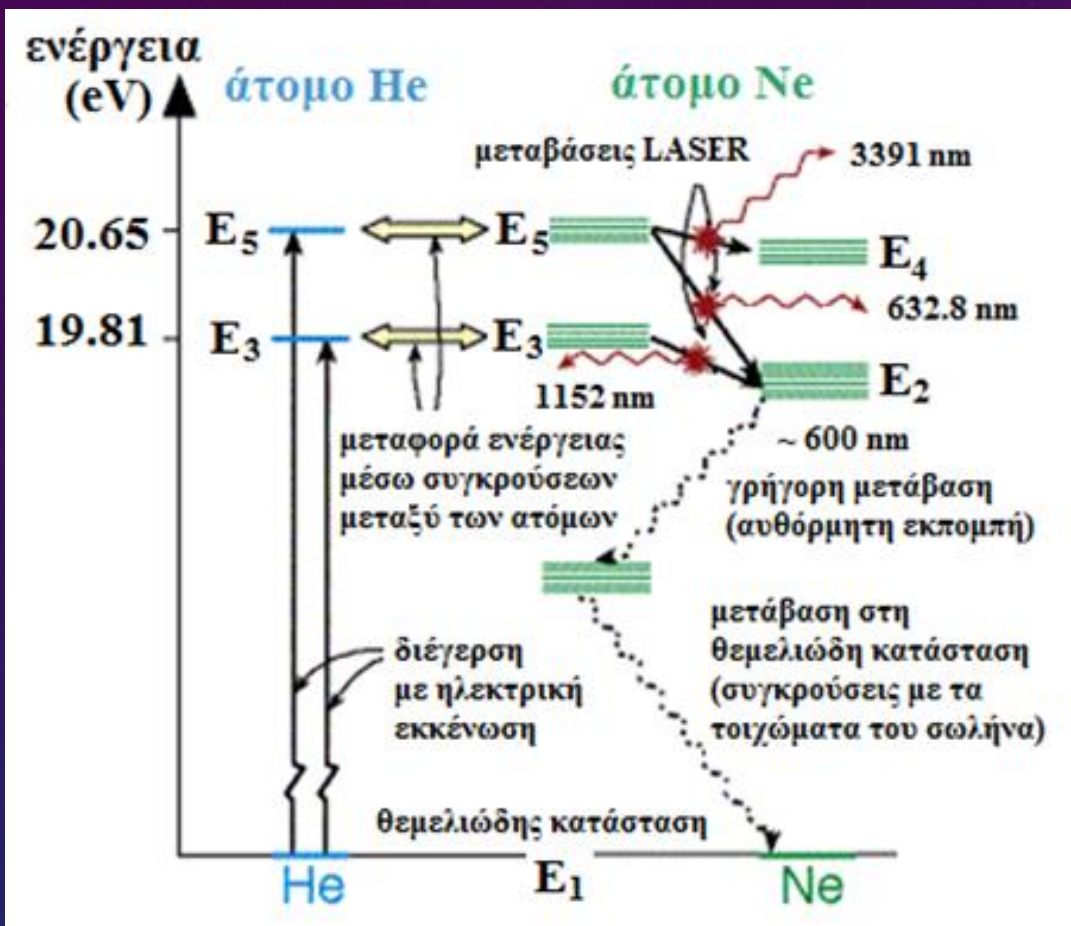


LASER - εισαγωγή



- **Ενεργό Μέσο (active medium):** συλλογή δομικών στοιχείων (ατόμων, μορίων, ...).
 - **Κοιλότητα (cavity):** ο χώρος όπου περιορίζεται το ενεργό μέσο, π.χ. γυάλινος σωλήνας.
 - **Στάσιμα κύματα** στη διεύθυνση των κατόπτρων (παράλληλα στον «οπτικό άξονα» π.χ. z).
 - Η απόσταση των κατόπτρων L καθορίζει τους επιτρεπόμενους **τρόπους (modes)** της ΗΜ ακτινοβολίας δηλαδή τα ω_m . Είναι οι λεγόμενοι **διαμήκεις τρόποι (longitudinal modes)**.
- Οι **εγκάρσιοι τρόποι (transverse modes)** που δημιουργούνται από το εύρος της κοιλότητας καθορίζουν την κατανομή της ενέργειας κατά μήκος και πλάτος της διατομής (π.χ. κάθετα στον «οπτικό άξονα» π.χ. στο επίπεδο xy).

Helium – Neon LASER



Μηχανισμός διεγέρσεως:

ηλεκτρική εκκένωση \Rightarrow επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια διεγείρουν άτομα He και Ne. Μετά τα άτομα He διεγείρουν άτομα Ne.

Ενεργό μέσο αέριο Νέον (Ne)

LASER 4 ενεργειακών σταθμών

Επιτρεπόμενες μεταβάσεις:

Κύρια ορατή μετάβαση $E_5 \Rightarrow E_2$ ερυθρό 632.8 nm

υπέρυθρη μετάβαση $E_3 \Rightarrow E_2$ 1.152 μm

υπέρυθρη μετάβαση $E_5 \Rightarrow E_4$ 3.391 μm

Αναλογία ατόμων He - Ne περίπου 10 προς 1

Το αέριο He στο laser He-Ne αυξάνει την απόδοση

Δύο μετασταθείς ενεργειακές στάθμες (meta-stable energy levels) δρουν ως άνω στάθμες: E_5 και E_3 .

Ερυθρό φως από He-Ne Laser

- Η λύση στο πρόβλημα αυτό, δηλαδή στην εκπομπή φωτός σε μη επιθυμητά μήκη κύματος, είναι η **χρήση μιας ειδικής επενδύσεως των κατόπτρων** ώστε να ανακλούν μόνο το ερυθρό φως. Έτσι, το ερυθρό φως ανακλάται εντός της κοιλότητας και τα φωτόνια του **πολλαπλασιάζονται μέσω εξαναγκασμένης εκπομπής μεταξύ των E_5 και E_2** , ενώ τα φωτόνια άλλων μηκών κύματος διαπερνούν τα κάτοπτρα χωρίς να αναγκάζονται να περνούν διαρκώς μέσα από το ενεργό μέσο.
- Με παρόμοιο τρόπο μπορούν να ενισχυθούν άλλα μήκη κύματος. Με αυτό τον τρόπο υπάρχουν σήμερα και **πορτοκαλί, κίτρινα** και **πράσινα** LASERS He-Ne χρησιμοποιώντας μεταβάσεις που δεν παρουσιάστηκαν στη βασική εικόνα.
- Όμως μεγαλύτερη απόδοση έχει το **ερυθρό 632.8 nm** laser He-Ne.

Απώλειες και ενίσχυση

Η ενίσχυση της ακτινοβολίας οφείλεται στην **εξαναγκασμένη εκπομπή**. Σε ένα σύνηθες LASER He-Ne η ενίσχυση του ενεργού μέσου είναι **περίπου 2%**: Δηλαδή σε ένα πέρασμα από το ενεργό μέσο (από το ένα κάτοπτρο στο άλλο) η ποσότητα ακτινοβολίας αυξάνεται **από 1 σε 1.02**.

Οι απώλειες οφείλονται σε κρούσεις των διεγερμένων ατόμων He με τους τοίχους του σωλήνα που περιέχει το αέριο, απορρόφηση από άλλα μόρια κλπ. **Θα πρέπει να είναι κάτω από 2%**.

- ✓ Πρέπει ο χρόνος ζωής των κατωτέρων laser ενεργειακών σταθμών (δηλαδή αυτών που συμμετέχουν στο lasing) να είναι πολύ μικρός, ώστε να έχουμε αναστροφή πληθυσμού (οι διεγερμένες στάθμες να γίνουν πιο πολλές από τις βασικές).

Απώλειες και ενίσχυση

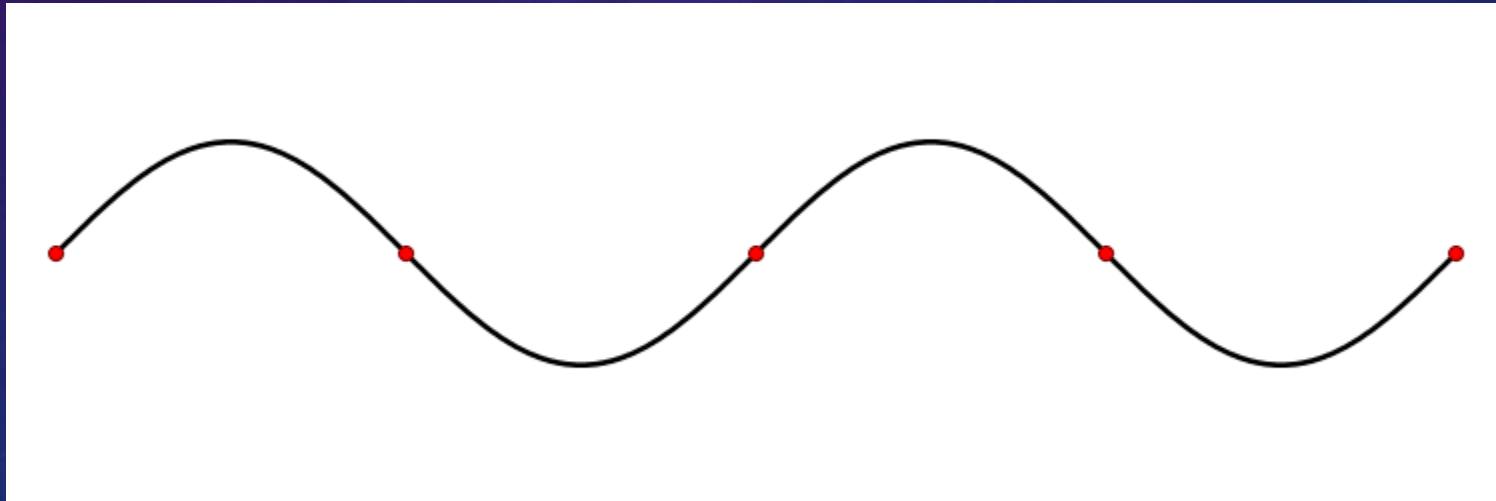
Στο αέριο Ne, το οποίο είναι το ενεργό μέσο, η μετάπτωση από την κατώτερη LASER ενεργειακή στάθμη δεν είναι πολύ γρήγορη, αλλά επιταχύνεται μέσω κρούσεων με τα τοιχώματα του σωλήνα. Επειδή ο αριθμός των κρούσεων με τα τοιχώματα του σωλήνα αυξάνεται καθώς ο σωλήνας γίνεται μικρότερος, το LASER gain είναι αντιστρόφως ανάλογο με την ακτίνα του σωλήνα.

Άρα η ακτίνα του σωλήνα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

- Lab laser output power ~ 100 mW.
- Commercial laser output power $\sim 0.5-50$ mW.
- Επειδή το ένα κάτοπτρο αφήνει να περάσει μόνο από το 1% της ακτινοβολίας, η ισχύς εντός της κοιλότητας είναι 100 φορές μεγαλύτερη από την εκπεμπόμενη ισχύ.

Στάσιμα κύματα μέσα στην κοιλότητα

Προκειμένου το λέιζερ να λειτουργεί σε συγκεκριμένο μήκος κύματος, **η απόσταση μεταξύ των κατόπτρων της κοιλότητας του λέιζερ πρέπει να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος του φωτός.** Αυτό δημιουργεί μια κατάσταση συντονισμού στην οποία τα κύματα φωτός αντανακλώνται εμπρός και πίσω μεταξύ των καθρεφτών και παρεμβάλλονται εποικοδομητικά, δημιουργώντας ένα μοτίβο στάσιμων κυμάτων στην κοιλότητα. Η συχνότητα του στάσιμου κύματος καθορίζεται από την απόσταση μεταξύ των κατόπτρων και την ταχύτητα του φωτός στο μέσο μεταξύ τους.



Ερωτήσεις

- Ποια είναι τα βασικά είδη οπτικών πηγών;
- Ποιο φως ονομάζεται σύμφωνο;
- Ποιο είδος οπτικής πηγής παράγει μονοχρωματικό φως;
- Σε τι είδος ακτινοβολίας μετατρέπει το LASER την ενέργεια παροχής;
- Ποια ενεργειακή μετάβαση παράγει το ερυθρό χρώμα σε ένα laser He-Ne;
- Μέσα σε ένα Laser He-Ne πώς αποφεύγω την παραγωγή μη επιθυμητών μηκών κύματος;
- Ποια πρέπει να είναι η απόσταση μεταξύ των κατόπτρων της κοιλότητας του laser He-Ne;