

# Ατομική Δομή LASER

Τροχιές ηλεκτρονίων

Ατομικά Φάσματα

Άτομο Bohr

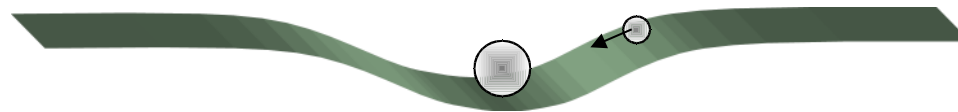
Ενεργειακά Επίπεδα και Φάσματα

Αρχή της Αντιστοιχίας

Πυρηνική Κίνηση

Ατομική Διέγερση

Laser



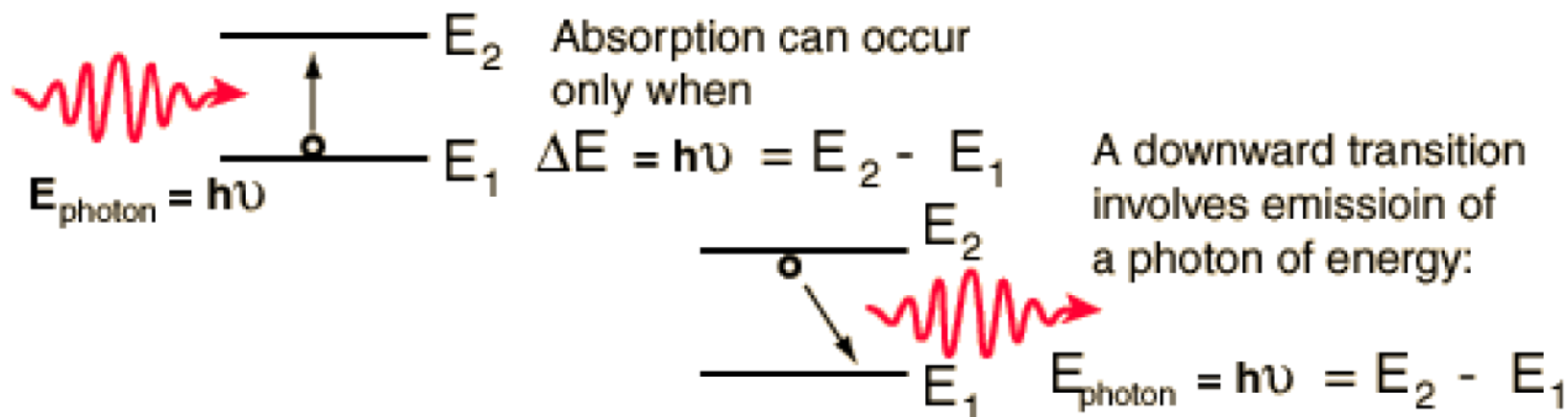
# Διέγερση των ατόμων

Δύο είναι οι βασικοί μηχανισμοί διέγερσης. Ενός ατόμου από τη βασική σε μία διεγερμένη κατάσταση.

**Μέσω σύγκρουσης** με ένα άλλο σωματίο κατά τη διάρκεια της οποίας μέρος της κινητικής ενέργειας των δύο απορροφάται από το άτομο.

**Μέσω ηλεκτρικής εκκένωσης**

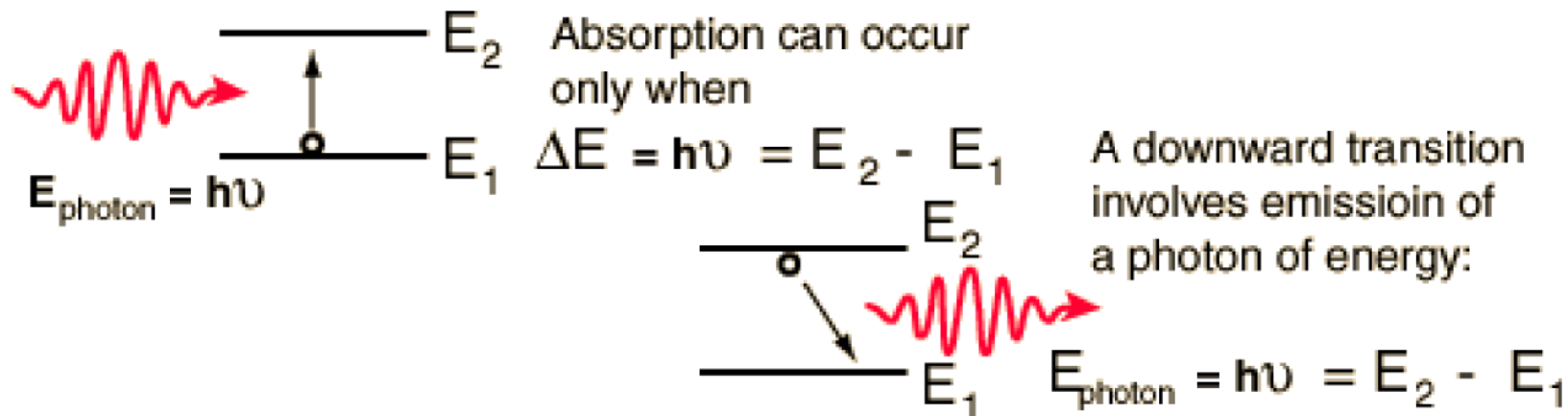
Ένα άτομο που διεγείρεται θα επιστρέψει στη βασική του κατάσταση σε  $10^{-8}$  sec εκπέμποντας ένα φωτόνιο ενέργειας όση η ενεργειακή διαφορά των σταθμών.



# Είδη μεταπτώσεων

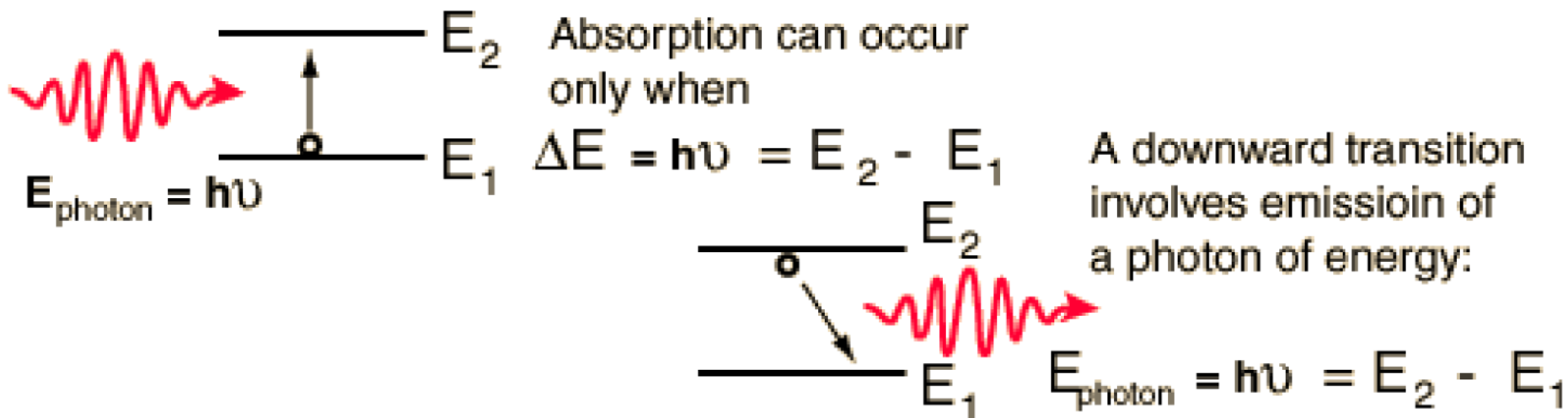
Κβαντικές διαδικασίες κυριαρχούν στους τομείς της ατομικής και μοριακής φυσικής. Τα χαρακτηριστικά της απορρόφησης, εκπομπής, και εξαναγκασμένης εκπομπής είναι σημαντικά για την κατανόηση των λέιζερ και των εφαρμογών τους.

Ατομικές μεταβάσεις που εκπέμπουν ή απορροφούν το ορατό φως είναι γενικά ηλεκτρονικές μεταβάσεις, τα οποία μπορούν να απεικονίζονται με όρους μεταπήδησης ηλεκτρονίων μεταξύ κβαντισμένων ατομικών ενεργειακών επιπέδων



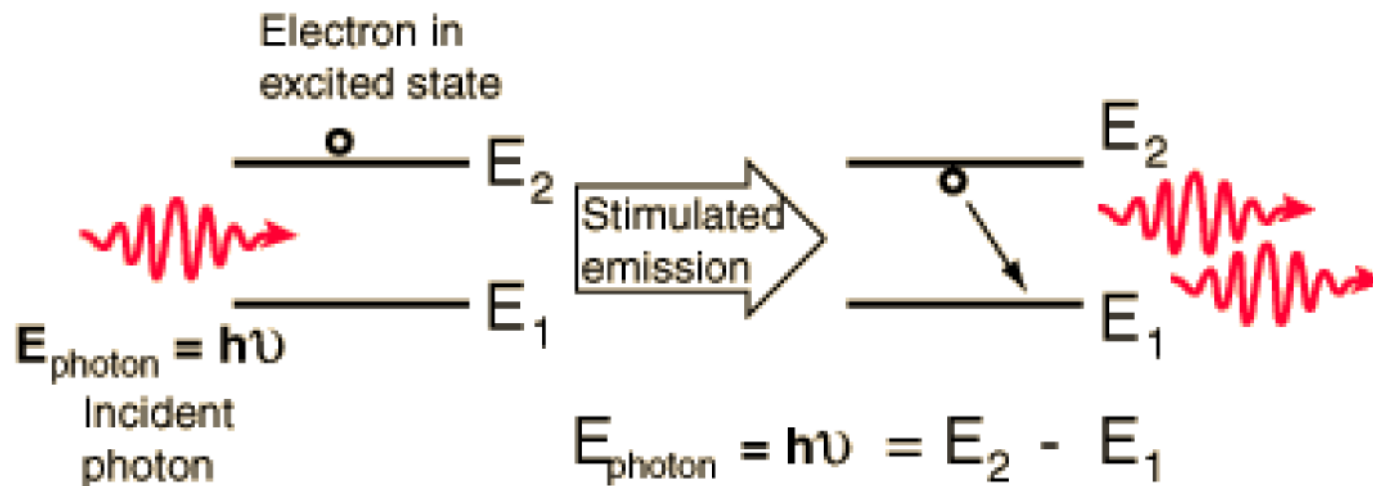
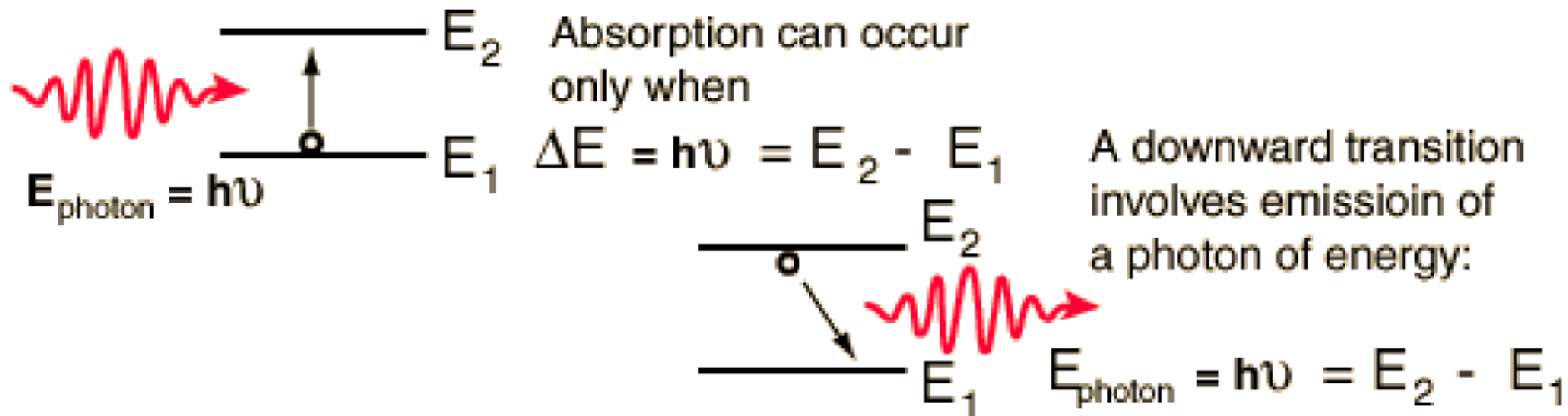
# Αυθόρμητη απορρόφηση και εκπομπή

Στην περίπτωση της αυθόρμητης απορρόφησης και εκπομπής έχουμε διέγερση από τη βασική στάθμη σε μία διεγερμένη στάθμη και αποδιέγερση αντίστοιχα.



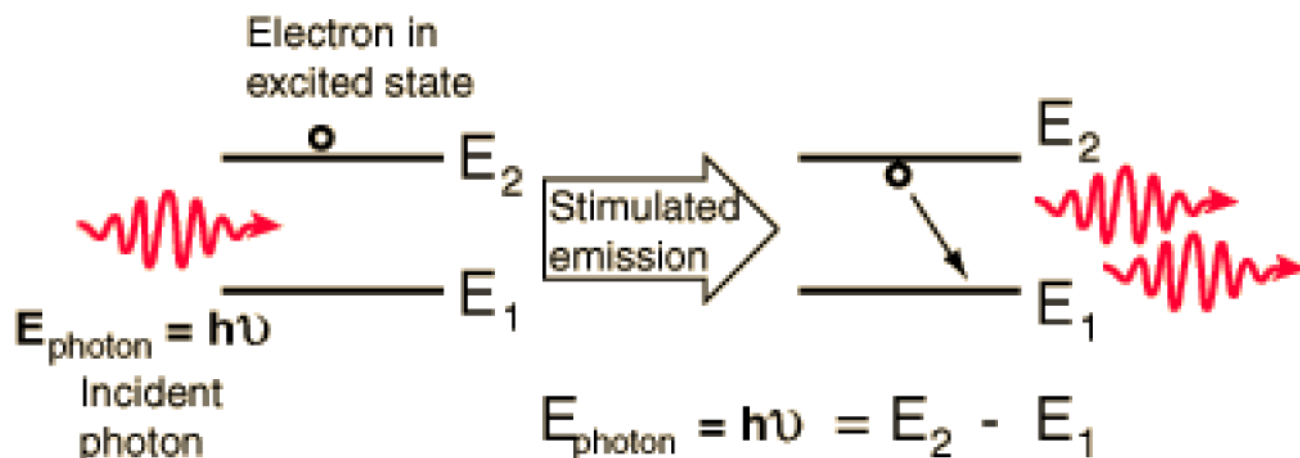
# Είδη μεταπτώσεων

απορρόφηση, εκπομπή, και εξαναγκασμένη εκπομπή



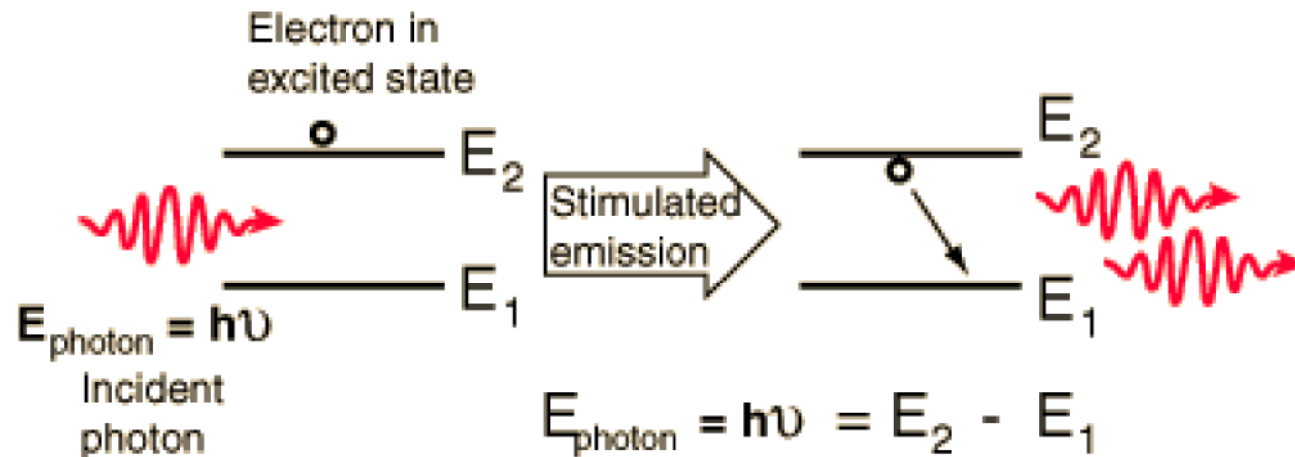
# Εξαναγκασμένη εκπομπή

Αν ένα ηλεκτρόνιο είναι ήδη σε μια διεγερμένη κατάσταση (σε ένα ανώτερο ενεργειακό επίπεδο, σε σχέση με το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο ή "θεμελιώδη κατάσταση"), τότε ένα εισερχόμενο φωτόνιο για το οποίο η κβαντική ενέργεια είναι ίση με την ενεργειακή διαφορά μεταξύ του δεδομένου επιπέδου και του χαμηλότερου επιπέδου μπορεί να «εξαναγκάσει» τη μετάβαση σε αυτό το κατώτερο επίπεδο, παράγοντας ένα δεύτερο φωτόνιο της ίδιας ενέργειας, ενισχύοντας το προσπίπτον κύμα.



Όπως και η απορρόφηση και εκπομπή, έτσι και η εξαναγκασμένη εκπομπή προϋποθέτει ότι η ενέργεια του φωτονίου δίνεται από τη σχέση του Planck και ισούται με τη διαφορά ενέργειας των ενεργειακών σταθμών.

# Εξαναγκασμένη εκπομπή



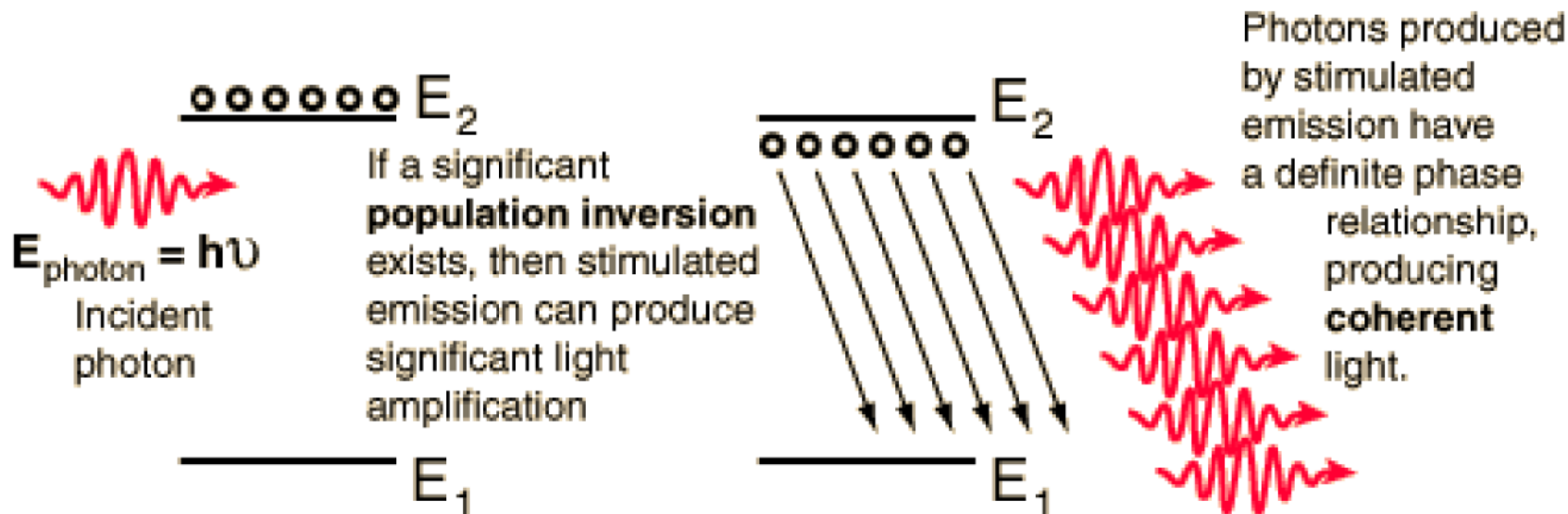
Τα κύματα του ακτινοβολούμενου φωτός είναι σε απόλυτη φάση με τα προσπίπτοντα κύματα, με αποτέλεσμα μια επαυξημένη δέσμη σύμφωνου φωτός.

# Βασικές αρχές λειτουργίας των Laser

Πρέπει να υπάρχει ένα ενεργό υλικό ή μέσο που να μπορεί αν διεγερθεί να εκπέμψει ακτινοβολία στο οπτικό μέρος του φάσματος, ώστε να ενισχύεται η δέσμη laser.

Να υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας μιας κατάστασης, που είναι γνωστή σαν αντιστροφή πληθυσμού.

Να υπάρχει ένα οπτικό αντηχείο. Χωρίς αυτό τα laser θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο ως ενισχυτές φωτός και όχι σαν γεννήτριες μονοχρωματικής ακτινοβολίας.

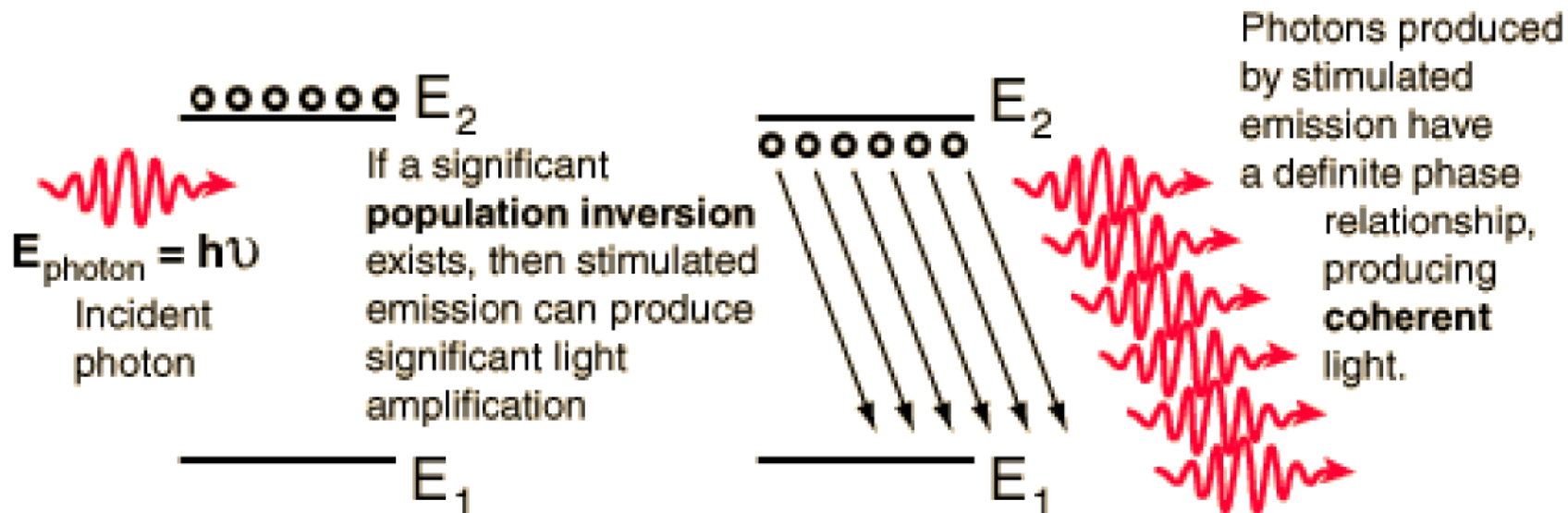




# Αντιστροφή πληθυσμού

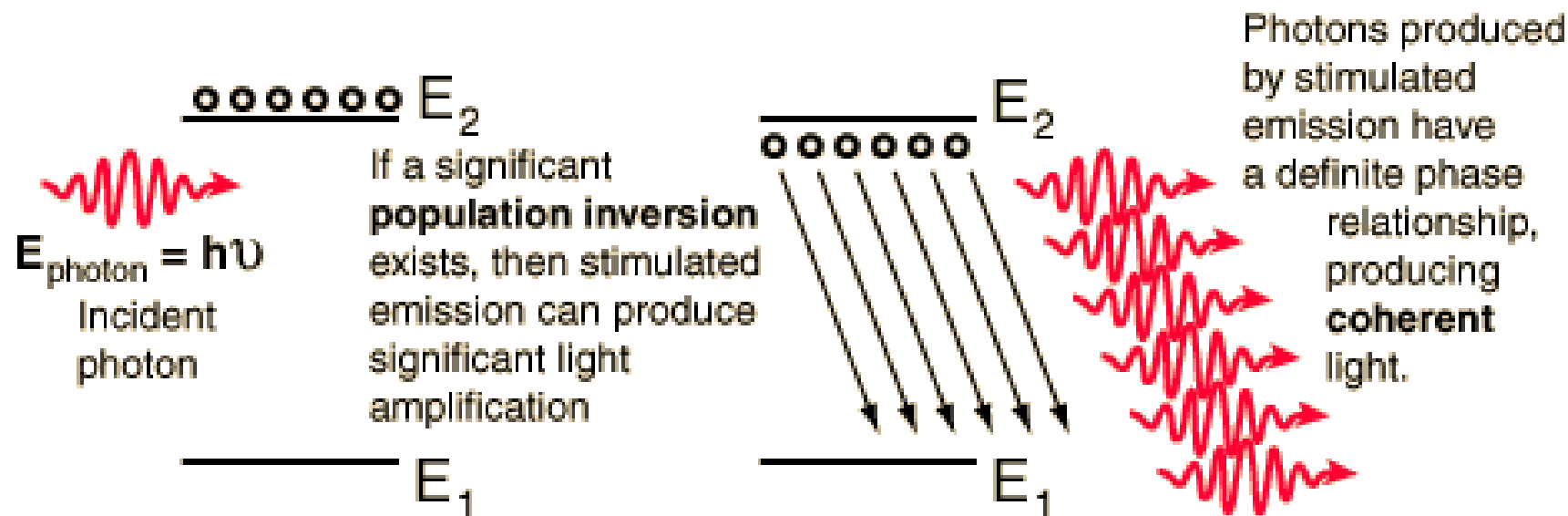
Όταν ένας αρκετά μεγάλος πληθυσμός ηλεκτρονίων βρεθεί σε ψηλά ενεργειακά επίπεδα, τότε η κατάσταση αυτή ονομάζεται "αντιστροφή πληθυσμού", και θέτει τις βάσεις για την εξαναγκασμένη εκπομπή πολλαπλών φωτονίων.

Αυτή είναι η **προϋπόθεση** για την ενίσχυση φωτός που εμφανίζεται σε ένα λέιζερ, και δεδομένου ότι η εκπομπή φωτονίων έχει ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα και η σχέση φάσης μεταξύ τους, το φως έχει υψηλό βαθμό συνοχής.



# Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation LASER

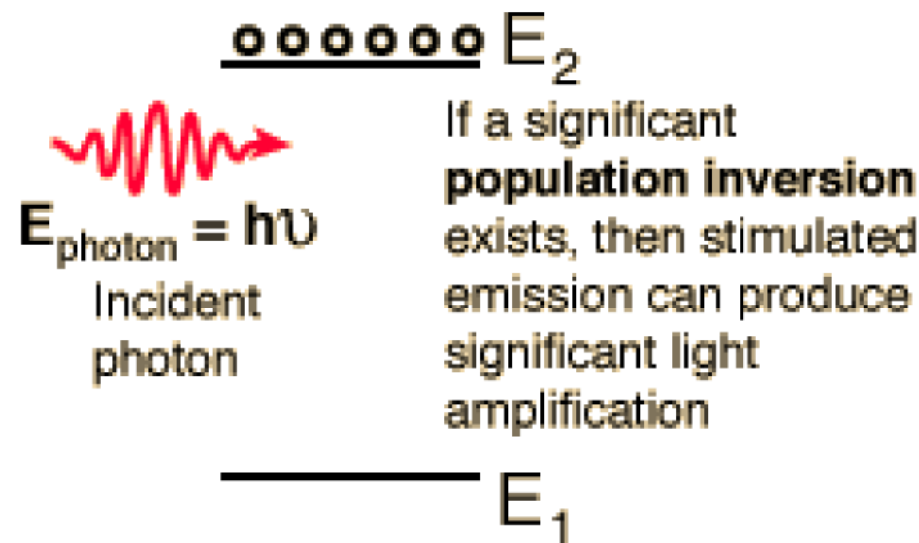
Ενίσχυση φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας



Η εξαναγκασμένη εκπομπή φωτός είναι καθοριστική κβαντική διεργασία απαραίτητη για τη λειτουργία των Laser

# Αντιστροφή Πληθυσμού

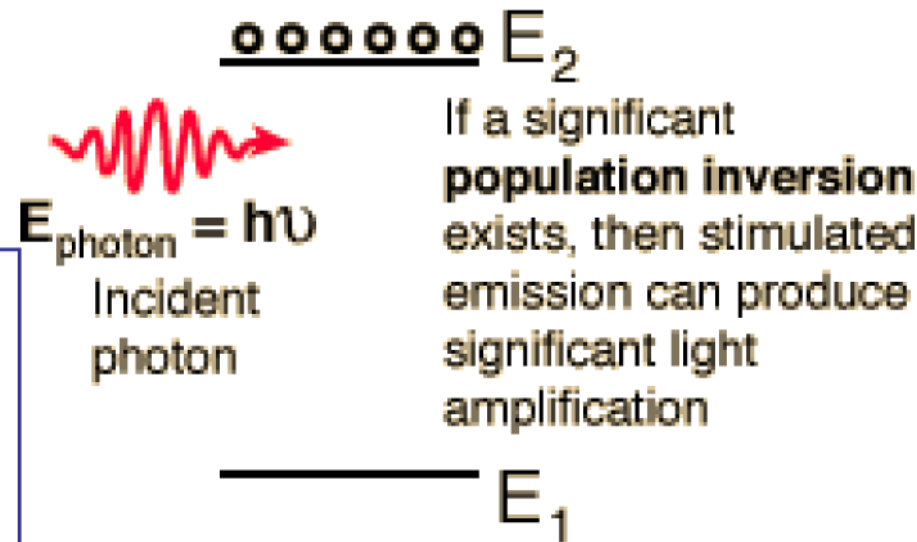
Η επίτευξη μιας σημαντικής αντιστροφής πληθυσμού σε ατομικά ή μοριακά ενεργειακά επίπεδα αποτελεί προϋπόθεση για την λειτουργία των λέιζερ.



# Αντιστροφή Πληθυσμού

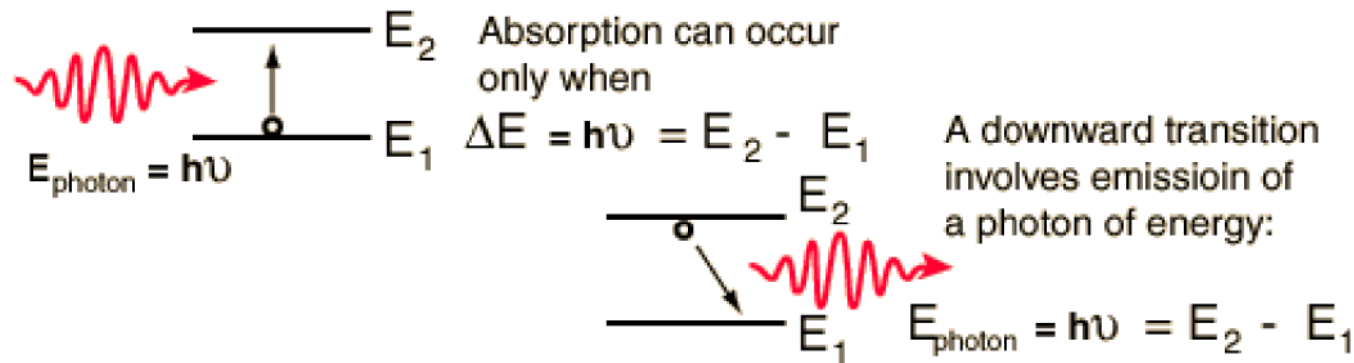
Η επίτευξη μιας σημαντικής αντιστροφής πληθυσμού σε ατομικά ή μοριακά ενεργειακά επίπεδα αποτελεί προϋπόθεση για την λειτουργία των λέιζερ.

Μια αντιστροφή πληθυσμού δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνο με δύο επίπεδα, επειδή η πιθανότητα για την απορρόφηση και την αυθόρμητη εκπομπή είναι ακριβώς η ίδια, όπως έδειξε ο Einstein.



# Αντιστροφή Πληθυσμού

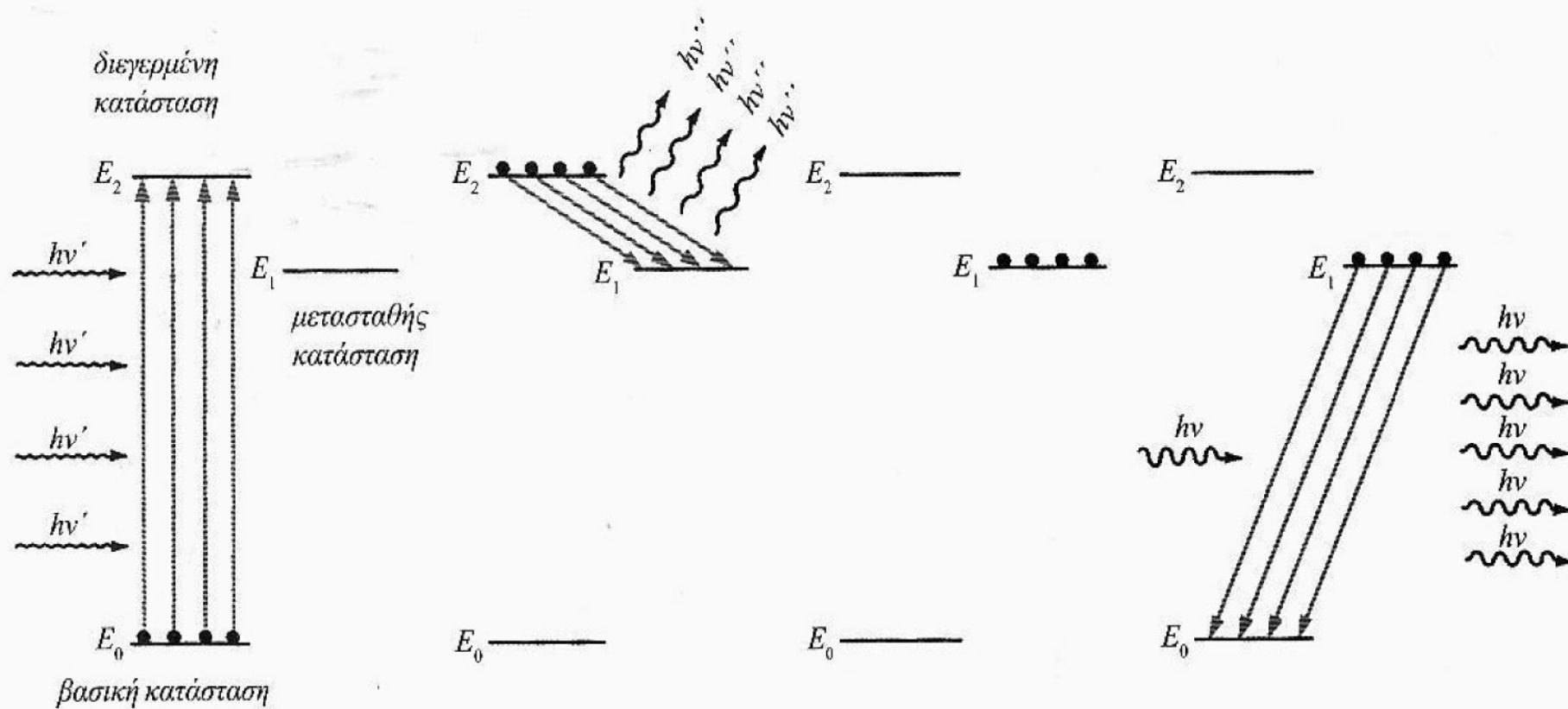
Μόνο με την απορρόφηση δεν είναι δυνατόν να υπάρξει σημαντική συγκέντρωση ηλεκτρονίων καθώς τόσο η αυθόρμητη εκπομπή και εξαναγκασμένη εκπομπή θα τους φέρει πίσω.



Μια αντιστροφή πληθυσμού δεν μπορεί να επιτευχθεί μόνο με δύο επίπεδα, επειδή η πιθανότητα για την απορρόφηση και την αυθόρμητη εκπομπή είναι ακριβώς η ίδια, όπως έδειξε ο Einstein.

Η διάρκεια ζωής μιας τυπικής διεγερμένη κατάσταση είναι περίπου  $10^{-8}$  sec. Επομένως, από πρακτική άποψη, τα ηλεκτρόνια μεταπίπτουν πάλι σε χαμηλότερη στοιβάδα με εκπομπή φωτονίων περίπου τόσο όσο γρήγορα μπορούν να βρεθούν στο ανώτερο επίπεδο.

# Αρχή λειτουργίας του laser-laser ρουμπινιού



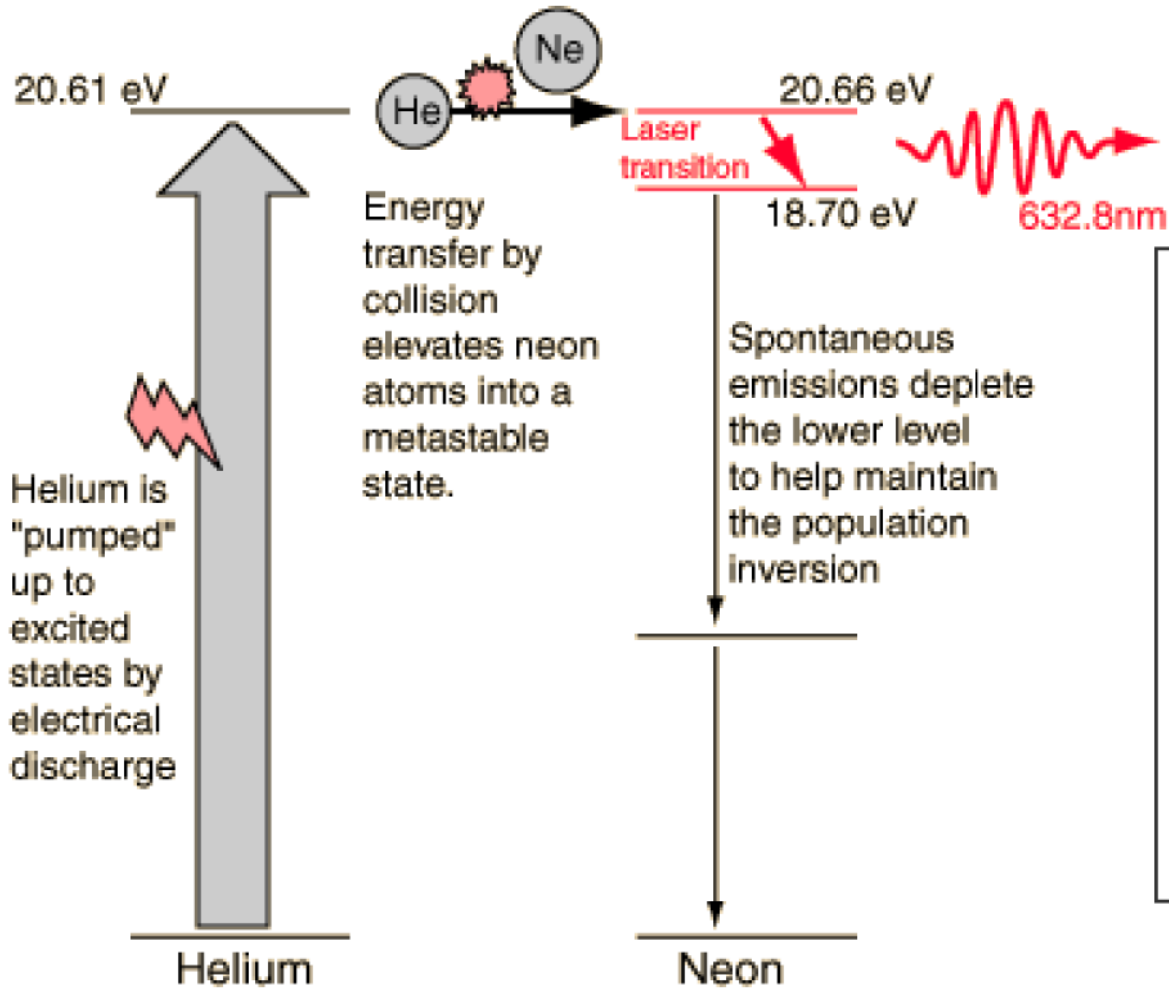
Άτομα στη βασική κατάσταση μεταφέρονται στην κατάσταση  $E_2$  με φωτόνια ενέργειας  $h\nu' = E_2 - E_0$  (ή με συγκρούσεις)

Ταχεία μετάπτωση στη μετασταθή κατάσταση  $E_1$  με αυθόρμητη εκπομπή φωτονίων ενέργειας  $h\nu' = E_2 - E_0$  (ή με άλλο τρόπο)

Μετασταθείς καταστάσεις κατειλημμένες σε πολλά άτομα.

Επαγόμενη εκπομπή συμβαίνει όταν προσπίπτουν φωτόνια ενέργειας  $h\nu' = E_1 - E_0$  ενώ τα δευτερογενή φωτόνια επάγουν περαιτέρω μεταπτώσεις ώστε τελικά να παραχθεί μια χιονοστιβάδα σύμφωνων φωτονίων

# Laser Ηλίου-Νέον

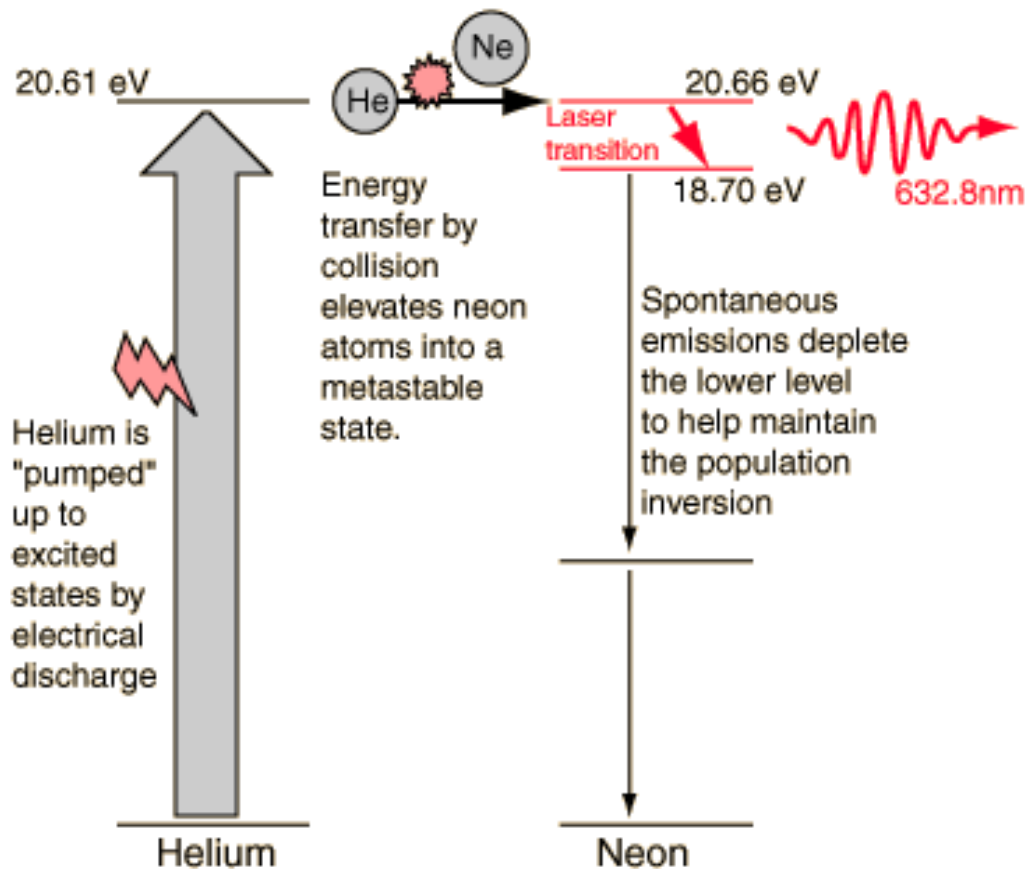


Το πιο κοινό και φθηνότερο λέιζερ αερίου, το ήλιο-νέον λέιζερ συνήθως είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να λειτουργούν **στο κόκκινο στα 632,8 nm.**

Μπορεί επίσης να είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να παράγει ενέργεια με λέιζερ στο πράσινο στα 543,5 nm και στο υπέρυθρο στα 1523 nm.

Ένα μείγμα πέντε μερών ηλίου και ενός μέρους νέου σε χαμηλή πίεση, τοποθετείται σε ένα γυάλινο σωλήνα με παράλληλους καθρέπτες στα δύο άκρα, ο ένας εκ των οποίων είναι αδιαφανής. Η απόσταση των καθρεπτών είναι ίση με ακέραιο αριθμό ημικυμάτων του φωτός laser.

# Laser Ηλίου-Νέον



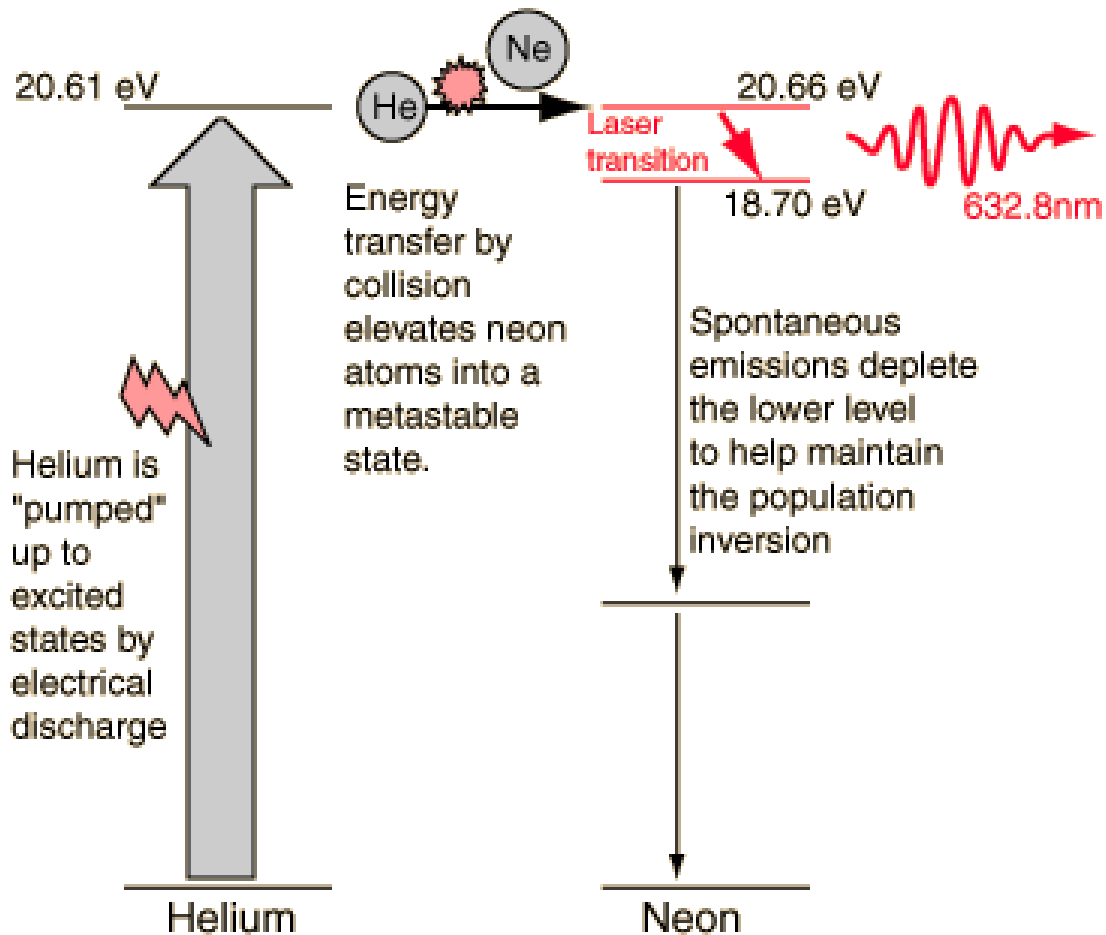
Ηλεκτρόνια από εκκένωση διεγείρουν τα άτομα των He και Ne σε μετασταθείς καταστάσεις.

Μία από τις διεγερμένες στάθμες του ηλίου στα 20,61 eV είναι πολύ κοντά σε ένα ενεργειακό επίπεδο του νέον στα 20,66 eV, τόσο κοντά ώστε ότι κατά την σύγκρουση ενός ατόμου ηλίου και ενός ατόμου νέον, η ενέργεια μπορεί να μεταφερθεί από τον ήλιο στο άτομο του νέον.

Ένα μείγμα πέντε μερών ηλίου και ενός μέρους νέου σε χαμηλή πίεση, τοποθετείται σε ένα γυάλινο σωλήνα με παράλληλους καθρέπτες στα δύο άκρα, ο ένας εκ των οποίων είναι αδιαφανής. Η απόσταση των καθρεπτών είναι ίση με ακέραιο αριθμό ημικυμάτων του φωτός laser.



# Laser Ηλίου-Νέον

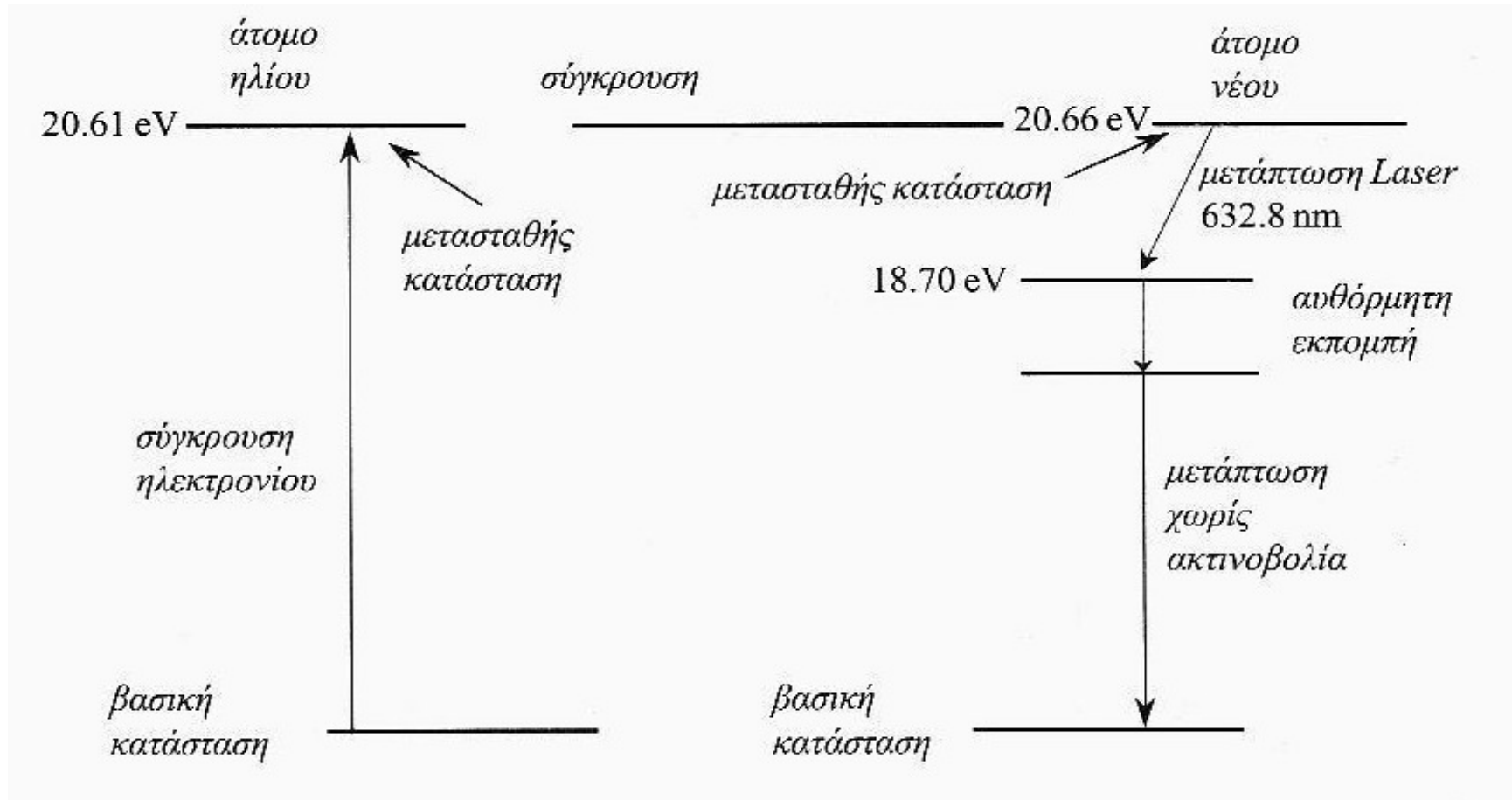


Τα Leiser Helium-Neon είναι συνηθισμένα στα εισαγωγικά εργαστήρια φυσικής, αλλά μπορούν να είναι και επικίνδυνο!

Σύμφωνα με Garmire, διαφορές στις 1-mW HeNe λέιζερ έχει φωτεινότητα ίση με ηλιοφάνεια σε μια καθαρή μέρα (0,1 watt/cm<sup>2</sup>) και είναι εξίσου επικίνδυνο να κοιτάω άμεσα.

Το αέριο ήλιο μέσα στο σωλήνα λέιζερ παρέχει το μέσο για να επιτευχθεί η αναγκαία αντιστροφή πληθυσμού για την λειτουργία του λέιζερ

# Laser Ηλίου-Νέον



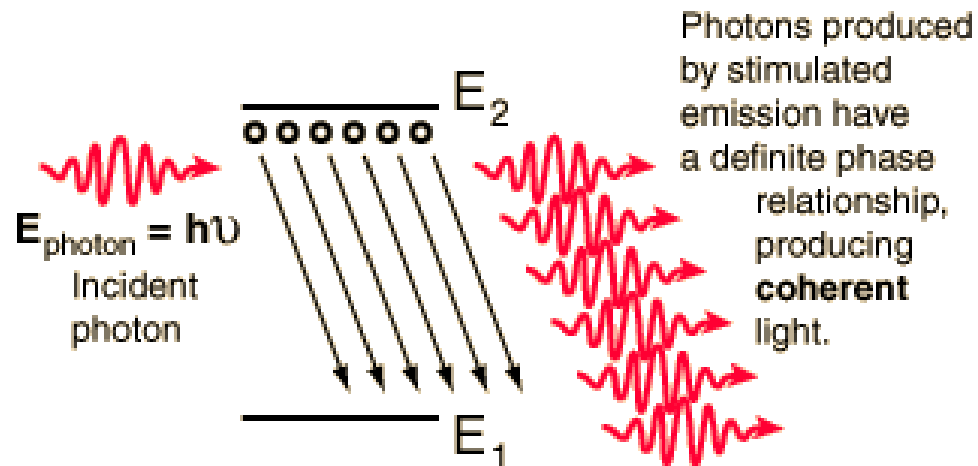
Επειδή οι συγκρούσεις των ηλεκτρονίων που διεγείρουν τα άτομα He και Ne συμβαίνουν συνέχεια, το laser He-Ne έχει συνεχή λειτουργία

# Ιδιότητες δέσμης laser

## Coherence

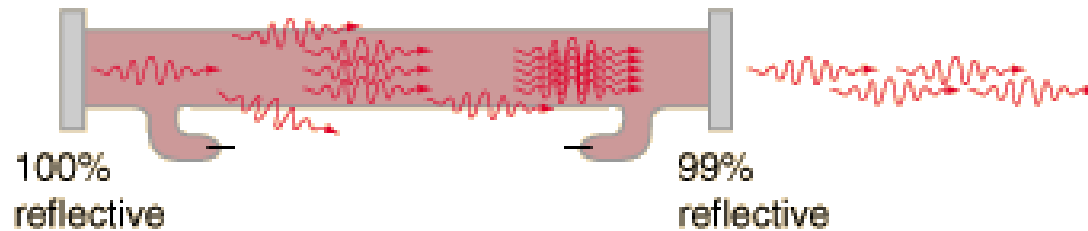
Coherence is one of the unique properties of laser light. It arises from the stimulated emission process which provides the amplification. Since a common stimulus triggers the emission events which provide the amplified light, the emitted photons are "in step" and have a definite phase relation to each other. This coherence is described in terms of temporal coherence and spatial coherence, both of which are important in producing the interference which is used to produce holograms.

Ordinary light is not coherent because it comes from independent atoms which emit on time scales of about  $10^{-8}$  seconds. There is a degree of coherence in sources like the mercury green line and some other useful spectral sources, but their coherence does not approach that of a laser.



# Ιδιότητες δέσμης laser

The beam is highly "collimated"

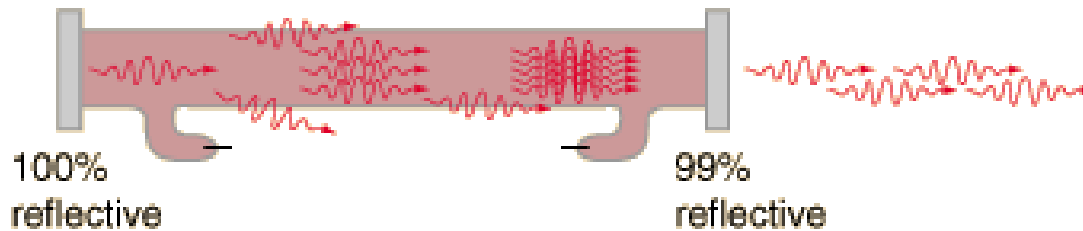


The high degree of collimation arises from the fact that the cavity of the laser has very nearly parallel front and back mirrors which constrain the final laser beam to a path which is perpendicular to those mirrors. The back mirror is made almost perfectly reflecting while the front mirror is about 99% reflecting, letting out about 1% of the beam.

**This 1% is the output beam which you see.** But the light has passed back and forth between the mirrors many times in order to gain intensity by the stimulated emission of more photons at the same wavelength. If the light is the slightest bit off axis, it will be lost from the beam.

# Ιδιότητες δέσμης laser

The beam is highly "collimated"



The highly collimated nature of the laser beam contributes both to its **danger** and to its **usefulness**.

**You should never look directly into a laser beam**, because the highly parallel beams can focus to an almost microscopic dot on the retina of your eye, causing almost instant damage to the retina.

On the other hand, this capacity for sharp focusing contributes to the both the medical applications and the industrial applications of the laser.

In **medicine** it is used as a sharp scalpel and in **industry** as a fast, powerful and computer-controllable cutting tool.

# Ιδιότητες δέσμης laser

## Monochromatic Laser Light

The light from a laser typically comes from one atomic transition with a single precise wavelength. So the laser light has a single spectral color and is almost the purest monochromatic light available.

That being said, however, the laser light is not exactly monochromatic. The spectral emission line from which it originates does have a finite width, if only from the Doppler effect of the moving atoms or molecules from which it comes. Since the wavelength of the light is extremely small compared to the size of the laser cavities used, then within that tiny spectral bandwidth of the emission lines are many resonant modes of the laser cavity.

# Ιδιότητες δέσμης laser

Το φως είναι σύμφωνο

Το φως είναι σχεδόν μονοχρωματικό

Μια δέσμη laser δεν αποκλίνει σχεδόν καθόλου

Η ένταση της δέσμης είναι πάρα πολύ μεγάλη (ισοδύναμη με θερμό αντικείμενο  $10^{20}\text{K}$ ).

# Χρήσεις laser

Compact disc

Οπτικές ίνες

Χειρουργικές επεμβάσεις

Τηλεμετρικές συσκευές

Εφαρμογές laser στην τεχνολογία