دکتر ذبیح‌الله عزیزی* دکتر نصرت‌الله کلباد مقدم**

پرتو لازر و موارد استعمال آن در پزشکی

مدتی است که در روزنامه‌ها ومجلات باحروف درشت مقالات هیجان‌انگیزی راجع به اشعه لازر منتشرمیشود که گاهی آنرا بصورت هیولائی ترسناك و وسیله‌ای مرگبار بخواننده معرفی مینمایند وزمانی این اشعه‌را مفید ونجات‌بخش قلمداد میکنند.

بارها نیزدانشجویان راجع به‌ماهیت وطرق تولید وموارد استعمال لازر بخصوص در پزشکی سئوالاتی نموده‌اند که بطور خیلی خلاصه توضیحاتی درباره آن داده شده است. از آنجائیکه این توضیحات احتیاج به‌مقدماتی دارد اغلب ناکافی بود. مقاله زیر بااستفاده از کتب ومنابع علمی ونشریات محققین تهیه گردیده تا شکل حقیقی این انرژی جدید را بهتر بتوان مورد مطالعه قرارداد.

بامطالعه آمارهای مختلف وتوجه باینکه اسروزه در ممالك متحده آمریکا درحدود پانصد کارخانه وبیش‌از دوهزار متخصص برای ایجاد اشعه‌لازر کوشش میکنند اطلاعاتی از اهمیت این پدیده‌جدید دراختیارخوانندگان گذارده‌میشود. کشفیات‌بسرعت‌پیش‌میرود بطوریکه مطلبی که امروز روشن ومحقق میگردد چندی بعد کهنه وقدیمی شده است.

دراین مقاله سعی میشود که طرزعمل لازر تاآنجا که ممکن است خیلی خلاصه وساده شرح داده شود وهمچنین به‌چند مورداستعمال صنعتی وبخصوص پزشکی‌آن اشاره‌خواهدشد.

کلیات

کلمه لازر (۱) از حرف اول کلمات « تشدید نور بوسیله انتشار تقویت شده اشعه » تشکیل شده است. «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» وبفرانسه «Intensification de la lumière par émission stimulé de rayonnement» می‌باشد.

---

* ـ استاد دانشکده پزشکی

** ـ دانشیار گروه‌آموزشی‌فیزیك پزشکی

۱ ـ بفرانسه لازر وبانگلیسی لیزر «Laser» خوانده میشود.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

چنانکه میدانیم امواج نورانی و امواج هرتز (Hertz) هردوجزء پرتوهای الکترومانیتیک هستندولی مبدأ آنها متفاوت است. انواع هرتز بوسیله نوسانات یک لامپ فرستنده با فرکانس مشخص بوجود میاید وبامداری که بااین فرکانس درحال تشدید (Résonance) باشد میتوان امواج را دریافت نمود. مورد استعمال خاص این اصل دردستگاههای فرستنده رادیوئی است که هریک ازآنها دارای فرکانس مشخصی هستند.

امروزه کوتاهترین طول موجی راکه بوسیله لامپ‌های مخصوص میتوان تولید نمود درحدود میلیمتر است وتولید امواج کوتاهتر بعلت اشکالات فنی (یعنی ساختن نوسان‌سازهای خیلی کوچک) باعدم موفقیت روبروشده است.

این موانع واشکالات سبب شده است که برای تولید نوسانات با امواج بسیار کوتاه راههای جدیدی جستجونمایند. محققین برای تولید وتقویت دامنه امواج بسیار کوتاه بفکر استفاده از «اتم» ومولکول افتادند بدین معنی که ازتبادل انرژی که بین انرژی‌داخلی ماده و یک میدان الکترومغناطیسی خارجی مبادله میشود استفاده کنند.

این تبادل انرژی بین ترازهای معین انرژی هراتم مقدارخاصی است ودرلازر ازاین اصل استفاده میشود.

اصول لازر

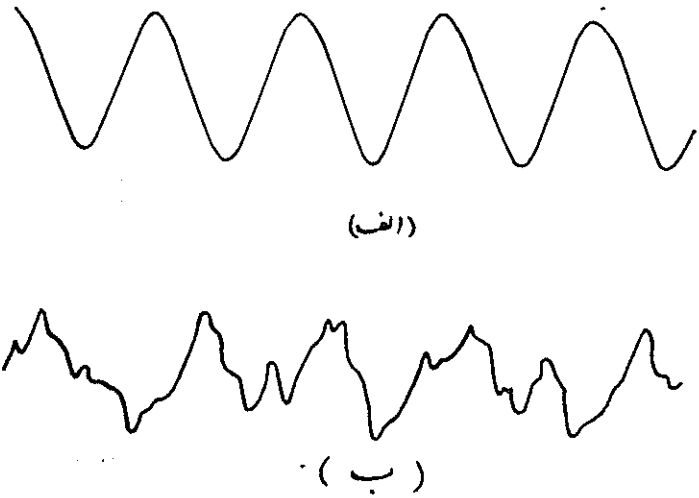
فرض کنیم که میخواهیم نور یک لامپ یانورانکن را بصورت دسته شعاع خیلی باریک متمرکز کنیم وسپس آنرا بصورت یک موج رادیوئی که تکیه گاه آن علائم نورانی است بکاربریم متأسفانه این آزمایش به‌نتیجه مثبت نمیرسد زیرا همانطوریکه میدانیم نور معمولی ازطول موجهای مختلف تشکیل شده وتولید طیف وسیع ازپارازیت مینماید.

امواج الکترومانیتیک که‌ازیک منبع نورانی صادرمیشود ازبعضی‌جهات شبیه‌به‌امواجی است که روی‌آب کاملا ساکن وآرام تولید میشود. هرگاه یک مشت‌شن را درهوا بپاشیم که روی‌آب ساکن بریزد چون تمام دانه‌های شن دریک لحظه روی‌آب نمیرسند (باهم اختلاف زمان دارند) درسطح آب بینهایت دایره (موج) تشکیل میشود که یکی پس از دیگری از بین میرود.

پس موضوع اساسی واصلی همان‌تولید امواج نورانی‌همزمان وهم‌نواخت(Cohérent) است که فوتونها در فاز دلخواه حرکت کنند، همانطوریکه الکترونها در امواج رادیوئی هستند (شکل ۱). برای توفیق دراین امرنمیتوان از یک منبع نورانی باشد و ابعاد معمولی استفاده نمود بلکه این منبع نورانی‌باید ابعادمولکولی داشته‌باشدوبعبارت‌دیگر«خوداتم»باشد.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

نتایجی که تاکنون درعلوم انرژی هسته‌ای بدست آمده نشان داده است که‌چه‌نیروی عظیمی دراتم نهفته است درمورد اشعه لازر میتوان شدت نور را بحدود $۱۰^{۱۲}$ وات‌برسانتی مترمربع رسانید یعنی صدمیلیون برابر قوی‌تراز شدت نورآفتاب که بوسیله یک عدسی همگرا متمرکزشود.



(شکل ۱)

الف- نور هم‌نواخت‌امواجش‌طوری‌نوسان میکندکه متمرکزکردن آن شدت نور بسیار زیادی در نقطه تقارب بوجود میآورد.

ب - نور غیر هم‌نواخت نوساناتش نامنظم‌بوده و درنتیجه تمرکز انرژی‌کمتر خواهد بود. (C. Gibson)

برای فهم وتوجیه پدیده‌های متوالی که دراتم صورت میگیرد باید ازفرضیه کلاسیک «ماهیت موجی» نورخارج شد و «ماهیت ذره‌ای» آنراکه برمکانیک کوانتائی و فرضیه های اینشتین قراردارد پذیرفت. بعبارت دیگرنور ذره‌ایست که آنرا کوانتوم‌نورانی‌یافوتون‌مینامند. مقدارانرژی‌آن $W=h\times f$ است که‌درآن f فرکانس‌نورو $h = ۶/۶۲\times ۱۰^{-۳۴}$ ژول‌برثانیه‌میباشد (h مقدارثابت پلانک است). کوانتوم انرژی پرتوهای مختلف مساوی نیست و مقدارآن برای هرپرتو بافرکانس‌آن متناسب است‌بموجب‌مکانیک‌موجی. برای هرپرتوی بافرکانس f میتوان جرمی قائل شدکه مقدارآن طبق نظریه نسبت اینشتین واصل تعادل جرم وانرژی از رابطه زیربدست میآید:

$$W = h.f = mc^{۲}$$

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

پس کوانتوم h.f. معادل ذره‌ایست که باسرعت C یعنی سرعت سیرنورحرکت کند و برای مقدار جرم‌آن رابطه فوق صادق باشد. این ذره همان فوتون اینشتین است . از رابطه فوق نتیجه میشود .

$$mc = \frac{h.\,f.}{c}$$

و چون داریم $\lambda = \frac{c}{f}$ پس $mc = \frac{h}{\lambda}$ ویا $\lambda = \frac{h}{mc}$

همچنین اگر ذره‌ای بجرم m باسرعت v در حرکت باشد حرکت آن معادل حرکت ارتعاشی پرتوی است که کوانتوم آن در رابطه $hf = mv^2$ وبنابراین طول موج آن در رابطه $\lambda = \frac{h}{mv}$ صدق کند بعبارت دیگر هرذره‌ای متحرك با ارتعاشی بمشخصات $\lambda = \frac{h}{mv}$ همراه است .

انواع مختلف لازر

درحال حاضر سه‌نوع لازر وجود دارد : لازر جامد ، لازرگازدار و لازر نیم‌هادی که هرسه‌نوع ایجاد نور یک نواخت مینمایند اما درطرزکار و نوع پرتو آنها مختصر اختلافی وجود دارد .

۱- لازر جامد ـ الف: لازرياقوتی باسه‌تراز انرژی ـ قدیمی‌ترین لازرجامد لازر میمان Théodore Maiman است . تئودورمیمان اولین کسی[1]است که درسال ۱۹۶۰ لازر باياقوت را بکاربرد واواسروز رئیس کراد کرپریشن Korad ـ Corporation میباشد.این یاقوت تقریباً خالص ویون کرم (Cr^{3+}) بعنوان عنصرفعال (اکتیف) در آن بکار رفته است . امروزه از یاقوتهای مصنوعی استفاده میکنند که آلومین خالص محتوی ۰/۰۵ درصد اکسیدکرم (Cr_2O_3) میباشد ولی تهیه اکسید آلومینیوم خالص (آلومین) مشکل بوده وعملیات زیادی برای تهیه‌آن لازم است.

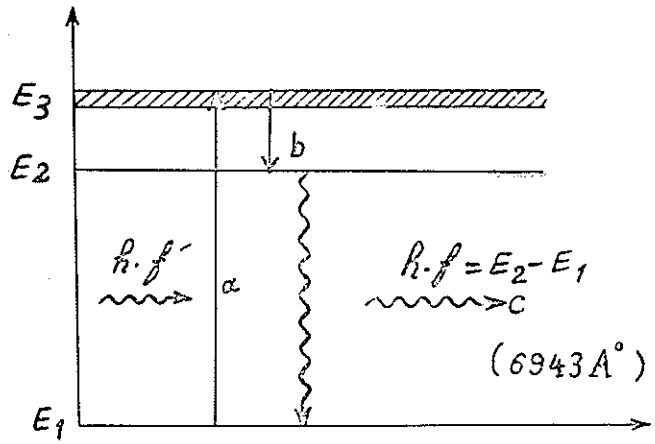
طرزکارلازرياقوتی ـ بطوریکه‌اشاره شد کارلازر بوسیله پدیده‌های‌ملکولی توأم باتبادلات انرژی صورت میگیرد .

طبق نظریه هسته‌ای هراتم درترازهای انرژی کاملا مشخصی وجود دارد که برای هراتم اختصاصی است. لازر یاقوتی شامل یک دیاگرام باسه‌تراز انرژی است.(شکل ۲)

تحقیقات پدیده فوتوالکتریک نشان داده است که یک اتم میتواند مقدار معینی‌انرژی نورانی جذب کند وسپس آنرا پس دهد. باید این مطلب‌را باین طریق توضیح داد:

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

الکترون اتم دراثرجذب انرژی بمقدارخارجی‌تر میرود ودرموقع پس دادن وآزاد شدن



(شکل۲) شمای لازر یاقوتی باسه ترازانرژی ـ ابتدا اتمها « پمپه میشوند » (a) واز حالت و تراز اولیه E_1 به تراز E_3 میرسند وبلافاصله به تراز متاستابل E_2 می‌افتند(b) موقعی‌که یک اتم‌برانگیخته از تراز E_2 به E_1 نزول میکند انرژی آزاد میشودکه‌سبب صدور شعاع نورانی هم‌نواخت میشود (c)

انرژی از مدار خارجی بمدار داخلی‌تر می‌افتد. قسمت اعظم انرژی جذب شده بوسیله اتم بصورت پرتوهای الکترومانیتیک صادرمیشود. چون جهشهای انرژی دارای مقادیرثابت‌است بنابراین فرکانس اشعه صادره ثابت ومشخص میباشد (طبق معادله‌پلانک واینشتین که‌قبلا بآن اشاره شد) درنتیجه‌اشعه صادره ازیک اتم معین دارای طیف کاملااختصاصی‌خواهدبود.

معمولا تمام اتمها درحال سکون واستراحت هستند یعنی تراز انرژی آنها پائین ودر حداقل است (در وضع E_1) هرگاه به‌اتم‌انرژی h.f. داده شود یونهای کرم‌موجود در یاقوت (پمپه) شده وبه تراز انرژی E_3 میرسند وچون اتم مدت زیادی دراین وضع ناپایدار نمیتواند بماند فوراً بوضع واسطه‌متاستابل E_2 (بدون صدوراشعه) وسپس‌به تراز اولیه E_1 تنزل میکند. دراین موقع اتمها انرژی دریافتی‌را بصورت تشعشع پس میدهندکه علامت‌آن فلوئورسانس (Fluorescence) یاقوت است همانند یک صفحه تنگستات‌کلسیم که بادریافت اشعه‌ایکس اشعه مرئی میدهد (اساس رادیوسکپی) اگربطرق مختلف بازده (راندمان) تحرك (پمپاژ) را بالا ببریم میتوان تراز E_2 را محفوظ نگه داشت بطوریکه همیشه ازتراز E_1 بالا باشد.

این پدیده اساس وبنای عمل لازراست. اتمهائی‌که باین طریق برانگیخته شده‌اند میتوانند تقویت شوند یعنی بحالتی درآیندکه مرتباً انرژی ساطع کنند (بکمک‌پمپاژ‌مخصوص

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

مثلا بوسیله یک‌لامپ). الکترون تحریک شده که تحت تأثیرتشعشعات فوتونهای پرانرژی قرارگرفته بنوبه خود میتواند سبب تحریک اتمهای دیگرگردد وآنها هم نیزبنوبه خودفوتون ساطع نمایند بطریقی که این عمل منتهی به خروج یک بهمن (Avalanche) حقیقی فوتون درجهت محوریاقوت‌شود.

هرگاه یاقوت بشکل استوانه طویل (باتونه) باشد قسمت اعظم امواج نورانی آن در امتداد محوریاقوت خارج‌میشود وفقط قسمت بسیارکمی ازاین امواج‌بطرف جداریاقوت‌منحرف شده وجذب میشود. درنتیجه این عمل اشعهٔ اولیه وثانویه رویهم انباشته شده و در حقیقت (تقویت نور- Amplification de la lumière) ایجاد میشود.

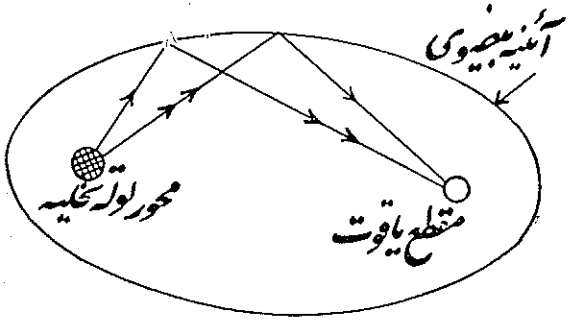
بعلت هم‌آهنگی وتوافق فازها وکوانتاهای نورانی برانگیخته ، نور خروجی همزمان وهم‌نواخت خواهد بود ودرنتیجه میتوان آنرا بصورت دسته شعاعی خارج نمود که دارای انرژی وشدت فوق‌العاده زیاد باشد.

ایجاد انرژی زیاد باید شامل تقویت‌کننده مخصوص باشد که دراینجا از جدارهای یاقوت استفاده میشود. باینطریق که دوجدارمسطح وکاملا موازی‌آن ازنقره نیم‌شفاف اندوده شده وسایرسطوح‌آن شفاف هستند. فوتونها چندین هزار دفعه حفره بین این دوآئینه را طی میکنند وباینطریق اثربهمن راکه قبلا ذکرشد تقویت مینمایند تااینکه انرژی آنها در موقع خروج ازپنجره نیم‌شفاف Semi - perméable کافی شود وبصورت اشعه یکرنگ (مونوکرو- ماتیک (Monochromatique) وهم‌نواخت وبشکل کاملا مجتمع وموازی خارج شوند.

موضوع مهم پمپاژ یاقوت وانرژی‌آن میباشد. برای اینکارمیتوان ازیک لوله یا لامپ تخلیه‌ای (Tube à décharge) استفاده‌نمود. برای‌تزریق و وارد نمودن فوتونهای پمپاژ در بلور یاقوت (یعنی حفره) لامپ فلوئورسانت‌را درمجاورت جدار جانبی شفاف یاقوت‌قرارمیدهند وکوشش میشود باوضع مخصوص قرارگرفتن لامپ حداکثر فوتونها وارد یاقوت شود. برای این کار میتوان لوله تخلیه وسیله یاقوت‌را درکانون یک آئینه‌بیضوی قرارداد. میدانیم که چنین آئینه‌ای اشعه‌ای راکه ازیک کانون فرستاده میشود درکانون دیگر متمرکز میسازد. (شکل۳) همچنین میتوان لوله‌های تخلیه بشکل مارپیچ (Hélice) باپیچهای فشرده‌ساخت که بلوریاقوت را دربرگیرد.

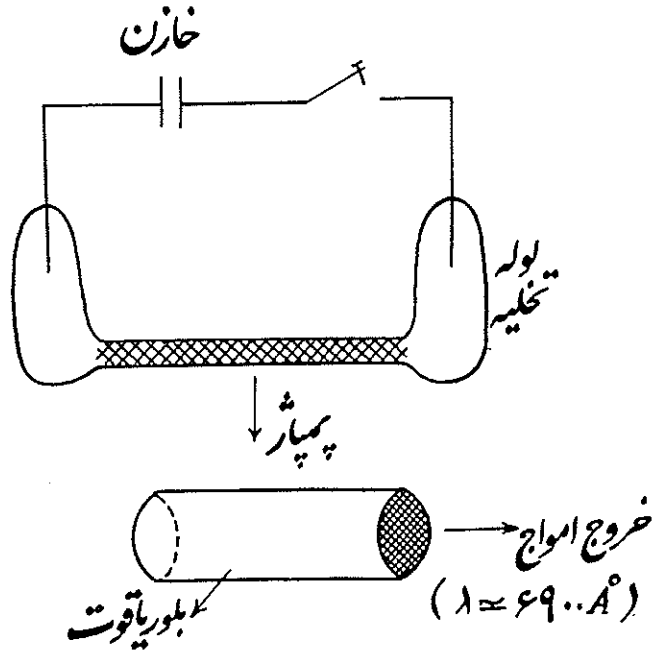
باید دانست که فرستادن اشعه بیاقوت کافی نیست بلکه باید بتوان فوتونها را وارد یاقوت نمود وبعلت ضریب انکسار زیادی که دریاقوت وجود دارد قسمت اعظم فوتونها در آن وارد نشده وبنابراین مقدار زیادی اشعه بی‌مصرف میماند درنتیجه بازده دستگاه کم بوده وقدرت لازم برای پمپاژ باید خیلی زیاد باشد.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]



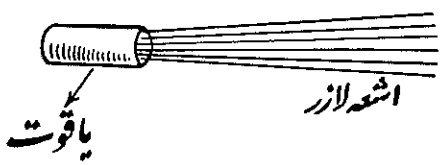
(شکل۳)

تخلیه بکمک یک خازن که بالاسپ تخلیه بطورمتوالی قرار گرفته انجام میگیرد (شکل ٤) هرگاه اختلاف سطح تخلیه خازن ضعیف باشد فقط یک فلوئورسانس ساده در یاقوت پیدا شده واشعه درتمام جهات منتشر میشود ولی اگر اختلاف سطح کافی باشد امواج مجتمع بین آئینه هادورزده وازیکی ازدارهای حفره یاقوت که نیم شفاف



(شکل ٤)

است خارج میشود وتقریباً تمام انرژی دریک مخروطی بازاویه کم قرارخواهد داشت وعملا دسته اشعه خارج شده موازی خواهند بود (شکل ٥) . در شکل ٦ ساختمان اساسی وشماتیک یک لازر

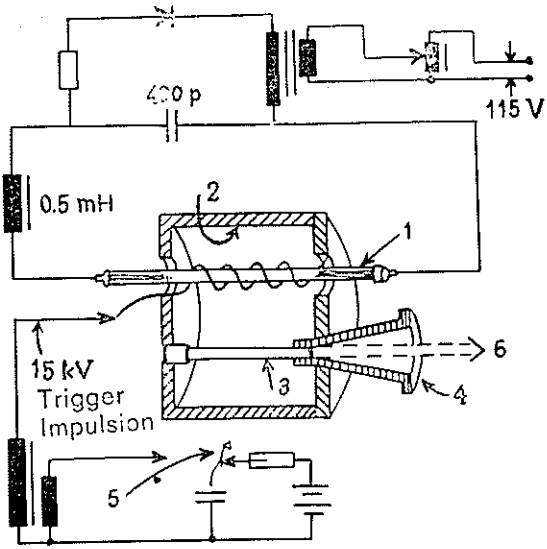


(شکل ٥)

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

یاقوتی نشان داده شده است.

ب- لازر جامد باچهار تراز انرژی ـ عیب لازر باسه تراز انرژی این است که انرژی



(شکل ۶) ساختمان اساسی لازر یاقوتی (Raytheon)

۱ـ لامپ فلاش بطول ۷۵ سانتیمتر که با اختلاف سطح ۱۵ کیلو ولت کار میکند

۲ـ استوانه مشدد بیضوی که داخل آن صیقلی است و بعنوان منعکس کننده است.

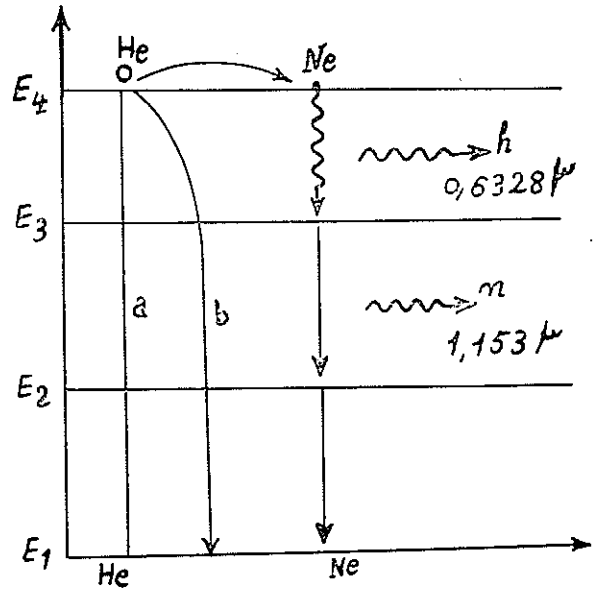
۳ـ یاقوت استوانه‌ای بطول ۶/۵ سانتی‌متر و قطر ۶ میلیمتر که درطرف چپ بطور کامل و در طرف راست مقداری منعکس کننده است

۴ـ نگهدارنده یاقوت

۵ـ رابط که سبب تخلیه خازن و فرستادن امپولسیون اولیه میشود.

۶ـ اشعه لازر.

پمپاژ باید نسبتاً زیاد باشد. درلازر باچهار تراز (شکل۷) E_1 فقط جمع کننده الکترونها است و فرستادن الکترون بین ترازهای E_2 و E_3 انجام میگیرد درنتیجه انرژی لازم برای پمپاژ



(شکل۷) شمای لازر گازی باچهارتراز انرژی

یک اتم He (a) که درتراز بالا پمپه شده انرژی خود را بیک اتم نئون منتقل کرده و به تراز E_1 (b) می افتد. تشعشع اصلی (h) بین E_4 و E_3 صورت میگیرد. یک شعاع خروجی ثانوی (n) نیزبین E_3 و E_2 وجود دارد

خیلی کمتراز لازر باسه‌تراز است. این نوع لازر ازجسم بی‌شکل امورف (Amorphe) یابلور

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

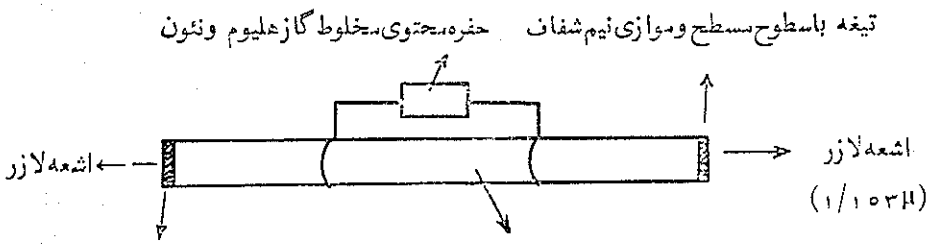
خالص ساخته میشود زیرا کمترین ناخالصی بلوربرای هم‌نواختی اشعه لازرمضراست.

برای این کار درحال حاضر اتم فعال‌را دریک ملکول بزرگ جسم آلی وارد کرده و سپس جسم آلی را درالکل حل میکنند این جسم تشکیل محیط لازر را میدهد مثلاً محیط محلول «بنزول استون اوروپیوم» درالکل مناسب برای ایجاد اشعه لازرباطول موج ٦١٣٠ آنگستروم است ومحیط چون کاملا یکنواخت است هم‌نواختی اشعه خیلی خوب‌خواهدبود. نوع دیگر ازولفرامات کلسیم مخلوط بانئودیوم سه‌ظرفیتی (ین‌فعال) بطور مصنوعی ساخته شده است ($Ca\,WO_4$ - Na^{+++})

اتم اوروپیوم که ممکن است آنرا درمواد پلاستیک (لازرکائوچوئی) بکاربرد ونتایج بهتری داده است. اخیراً موفق شده‌اند بوسیله شیشه‌های بی‌شکل (امورف) محیط مناسب برای تولید اشعه لازرتهیه‌نمایند. امروزه باتحقیقات ومطالعاتی که بعمل‌میاید کمتر ماده‌ای را میتوان نام برد که بوسیله‌آن نتوان اشعه لازرتولید کرد.

۲- لازرگازی (Lazer à gaz) - درلازر جامد ماده حامل یون فعال یک‌نواخت نیست ودرنتیجه اشعه صادره هم فاز وهم‌نواخت نخواهند بود ازاین رو علما و محققین بفکر استفاده ازمواد کاملا یک‌نواخت (هموژن) مانند مایعات و گازها افتادند بخصوص که گازها دارای اتمهای مجزا ازیکدیگر میباشند.

گازی مانند نئون را درحفره (شکل ۸) قرارمیدهیم وپمپاژ مینمائیم . اما روش پمپاژ



(شکل ۸) - شمای لازرگازی

باسه تراز انرژی مفید نیست - (بعلت کم جذب شدن فوتونها بوسیله گاز) .

یک راه حل بسیارجالب وعاقلانه‌برای اجرای پمپاژ بوسیله علی‌جوان‌دانشمندایرانی درسال ۱۹۰۹ پیشنهاد شد که منجر به‌ساختن اولین لازرگازی گردید.

جوان درحفره مذکورگاز نئون‌را مخلوط با گاز هلیوم قرارداد. فشارگاز هلیوم درلوله

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

یک میلیمتر جیوه وفشار گاز نئون ۱/. میلیمترجیوه میباشد(شکل۸).

بکمک یک مدارجریان پرفرکانس دراین مخلوط گاز تولید دشارژ (تخلیه) مینمایند. الکترونهای سرعت گرفته اتمهای هلیوم را تحریک کرده وآنرا به‌تراز لازم (۱۹/۸۱ الکترون ولت) میرساند. دراین نوع لازرگاز نئون باعمل یونهای کرم درلازر یاقوتی مشابه است. ولی میتواند چهار یاپنج تراز داشته باشد. پس‌از شوک‌های حاصله بین اتمهای هلیوم ونئون اتمهای هلیوم بالاترین تراز انرژی یعنی E_4 (شکل۷) میرسند ودراثر تصادم (کلی زیون) بااتمهای نئون انرژی خودرا بآنها منتقل مینمایند ودرنتیجه اتمهای نئون برانگیخته‌میشوند حاصل این عمل پیدایش شرایط انتشار اشعه است. چون هراتم نئون درعبور از هر تراز انرژی یک‌فوتون صادر میکند بنابراین تشعشع اشعه لازر باچندین طول‌موج توأم‌خواهدبود.

عمل تقویت مانند لازر یاقوتی بین دوآئینه منعکس کننده انجام میگیرد. لازرگازی برلازر یاقوتی ترجیح دارد زیرا نورمداوم ایجاد میکند درصورتیکه لازر یاقوتی نورمنقطع تولید مینماید.

عیب‌این‌نوع لازرکمی بازده(راندمان)آنست اما باپیشرفتهای سریعی‌که هرروزدراین زمینه نصیب محققین میشود کوشش میکنندکه بازده آنرازیادتر نمایند.

امروزه مخلوطهای دیگری مانند هلیوم ـ گزنون‌را تحت مطالعه قرارداده‌اندواین‌مخلوط اشعه زیرقرمز بین ۲٫۰ و ۳٫۰ مو تولید مینماید.

۳ـ لازرنیم هادی (Laser à semiconducteur) - این نوع لازرکه بوسیله هال (Hall) اختراع شده ساده‌تر بوده وجای کمتری را اشغال مینماید نور آن یکنواخت وطول موجهای زیر قرمزرا تولید میکند. انرژی مستقیماً از جریان الکتریکی بدست میآید (تبدیل مستقیم جریان الکتریک به نور) در این نوع لازر بطور نظری بازده باید صد درصد باشد درصورتیکه درلازرهای جامد بازده بیشتراز یک‌درصد نیست واین بزرگترین مزیت این نوع لازراست. باوجود این لازرفوق دارای معایبی است. راندمان باحرارت دستگاه ارتباط‌زیادی دارد بطوریکه باید آنرا بسرعت سرد نمود وبعلاوه قدرت مفید دستگاه هنوزضعیف است.

ذکراین نکته لازم است‌که اخیراً موفق شده‌اند بوسیله تفرق نور تغییرفرکانس‌درآن ایجاد نمایند یعنی مثلا نور قرمزرا بنورآبی‌یاسایر رنگها تبدیل کنند. این کشف جدید که رامن‌اسکاترینگ (Raman - Scattering) نامیده میشود پدیده بسیارجالبی است‌که اصول پیچیده‌ای دارد.

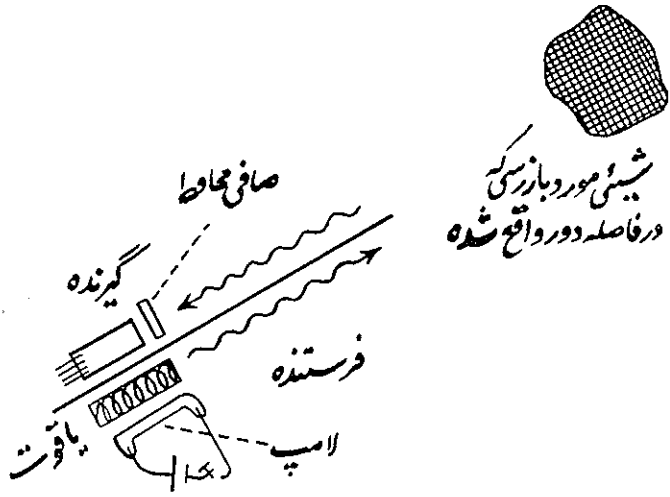
موارد استعمال اشعه لازر

در این قسمت به چند مورد استعمال آن در صنعت وبیولوژی و بخصوص درپزشکی اشاره میشود.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

۱- موارد استعمال صنعتی - یکی ازموارد استعمال مهم اشعه لازرکه درآینده نزدیک اهمیت زیادی پیدا خواهدکرد استفاده‌آن درارتباط دور (Télécommunication) و بخصوص رادار است. ازاشعه لازر میتوان برای تشخیص اشیاء دور استفاده نمود . شکل ۹ اصول وشمای دستگاه‌را نشان میدهد.

دستگاه فرستنده اشعه لازر یکدسته اشعه تقریباً موازی باشدت زیاد بطرف شیئی مورد بازرسی میفرستد واشعه پس‌از برخورد به‌شیئی برگشته وبوسیله دستگاه گیرنده گرفته میشود. بااندازه‌گیری فاصله زمانی برقراری‌اسپولسیون ودریافت‌آن ودانستن سرعت‌سیرنور (سیصدهزار



(شکل ۹ رادار لازری)

کیلومتر درثانیه) میتوان فاصله دستگاه وشیئی مورد بازرسی‌را محاسبه نمود.

قبلاً گفته شدکه شدت اشعه لازر را میتوان بحدود $۱۰^{۱۲}$ وات برسانتیمترمربع رسانید یعنی صدمیلیون برابر قویتراز شدت نورخورشیدکه بوسیله یک عدسی همگرا متمرکز شود. درصنعت ازدستگاههای قوی لازربرای برش وجوش دادن فلزات استفاده میشود ودقت عمل این نوع برش‌های ظریف و دقیق درحدود اجزاء میلیمترمیباشد و چنانکه خواهیم گفت در جراحی هم ازاین خاصیت مهم لازر استفاده میشود.

۲- لازر دربیولوژی وشیمی - ازلازر درشیمی وبیولوژی میتوان استفاده نمود. ازجمله ممکن است پدیده مخصوص پلی‌مریزاسیون (Polymerisation) ایجاد نمود ویا در محصولات پیچیده شیمیائی (بخصوص واکسن‌ها) تبدلات شیمیائی خاص بوجود آورد. با

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

شعاع قوی وباریک لازرمیتوان عناصرسلولی (مثلا کروموزوم‌ها) را بادقت تمام وبسرعت از بین برد بدون اینکه‌نسوج مجاورآسیب دیده خراب شوند. مسلماً بسیاری‌ازسسائل بیوفیزیک وداروئی که محتاج مطالعات عمیق هستند بکمک لازرحل خواهد شد وبعقیده سیمان باید گفت: «لازر اکنون شیرخواری است که آینده بس درخشان خواهد داشت».

۳- لازر درپزشکی - درسال ۱۹۶۴ میلادی راجع به‌موارد استعمال‌لازر درپزشکی وبیولوژی درشهرهای نیویورك. واشنگتن وبرن سخنرانیهای مهمی شده است.

لازر در سیستولوژی تجربی - م بسیس (M. Bessis) فرانسوی اشعه لازر را برای آزمایش در روی سلولهای منفرد بکارمیبرد. بادسته شعاع بسیار باریک وقوی میتوان‌بعضی ازعناصر سلولی‌را بطورانتخابی ازبین برد. دراین عمل اشعه بوسیله میکروسکپ مخصوصی هدایت میشود تاچشم درمعرض تابش مستقیم اشعه قرارنگیرد. تجربه‌کننده درمیکروسکپ نگاه نمیکند بلکه تصویر را روی صفحه تلویزیون می‌بیند. نقطه نورانی در روی صفحه همان محلی است که درمعرض تابش اشعه قرارخواهدگرفت. پس‌از اینکه نقطه نورانی در روی محل مورد نظرمیزان شد روی تکمه‌ای فشار میآورند واشعه‌را میفرستند.

سلولهای بیرنگ بدون اینکه خراب شوند اشعه را از خود عبور میدهند. سلولهای پیگمانته یارنگ‌شده انرژی نورانی‌را جذب میکنند مثلا یک گلبول قرمز تحت‌اثراشعه‌ترکیده وازبین میرود. بسیس وهمکارانش برنگ‌آمیزی انتخابی بعضی ازعناصر سلولی موفق شده و سپس بابمباران لازرآنرا ازبین میبرند وازاین راه بمطالعه خود درباقیمانده سلول زنده ادامه میدهندچنانکه‌ملاحظه‌میشوداشعه‌لازر درتجربه وتحقیق روی‌سلولها افق روشنی‌رانشان‌میدهد.

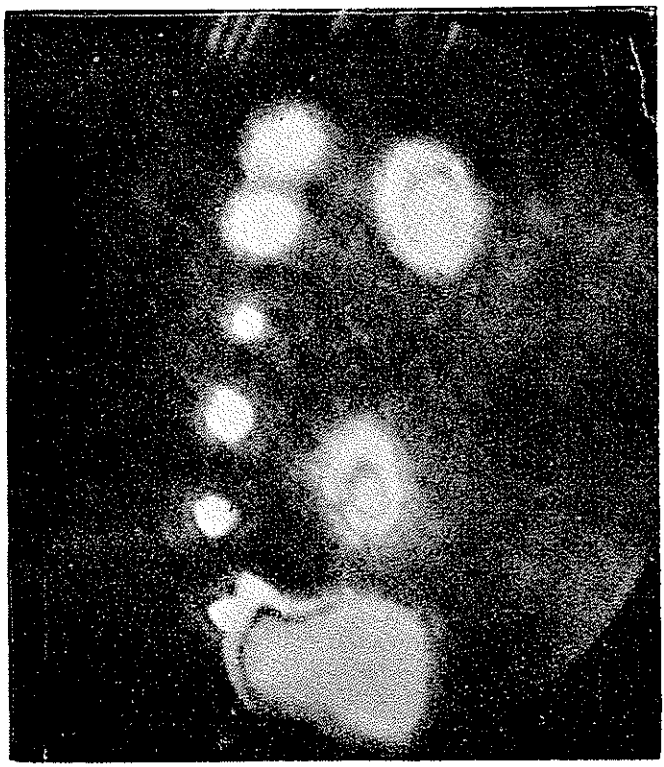
اصول رنگ‌آمیزی انتخابی سلولهای زنده‌را میتوان روی سلولهای سرطانی در موجود زنده بکاربرد. هرگاه سلولهای سرطانی بعضی رنگهارابیشترجذب کنند باید این امکان وجود داشته باشدکه باشعه لازر باطول معینی آنهارا منهدم کرد بدون اینکه به‌نسوج سالم‌آسیبی برسد. همچنین درمان تومورهای پیگمانته (خال - ملانوم وغیره) بوسیله اشعه لازر مورد مطالعه است.

لازر درجراحی‌شبکیه - درحدودسال ۱۹۵۰ میلادی‌درآلمان مایرشویکرات - (Meyer Schwickerath) آسیب های کوچک شبکیه‌را بوسیله اشعه لازر منعقد نمود. این روش‌درمان درد کولمان‌رتین (Décollement de la rétine) بسیار مؤثر وپرارزش است. تحت مراقبت مستقیم افتالموسکپی دسته اشعه لازر اطراف پارگیهای شبکیه‌را منعقد نموده ودرحقیقت آنها را جوش میدهد.

آزمایشهای بافت‌شناسی چشم درنزد حیوانات نشان داده است که انعقاد نسوج‌بوسیله

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

اشعه لازر عمیق‌تر ازاشعه معمولی بوده وبیکاتریسهائی (جای زخم) که شبکیه را به محل خود می‌چسباند محکم‌تر است. استفاده ازروش انعقاد بوسیله نور درمعالجه دکولمان رتین تازگی ندارد ولی اشعه لازر مزایائی نسبت به‌اشعه‌قوس گزنون معمولی دارد. لزیونهای‌رتین که دراثر لازر ایجاد میشوند خیلی کوچک هستند ودرنتیجه صدمه و آسیب دیدن ماکولا کمترپیش میآید وبااثر سریع وهدایت دقیق اشعه لازر دیگر احتیاجی به‌بیحسی‌موضعی‌نیست وتزریق‌رتروبولبر (Retro - bulbaire) که معمولا انجام میشود دیگرلزومی نخواهدداشت. باید توجه داشت که اگراشعه لازر بیش‌از اندازه لزوم بکاربرده شود ممکن است در داخل چشم خونریزی ایجاد کرده ویاسبب سوراخ شدن شبکیه گردد. تعیین مقدارلازم‌انرژی‌اشعه بطوردقیق بستگی به‌سطح شبکیه و پیگمانتاسیون ته چشم دارد و این موضوع در اشخاص مختلف متفاوت است. زارت (Zaret) وهمکارانش (ممالک متحده) اعلام میکنند که باید امکان یونیزاسیون نسوج‌رادرنظرداشت بنابراین کار برد لازر درپزشکی‌ممکن است باخطراتی توأم باشد ودراستفاده ازآن باید دقت ومراقبت خاص نمود (شکل. ۱ الف و ب).



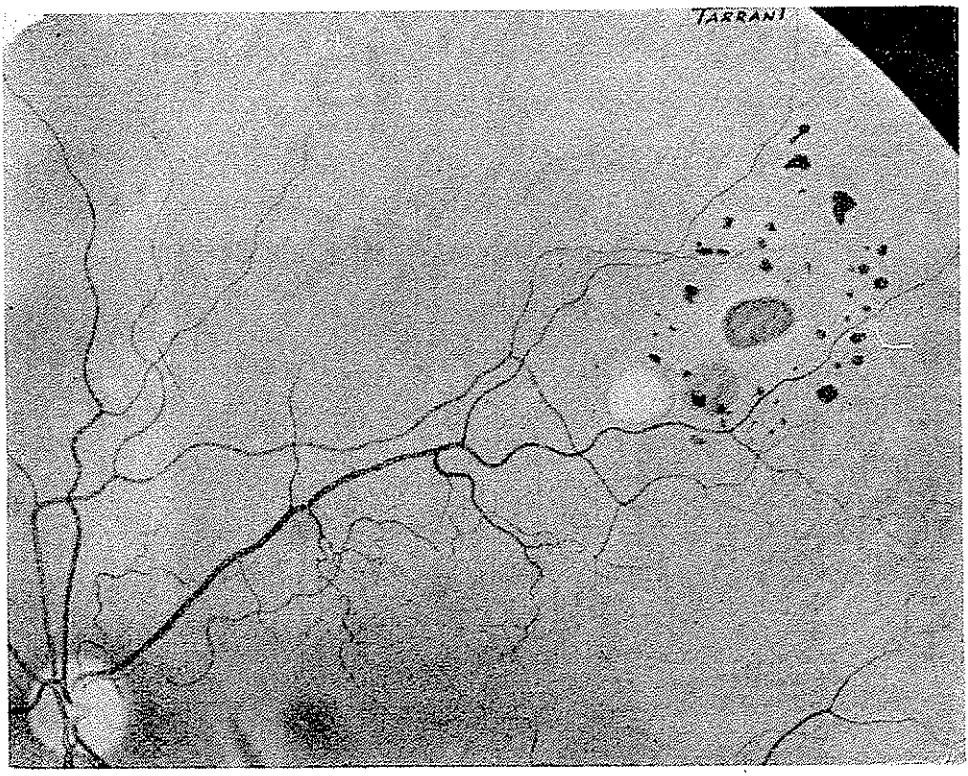
(شکل. ۱ـالف)

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

درشکل ۱۰ قسمت الف عکس شبکیه یک خرگوش دیده میشود که لزیونهای تولید شده درآن باندازه‌های مختلف است.

لکه‌های بزرگ سفید درسمت راست لزیونهائی است که بوسیله قوس گزنون تولیدشده است. بزرگترین لزیون درقسمت پائین باین سبب ایجاد شده که مدت تابش اشعه طولانی بوده وحیوان کره چشم‌را حرکت داده‌است درسمت چپ لزیونهای‌نقطه‌ای‌شکل بوده وبوسیله لازر ایجاد شده است.

شکل ۱۰ قسمت‌ب انعقاد رتین‌را بوسیله لازر درسواقع دکولمان رتین نشان میدهد.



(شکل ۱۰ - ب)

دربالا وراست شکل‌نقاط سیاهی که‌لزیون را احاطه کرده‌اند«نقاط جوش» شبکیه هستند که بااستفاده ازاشعه لازر درهمان خرگوش بوجود آمده است.

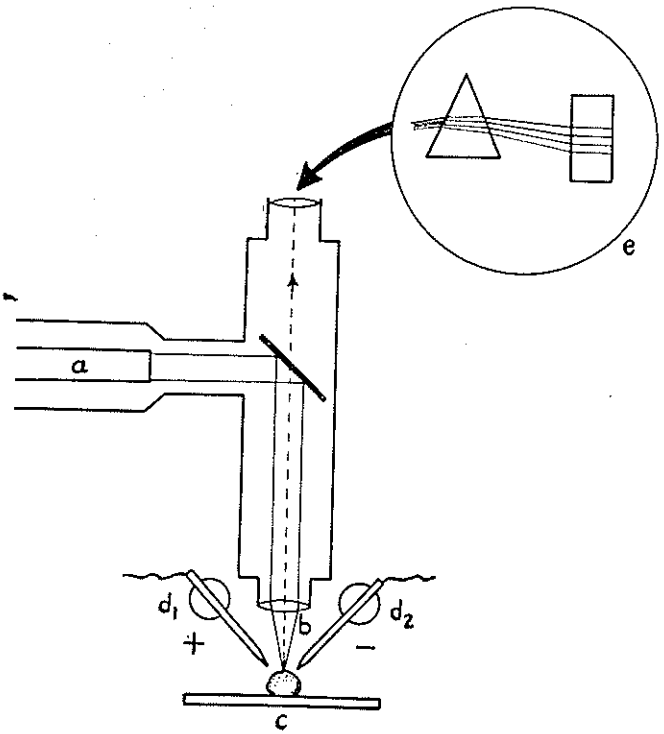
لازر درمعالجات‌دندان - موران (Morrant) روی مسئله معالجات دندان (بدون‌درد) بوسیله اشعه لازرمطالعاتی نموده ونتیجه گرفته است که دراین مورد، انرژی اشعه‌باید خیلی

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

زیاد باشد تابتواند روی مینا وعاج (Email et ivoire) دندان اثرکند. ازاشعه‌لازر درمعالجه پوسیدگی دندان میتوان استفاده نمود ولی باید توجه داشت چون هرگزممکن نیست که قبلا اثرعمیق اشعه‌را پیش‌بینی نمود حفره پولپ (Pulpe) ممکن است آسیب به بیند. مطالعات و تحقیقات دراین باره ادامه دارد.

لازردرجراحی - بیماریهای پیگمانی سطحی وعمیق خیلی زیاد ومختلف هستند. چون درموقع تابش اشعه لازر این‌سلولها انرژی‌را جذب مینمایند بنابراین هرگاه بطور مستقیم یا بوسیله آندوسکپی باین بیماریها دسترسی باشد میتوان دراین موارد اشعه لازر را جانشین رادیوتراپی نمود. چندین مورد استعمال برای جراحی قفسه صدری‌وشکم‌درتحت بعضی‌شرایط بوسیله آندوسکپی برای لازر پیش‌بینی شده است. دراین موارد بیحسی یابیهوشی ممکن است بحداقل تقلیل یابد. مزیت این نوع جراحی دراین است که خطرتولید نکروز دربافتهای‌سالم بحداقل میرسد.

سایر موارد استعمال - بااستفاده ازاشعه لازرتجربه‌های اسپکنروگرافی بادقت بیشتری قابل اجرا است وبوسیله یک بیوپسی بسیارکوچک میتوان پیشرفت پاتولوژیک نسج راتعقیب نمود. (شکل ١١)



شکل ١١ـتجزیه طیفی با یک «نسج‌برداری بسیارکوچک بوسیله اشعه لازر» این شما طرزکار دستگاه را نشان میدهد.
نرژی لازر (a) از ابژکتیف (b) به جسم ورد آزمایش (c) میرسد. بعد از یک مپولسیون قسمتی ازجسم تبخیرشده وبین‌دو طب d_1 و d_2 قرارمیگیرد وباینطریق‌جریان رقرار میشود و حرارت تبخیر به صدهزار درجه k (کلون) میرسد و باینطریق تجزیه طیفی (e) امکان پذیرمیگردد.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]

همچنین لازرخدمات ذیقیمتی درتشخیص وبازرسی الیگوالمان‌ها دراستخوان‌ها و خون مینماید .

باید متوجه بود که اشعه لازر درروی بعضی ازنسوج شفاف هم اثر میکند . مطالعات وتحقیقات دراین زمینه ادامه دارد .

درخاتمه باید گفت که تعداد زیادی ازخواص مفید اشعه لازرهنوز مورد مطالعه است وگاهی انسان خودرا درمقابل یک معجزه می بیند باوجود این باید توجه داشت اگر امروز دستگاههای قابل حمل لازر را برای بیماریهای چشم بطورآزاد دراختیار پزشکان میگذارند ولی نباید فراموش کرد که هنوزتمام مسائل بطور دقیق حل نشده است وازبعضی جهات وضع امروزما در مقابل اشعه لازر مشابه ابتدای قرن حاضر دربرابر کشف اشعه ایکس است که آینده بسیار درخشان و موارد استعمال متعدد آن بعضی از خطرات اشعه ایکس را ازنظر پوشانده بود .

مآخذ :

۱ـ دکترفریدون‌منوچهریان‌فیزیک وموارد استعمال آن درپزشکی . پرتوشناسی‌وانرژی هسته‌ای . شرکت سهامی چهرتهران ۱۳۳۹

2- Michel - Yves Bernard: Maser et Laser. La science vivante. Presses universitaire de France. Paris 1964

3- Image: Photo - Documentation Médicale. Roche No 18 S. A Bâle, 1966. (Cedric Gibson, A. I. I.P,, A.R.P.S ,) Institute of ophthalmology, Yudd Street, Londre WC1

4- Documenta Geigy: L'électronique en Médecine. J. R. Geigy S. A. Bâle (Siusse) 1965.

[Downloaded from tumj.tums.ac.ir on 2025-04-19]