

# PROGRAM LASER SAFETY

دکتر سید مهدی مهدوی مرتضوی

## بخش 1 فیزیک لیزر

- 1- مقدمه Introduction
- 2- برهم کنش نور با ماده Interaction of light with Matter
- 3- تولید نور Light Generation
- 4- لیزر Laser
- 5- قانون توان و انرژی Concept of Power and Energy
- 6- واگرایی اشعه Beam Divergence
- 7- خلاصه Summary

### مقدمه

نور چهار مشخصه اصلی دارد :

الف- طول موج (wave length): فاصله بین دو نقطه یکسان موج می باشد که مشخص کننده رنگ موج است. با تعیین رنگ، انرژی و طول موج می توان یک موج را نسبت به دیگر موج ها سنجید. به عنوان مثال طول موج های کوتاه در طیف مرئی در ناحیه بین آبی و فوق بنفش قرار می گیرد در حالیکه رنگ قرمز دارای طول موج های بلندتری می باشد. فاصله بین این قله های موج آن چنان کوچک است که واحد آن را نانومتر (ده به توان منفی نه ) یا میکرون (ده به توان منفی شش ) قرار داده اند. تشعشع الکترومغناطیسی طیف طولانی از طول موج های بلند رادیویی تا طول موج های کوتاه اشعه ایکس را شامل می شود.

ب- فرکانس (Frequency): فرکانس موج تعداد موج های عبور کرده از یک نقطه در یک فاصله زمانی مشخص می باشد . واحد آن سیکل بر ثانیه یا هرتز Hz می باشد. فرکانس و طول موج به سرعت موج وابسته اند.

طول موج های بلند تر از قبیل نور قرمز در فرکانس های پایین تر از نور آبی قرار دارند ولی فرکانس در کل خیلی بالا است ( ده به توان چهارده هرتز ).

ب - سرعت (Velocity) : سرعت موج تعیین کننده تنیدی عبور موج از یک محیط مشخص می باشد. به عنوان مثال سرعت عبور نور در خلاء سیصد هزار کیلو متر در ثانیه می باشد. سرعت در محیط هایی مثل شیشه یا آب کاهش می یابد.

ت- دامنه ( Amplitude ) : دامنه یا شدت موج با ارتفاع یا بلندی ( height ) میدان الکتریکی یا مغناطیسی مشخص میشود.

### برهم کنش نور با ماده ( interaction of light with matter )

از آنجا که نور دارای میدان الکتریکی و مغناطیسی می باشد این میدانها با ماده برهم کنش نشان می دهند . میدان مهم میدان الکتریکی است چون با الکترونهای کوچک که در ترکیبات مواد شرکت دارند برهم کنش دارد. این الکترونها همصدا و هماهنگ باموج نور وارده نوسان می نمایند و می توانند تأثیر یا تغییر در عبور نور از میان یک ماده به چند طریق انجام دهند.

- 1- پخش کردن ( Scattering ) موج نور از مسیر اصلی منحرف میشود.
- 2- انعکاس ( Reflection ) موج به داخل محیطی خارج از ماده برمیگردد.
- 3- انتقال ( Transmission ) موج از ماده با کمترین تغییر شدت عبور می نماید.
- 4- جذب ( Absorption ) مهمترین پروسه در خیلی جاها جذب می باشد که انرژی موج نور در ماده باقی می

ماند. مقدار زیادی از انرژی باعث ایجاد حرارت و تغییر در خواص ماده می شود.

## تولید نور Generation of light

چندین فرآیند تعیین کننده طیف نور باعث ایجاد تشعشع الکترومغناطیس می شوند.  
شکل 1

طیف تشعشع: طیف نوری که از یک جسم ساطع می شود شامل رنگها یا نوارهای رنگی جدا از هم می باشد. این از طبیعت تولید نور برمیخیزد و نشانه آن است که انرژی نورانی ساطع شده از آن جسم دارای مقداری مشخص میباشد.

انرژی تمام سیستمها کوانتایی می باشد که این انرژی می تواند در بسته های جدا از هم جذب یا آزاد شود. انرژی سیستم پس از آنکه انرژی جذب آن سیستم شود افزایش می یابد و در مرحله بعدی آن انرژی آزاد می شود. مدتی که این انرژی آزاد می شود رانندگی یا اتفاقی بوده که نشر خودبخودی نامیده می شود. انرژی را می توان توسط جریان الکتریکی، نور از منبع خارجی، واکنش شیمیایی یا گونه های دیگر به سیستم وارد نمود. بهر حال مشخص شده است که یک موج وارده که دارای انرژی معینی است می تواند آزاد شدن موجها را از سیستم برانگیخته تحریک کند و باعث آزاد نمودن دو موج شود. به این حالت نشر برانگیخته می گویند. این موج ها خواص مهمی دارند.

1- همدوس (Coherent) : موجها به صورت هماهنگ هستند.

2- تک رنگ (Monochromatic) : موجها دارای رنگ یکسانی هستند.

3- شدت بالا (High Intensity): اگر ما به مقدار کافی از این نورهای همدوس (Coherent) تولید کنیم شدت آن بسیار بالاتر از منابع نور غیر همدوس است.

4- واگرایی کم (Low divergence) : لیزر را در مقایسه با نور غیر همدوس بوسیله لنزها قطره های خیلی کمتری می توان باریک نمود.

5- طبیعت ضربانی (Pulsed nature) : چون انرژی ورودی را در لیزر می توان کنترل نمود انرژی خروجی نیز به دنبال آن تغییر می یابد. بنا بر این اگر برانگیختگی لیزر با پالسهای کوچک انجام شود لیزر با پالسهای کوچک تولید خواهد شد. این خاصیت خیلی مهم است.

## لیزر

نشر برانگیخته را می توان در وسیله ای بنام لیزر ایجاد نمود. کلمه لیزر مخفف کلمات زیر است:

Light Amplification Stimulated Emission of Radiation

که به معنی نور تقویت شده با نشر برانگیخته می باشد.

عناصر تشکیل دهنده دستگاه لیزر در شکل 2 نشان داده شده است.

شکل 2

لیست کوتاهی از لیزرهای با جنس گوناگون در زیر آورده شده است.

ماده	سمبل یا نشانه	رنگ	طول موج نانو متر
یون آرگون	Ar	آبی	488
فرکانس		سبز	515
دوبرابرشده	KTP	سبز	532
Nd:YAG	Kr	قرمز	647
یون کریپتون		زرد	568

هلیوم - نئون	He -Ne	سبز	531
بخار طلا	Au	قرمز	632
بخار مس	Cu	قرمز	632
لیزر های رنگی	متغیر	سبز	511
دی اکسید کربن	CO2	زرد	578
کریستال	Nd:YAG	متغیر	متغیر
		مادون	10600
		قرمز	

نئودیمیونیوم			1060
بیٹیوم آلومینیوم		مادون قرمز	

## قانون توان و انرژی

شدت نور لیزر به حدی است که می تواند باعث تبخیر مواد و ایجاد تغییرات غیر قابل برگشت شود. اشعه لیزر می تواند به نقطه هایی با اندازه های مختلف تنظیم (فوکوس) شود و به همین صورت تولید شدت های مختلف نور را می کند.

**حفره لیزر :** (Cavity) یک حفره لیزر با مجموعه ای از آینه ها تعریف می شود که امواج نور را در محیط لیزر به جلو و عقب می فرستد. آینه عقب معمولاً کاملاً منعکس می کند در حالیکه آینه جلو به مقدار کمی از نور لیزر اجازه عبور می دهد. آینه ها باید دقیقاً تنظیم شده و بطور مطمئنی بسته شوند.

**توان یا پاور دنسیته (power density) یک تشعشع ،** توان نور لیزر بر واحد سطح با واحد وات بر سانتی متر مربع ( Watt/ Cm<sup>2</sup> ) است. مساحت نقطه نور و توان لیزر مشخص کننده Power density می باشد.

**انرژی :** معرف کل انرژی نور می باشد و واحد آن ژول است . یک ژول برابر با یک وات برای مدت یک ثانیه می باشد. قدرت لیزر با انرژی تقسیم بر زمان ( یا طول مدت یک پالس ) رابطه دارد. Fluence سرعت انتقال انرژی را تعیین می کند. به عنوان مثال ، 100 ژول را می توان در 1 ثانیه با 100 وات و یا در 100 ثانیه با 1

وات منتقل نمود. اندازه نقطه (Spot Size) : اندازه نقطه لیزر یکی از دو فاکتور کنترل power density می باشد. اندازه نقطه با موارد زیر مشخص می شود.

- 1- فاصله کانونی لنز فوکوس کننده.
- 2- طول موج لیزر
- 3- نوع لیزر

نوع لیزر از روی حفره لیزر ( laser cavity ) مشخص می شود و نشان دهنده توزیع توان لیزر در یک نقطه می باشد.

## واگرایی اشعه (Beam Divergence)

واگرایی اشعه میزان پخش اشعه می باشد. واگرایی با زاویه بین محور اپتیکی و بردار اشعه خارجی تر بیان میشود

شکل 3

زاویه با رادیان اندازه گیری می شود (رادیان = 180 درجه ) . واگرایی اشعه 1 میلی رادیان معادل است با افزایش در قطر یک اشعه به اندازه یک میلی متر در فاصله یک متری.

## خلاصه

تولید نور لیزر به وسیله وادار نمودن ماده به رفتن به سطوح انرژی بالاتر می باشد. بر هم کنش بعدی تولید نوع خیلی مهمی از نور می نماید که می تواند بر نقاط فوق العاده کوچک فوکوس نموده یا به مدت خیلی کوتاه تولید شود. بر هم کنش میدان الکتریکی لیزر با ماده باعث شروع نتایج مورد انتظار می گردد. نور با شدت بالا می تواند نتایج خوبی ایجاد نماید. متنوع ترین محیط مورد انتظار عرصه پزشکی است. چون اثر نور بر محیط های گوناگون بیولوژیکی خیلی باهم متفاوت است.

## بازگشت