المبادئ الأساسية لأشعة الليزر وبعض تطبيقاتها

خليل قليفط[1]، عبد الحميد زغداوي[2]

[1]مخبر البحث على المواد الفعالة وتثمين الكتلة الحية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[2] مخبر ن-جسم وبنية المادة، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

1. مقدمة

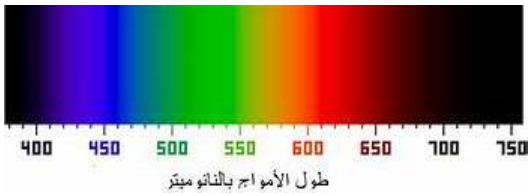
الليزر (laser) يعني تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المحفّز (light amplification by stimulated emission of radiation)، وهو عبارة عن حزمة ضوئية تتكون من فوتونات تشترك في ترددها وتتطابق موجاتها، مما يؤدي إلى حدوث ظاهرة التداخل البنّاء بين الموجات، فتتحول إلى نبضة ضوئية ذات طاقة عالية.

كان أينشتاين (Einstein) أول من وضع الأساس النظري في عام 1918، والذي يُعدّ شرطًا أساسيًا لعملية الإصدار القسري لتوليد الليزر. لم يكن اكتشاف أشعة الليزر وليد المصادفة أو نتيجة عمل فردي، بل جاء نتيجة بحوث متعاقبة وجهود متنوعة في بلدان مختلفة، مما جعل هذا الاكتشاف حصيلة جهد بشري مشترك ساهم فيه علماء نظريون وآخرون تجريبيون.

نشأت أشعة الليزر عن تطوير فكرة المايزر (maser)، التي اقترحها تشارلز تاونز (Charles Townes) عام1951. والمايزر هو تضخيم الأمواج الميكروية بواسطة الإصدار القسري للأشعة. ومنذ ذلك الحين، أصبح المايزر تقنية معروفة، فاستُخدم في مجالات الرادار والراديو. وفي عام 1958، اقترح تاونز وَآرثر شاولو (Arthur Schawlow) تطوير مايزر جديد يعمل ضمن منطقة الترددات الضوئية للطيف الكهرومغناطيسي.

اعتمادًا على ذلك، تم تصميم أول جهاز ليزر في عام 1960 على يد ثيودور مايمان (Theodore Maiman)، حيث استخدم بلورة الياقوت الأحمر، وبالتالي كان أول ليزر هو ليزر الياقوت عالي النقاوة، الذي يمكن تحفيز إنتاجها لأشعة ضوئية من لون واحد، أي بطول موجة واحدة وفي طور موجي واحد. وعند تطابقها مع بعضها وانعكاسها عدة مرات بين مرآتين داخل بلورة الليزر، تنتظم الموجات وتتداخل وتخرج من الجهاز بطاقة عالية كما هو مرغوب. وتُستخدم كلمة "الليزر" للتعبير عن أي منطقة من مناطق الطيف. ولمعرفة الليزر، لابد من التعرف على الطيف الكهرومغناطيسي، الذي يمتد من الموجات الراديوية الطويلة إلى الموجات القصيرة لأشعة جاما عالية الطاقة.

وكما هو معروف، فإن المنطقة الضيقة من الطيف، والتي تُعرف بالطيف المرئي أو الضوء الأبيض، تتكوّن من الألوان الضوئية التالية: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، والبنفسجي.



الشكل 1: أطياف الضوء المرئي وأطوال موجاتها بالنانومتر

كما أن ترددات هذه الإشعاعات وأطوالها الموجية تختلف، مقارنةً بالموجات الصوتية، في حين تتميز أضواء أشعة الليزر بكثافتها وتركيزها. وفي الليزر، يعمل الاضطراب الطبيعي للموجات على ترابطها، حيث تنبعث الفوتونات لكل الإشعاعات الطيفية على شكل دفعات منتظمة ذات تردد واحد. ونظرًا لترابط الموجات، فإن الفوتونات تقوي بعضها

البعض، مما يزيد من قدرتها على نقل الطاقة. لقد توسعت تقنية الليزر لتشمل ما وراء نطاق الموجات فوق البنفسجية، وصولًا إلى الأشعة السينية عالية الطاقة، ويمنح كل طول موجي في هذه المناطق القدرة والإمكانات اللازمة للإنسان لابتكار تطبيقات متنوعة.

2. خصائص ومميزات الليزر

يُنتج الليزر حزمة ضوئية رفيعة جدًا وقوية، وبعض هذه الحزم رفيعة إلى درجة تمكّنها من ثقب مائتي حفرة فوق نقطة في حجم رأس الدبوس. وبفضل إمكانية تركيز أشعة الليزر إلى هذا المستوى من الدقة، تصبح هذه الأشعة شديدة القوة. فعلى سبيل المثال، يمكن لبعض الحزم اختراق الماس، وهو أصلب مادة في الطبيعة، بينما يستطيع بعضها إحداث تفاعل نووي صغير. كما يمكن نقل حزمة الليزر إلى مسافات بعيدة دون أن تفقد قوتها، مما يقودنا إلى دراسة خصائص شعاع الليزر، بغض النظر عن مادته أو نطاق طيفه. ومن بين مميزاته:

- أحادي اللون: أي أنه يتميز بعرض طيفي ضيق ينتج عنه تردد مفرد ونقي، وهذه خاصية كانت تتميز بها الأشعة الراديوية دون سواها.
- توازي الحزم الضوئية: أي أن التشتت أو التفرق في الحزمة يكون معدومًا، كما أنها بطبيعتها مركزة دون الحاجة إلى استخدام عدسات. وقد يصل قطرها إلى أقل من قطر رأس الدبوس، كما يمكنها الانتقال إلى مسافات طويلة بفقدها مقدار ضئيل من الطاقة، خاصة عند غياب المواد الممتصة في مسارها.
- توازي الحزم الضوئية أو الاتجاهية: يتميز الضوء العادي بكونه منفرجًا ويزداد الانفراج كلما زاد الابتعاد عن مصدره، حيث إن جميع المصادر التقليدية تصدر الضوء في جميع الاتجاهات (مثل الضوء المنبعث من المصباح). أما "الاتجاهية" فهي إحدى سمات ضوء الليزر التي تجعله ينتقل في اتجاه واحد ضمن نطاق ضيق. بالرغم من أن جميع أنواع الضوء تنتشر في النهاية وتتباعد عند تحركها عبر الفضاء، فإن ضوء الليزر يتميز بدرجة عالية من الاتجاهية مقارنة بأي مصدر تقليدي، مما يجعل التشتت أو التفرق في حزمته شبه معدوم.
- الترابط: الترابط بين موجات الحزمة الواحدة عالٍ جدًا ومتزامن، وهذا يساعد الموجات الضوئية أو الفوتونات على تقوية بعضها البعض، مما يمنح الحزمة طاقة وقدرة عاليتين. ويمكن أن يكون هذا الترابط ترابطًا بناءً، حيث يكون الفرق بين الموجات معدومًا، أو ترابطًا هدامًا، حيث يوجد فرق في الطور بين الموجات. يُعدّ الترابط من الخصائص المميزة لضوء الليزر، ويظهر عند حدوث الانبعاث الحثي، وهو عامل أساسي في التكبير الضوئي، حيث تنبعث الفوتونات بفرق طور محدد ومتوافق مع بعضها البعض. يوصف هذا الترابط بأنه ترابط زمني وترابط فضائي، وكلاهما مهم في إنتاج التداخل، والذي يستخدم في حالة رسم الضوء العادي غير المترابط، نظرا لكونه صادرًا عن ذرات مستقلة تبعث فوتونات بزمن وقدره 108 ثانية.
- الشدة الضوئية: يتميز شعاع الليزر بشدة عالية ومركزة في حزمة ذات قطر ضيق لا يتجاوز مليمترًا واحدًا. ومع استخدام البصريات الملائمة، يمكن تعديل عرض الحزمة وفق الحاجة. بالإضافة إلى ذلك، يمكن تركيزها في بقعة صغيرة تملك قدرة كثافية هائلة (أي القدرة لكل وحدة المساحة).

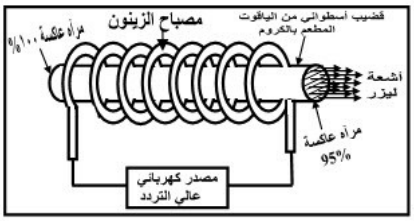
3. عيوب استخدام الليزر

تتمثل عيوب أشعة الليزر في كونها حزمة خطيرة، خاصة عند تعرّض العين لها، كما أنها تتطلّب قدرة عالية للتشغيل. وتعتمد تقنيات البحث المختلفة في هذا المجال بشكل عام على تحويل أنواع متعددة من الطاقة إلى طاقة ضوئية، مما يستلزم دقة متناهية في ضبط المستويات البصرية لضمان بدء الانبعاث الليزري.

4. العناصر الأساسية لليزر

يحمل العنصر الليزري في طياته القدرة على النفاذ في أغوار المواد، سواء كانت غازية أو صلبة أو سائلة، مما يؤدي إلى تسخين ذراتها وجزيئاتها وتحفيزها لإنتاج شعاع مميز بخصائصه الفيزيائية الفريدة وتطبيقاته المتنوعة. يتميز هذا الشعاع بجودة فائقة، ويتألف من دقائق ضوئية تُعرف بالفوتونات، ذات ترددات أو أطوال موجبة تعتمد على نوع المادة المثارة والطريقة المستخدمة في الإثارة. وقد يكون هذا الشعاع مرئيًا أو غير مرئي للإنسان، كما يمكن أن يكون مستمر التدفق أو متقطعًا (نبضيًا).

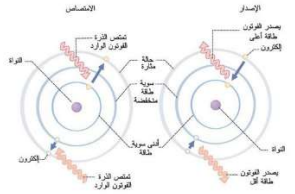
من المعروف في علم المواد أن المواد المختلفة تتكون من ذرات عنصر أو أكثر من عناصر الجدول الدوري، والتي يتجاوز عددها 104. تتحد ذرات هذه العناصر بطرق متنوعة لتكوّن عددًا لا يحصى من الجزئيات، التي بدورها تُشكّل المركبات المختلفة، مما يمنح المواد خصائصها المعروفة. من الممكن نظريًا إنتاج شعاع الليزر من كل هذه العناصر أو مركباتها، لكن عمليًا، تتطلب هذه العملية إيجاد طرق تحفيز مناسبة. وخلال السنوات القليلة الماضية، تم التوصل إلى إنتاج شعاع الليزر من عدد كبير من الذرات والجزيئات، سواء كانت في حالة غازية أو صلبة أو سائلة. بعض هذه الأجهزة متوفر تجاريًا، بينما لا يزال البعض الآخر قيد التجربة والبحث. تتميز هذه الأجهزة بتنوع أشكالها وأحجامها وطاقاتها، إلا أن أساسيات تصميمها واحدة، حيث تعتمد على ثلاثة عناصر رئيسية مشتركة: الوسط المادي، مصدر الطاقة، والمرنان.



الشكل 2: رسم تخطيطي لجهاز الليزر

المواد الفعالة شائعة الاستخدام حاليًا لإنتاج أشعة الليزر تشمل ما يلي:

- البلورات الصلبة: مثل الياقوت الصناعي (ruby)، وعقيق الألمنيوم، والزجاج المسمى بالياج (yag). على سبيل المثال، الوسط الفعّال في جهاز الليزر الروبي هو بلورة أكسيد الألمنيوم المطعمة بذرات الكروم، حيث تلعب هذه الذرات دورًا أساسيًا في منح الوسط الفعّال خصائصه الفريدة. في ليزر الروبي، تقوم ذرات الكروم بامتصاص الضوء ذي اللون الأزرق والأخضر، بينما تعكس فقط اللون الأحمر، مما يؤدي إلى إنتاج أشعة الليزر ذات اللون الأحمر. الوسط الفعّال في هذا النظام يكون على شكل أسطوانة، حيث تحتوي إحدى نهايتي الأسطوانة على مرآة عاكسة تمامًا للأشعة، بينما يوجد في الطرف الآخر مرآة عاكسة جزئيًا. يحيط بهذه الأسطوانة مصباح ضوئية عالية الشدة، تعمل على تمرير الضوء الأبيض داخل الوسط الفعّال. وكما هو معلوم، فإن طيف الضوء الأبيض الكهرومغناطيسي يتكون من ألوان متعددة. دور ذرات الكروم هنا هو امتصاص اللونين الأزرق والأخضر من هذا الضوء، مما يؤدي إلى إكساب إلكترونات ذرات الكروم طاقة، فتُمكّنها من الانتقال من مستوى الطاقة الأرضي إلى مستوى طاقة أعلى. وأثناء عودة هذه الإلكترونات إلى مستوى الطاقة الأرضي، ينبعث ضوء أحمر (انظر الشكل 3). عند انبعاث هذا الضوء، تقوم المرايا العاكسة (الكلية والجزئية) بعكسه وإرجاعه إلى الوسط الفعال، مما يؤدي إلى إثارة ذرات الوسط (أي انتقال الإلكترونات إلى مستويات أعلى). تتكرر هذه العملية، مما يؤدي إلى إنتاج مستمر للضوء الأحمر (الليزر)، حتى يكتسب هذا الضوء قدرة عالية.



الشكل 3: انتقال الإلكترون من مستوى إلى آخر وإصدار أو امتصاص ضوء

- المواد الغازية: مثل خليط غاز الهيليوم والنيون، وخليط الكادميوم والهيليوم وبخار الماء. يُعدّ خليط الهيليوم-نيون من أشهر مواد الوسط الفعّال لليزرات الغازية، وهو غير مكلف ماديًا. يعمل هذا النوع عند الطول الموجي 632نانومتر في منطقة اللون الأحمر في الطيف الكهرومغناطيسي، وكذلك عند الطول الموجي 543.5 نانومتر في منطقة اللون الأخضر من الطيف. يتكون جهاز الهيليوم-نيون لليزر من الوسط الفعّال (خليط من غاز الهيليوم وغاز النوين) داخل أنبوب زجاجي تحت ضغط منخفض، ومصدر الطاقة وهو عبارة عن تفريغ كهربي في حدود 1000 فولط بين الكاثود والأنود الموجودين عند نهايتي الأنبوب. تبدأ عملية إنتاج الليزر عندما تتصادم إلكترونات التفريغ مع ذرات الهيليوم. تتسبب هذه العملية في إثارة ذرات الهيليوم وانتقالها من المستوى الأرضي إلى المستوى الأعلى من مدارات الإلكترونات في الذرة، وهي المستويات المثارة. يحدث تصادم بين ذرات الهيليوم المثارة في المستوى الأرضي مع ذرات النيون القريبة منها عند هذا المستوى من الطاقة، حيث تنتقل الطاقة إلى ذرات النيون، مما يؤدي إلى انتقال إلكترونات ذرات النيون إلى المستوى الأعلى نتيجة لتوافق مستويات طاقة ذرات الهيليوم مع مستويات طاقة ذرات النيون. ينبعث شعاع الليزر وتعمل المرايا على عكس هذا الشعاع مرة أخرى، وتحدث تصادمات وتتكرر عملية الانبعاث لنحصل على الليزر.
- الجزيئات المتأينة: مثل غاز الأرجون وغاز الكربتون، حيث يُعد غاز الأرجون من الغازات النادرة ويُستخدم كوسط فعّال لإنتاج ليزر الأرجون. يتميز هذا الليزر بعمله في نطاق الموجات المستمرة، ويغطي أطوالًا موجية تتراوح بين 408.9 نانومتر و686.1 نانومتر، كما أنه يعمل بقدرة عالية تصل إلى 100 واط باستخدام عدة انتقالات. يتكون جهاز ليزر الأرجون من أنبوبة بلازما مزودة بقاذفة تحت تفريغ عالٍ ومركبة مرتين (resonator assembly)، تُركّب فيها القاذفة (bore) وتعمل بدور العدسة لتجميع الضوء المتوافق عند طول موجي واحد، حتى تتمكن أنبوبة البلازما من إنتاج طاقة ليزرية. وللحصول عليها توضع مرايا عمودية عند طرفي القاذفة: إحداهما عاكسة تمامًا للضوء والأخرى عاكسة جزئيًا، بحيث يمكن ضبط زوايا المرايا. لكي تقوم أنبوبة البلازما بعملها، يجب دعمها بمصدر جهد لإحداث تفريغ داخل القاذفة. يؤدي ذلك إلى استثارة وتأيين ذرات الارجون، لتنتقل من مستوى طاقة أدنى إلى مستوى طاقة أعلى، وعندها تُطلق فوتونات ذات طاقة مناسبة. يعتمد الطول الموجي لهذه الفوتونات على المستويات الطاقوية، حيث يقع ضمن نطاق 400-600 نانومتر، مع انبعاث فوتونات فوق بنفسجية.
- الجزيئات الغازية: مثل غاز أول أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكربون، يُعد هذا النوع من الوسط الفعّال قادرًا على إنتاج ليزر متصل بقوة 10 كيلو واط. تعمل آلية هذا الليزر بطريقة مشابهة لليزر الهيليوم-نيون، حيث يستخدم التفريغ الكهربائي في ضخ الإلكترونات مع إضافة نسبة من غاز النتروجين. إن لليزر أكسيد الكربون دورٌ فعال، ويمكن إنتاج الليزر حتى وإن كانت كفاءته في حدود 30%. ويُستخدم في اللحام وعمليات القص. يحدث الانبعاث لهذا النوع من الليزر عند الطول الموجي 10.6 ميكرومتر، وقدرة شعاعه تتراوح ما بين 10 وات و25 كيلووات أو حتى 100 كيلووات. والوسط الفعّال هو خليط من غاز ثاني أكسد الكربون والهيليوم والنتروجين بنسب 0.8: 7: 1 على التوالي. يتم ضخ الإلكترونات عن طريق التفريغ الكهربائي بتيار متردد أو تيار مستمر.

- الصبغات السائلة: هي صبغات كيمائية عضوية مختلفة مذابة في الماء. يعمل هذا النوع من الليزرات عند الترددات المستمرة مع جزيئات محدده ذات صبغة كيمائية. ولجزيئات هذه الصبغات عدد كبير من خطوط الطيف، ولكل خط طيف خصائصه، ويمكن ضبط ترددات هذه الخطوط لإنتاج الليزر.

5. تطبيقات الليزر

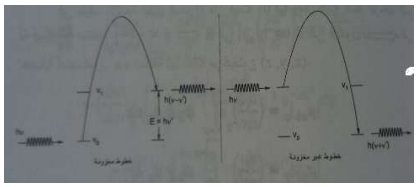
تنبع تطبيقات الليزر بشكل مباشر من خصائصه الفريدة، مما يجعله أداة مهمة في عدة مجالات منها:

1.5. تطبيقات الليزر في الفيزياء والكيمياء

لاحظ راماان (Raman) أنه عند سقوط ضوء شديد بطول موجي معين على جزيء، فإن شعاعًا بنفس الطول الموجي سيتشتت عن الجزيء، بالإضافة إلى خطوط أخرى ضعيفة الشدة متقاربة وبطول موجي أقصر بقليل أو أكبر بقليل من طول موجة الشعاع الساقط. فمثلًا، لو كانت طاقة الشعاع الساقط hv_o، فإن طاقة الأشعة المشتتة تعطى بالعلاقة:

$$hv = hv_o \mp \Delta E$$

حيث إن ΔE هو فرق الطاقة بين مستويين متذبذبين أو مستويين دورانيين للجزئ. هذا المقدار لا يعتمد على المصدر الضوئي، بل يعتمد فقط على خصائص التركيب الجزيئي للمادة (انظر الشكل 4).



الشكل 4: نموذج الهزاز التوافقي لراماان

لقد فتح هذا المجال إمكانيات البحث في ظواهر متعددة تعتمد على القابلية الجديدة لقياسات التحليل الزمني القصير جدًا. إذ إن معظم العمليات في الفيزياء والكيمياء وعلم الأحياء تحدث على مقاييس زمنية في حدود البيكوثانية. يمكن تضييق عرض النطاق الترددي إلى بضع عشرات كيلوهرتز، مما يسمح بإجراء القياسات الطيفية بدقة تحليلية تفوق المطيافية التقليدية بعدة مراتب، تتراوح بين 3 و6.

مما سبق، تتضح أهمية استخدام الليزر كمصدر ضوئي في علم الأطياف، مقارنةً بالمصادر الضوئية التقليدية، ويمكن تلخيصها فيما يلي:

- بما أن نسبة الجزء المتشتت من الأشعة الساقطة صغيرة جدًا، فإن استخدام حزمة الليزر الشديدة يوفر وسيلة أكثر دقة وأسهل للكشف عنه وقياسه.
- يسهم استخدام الليزر في زيادة قدرة التحليل للطيف الناتج، وذلك بسبب النقاوة الطيفية للمصدر.
- يزداد التشتت مع زيادة تردد الإشعاع الساقط، لذا فإن استخدام مصدر الليزر الذي يعمل قرب الضوء الأزرق (ليزر أيون -الأركون) يكون مثاليًا.
- يمكن الكشف عن الأشعة المشتتة باستخدام أجهزة الكشف الاعتيادية المتوفرة للاستخدام في المدى المرئي.

يُستخدم الليزر في كل الأغراض التشخيصية، ولإنتاج تفاعلات كيميائية غير قابلة للانعكاس (الكيمياء الضوئية باستخدام الليزر).

يمكن الحصول على معلومات مهمة حول تركيب وخصائص الجزيئات متعددة الذرات، بالإضافة إلى قياس التركيز ودرجة الحرارة لصنف معين من الجزيئات.

يمكن استخدام أشعة الليزر في الكيمياء الضوئية، على سبيل المثال في فصل النظائر، حيث يتم إثارة انتقائية لنوع النظير المرغوب فيه بواسطة أشعة الليزر. تتم هذه العملية من خلال التأين الضوئي للنظير المطلوب باستخدام ضوء ذي طول موجي ملائم، طالما أن هذا النظير قد ضخ إشعاعيًا إلى عدد من الحالات المثارة، وبعد ذلك يُجمع النظير المؤين باستخدام حقل كهربائي مستمر.

2.5. تطبيقات في علم الأحياء

يُستخدم الليزر كأداة للتشخيص أو لإحداث تغير غير قابل للانعكاس في الجزيئات الحية للخلية أو للأنسجة (علم الأحياء الضوئي).

- التفلور المستحث بواسطة نبضات الليزر القصيرة جدًا في DNA.
- استثارة رامان كوسيلة لدراسة الجزيئات الحية، مثل الهيموغلوبين والرودوبسين المسؤول عن عملية الإبصار.
- مطيافية ترابط الفوتون للحصول على معلومات حول درجة تجمع الجزيئات الحية المختلفة.
- تقنيات التحلل بضوء ومضائي ضمن نطاق البيكوثانية لفحص السلوك الديناميكي للجزيئات الحية بدقة في حالتها المثارة.

يُستخدم الليزر في علم الأحياء لإحداث تغير غير قابل للانعكاس في الخلية أو مكونات الخلية (تقنية الحزمة الدقيقة micro beam)، حيث تُركز أشعة الليزر بواسطة ميكروسكوب على منطقة من الخلية قطرها يساوي تقريبًا الطول الموجي لليزر ($0.5\ \mu m$)، لغرض دارسة عمل الخلية بعد التغيير الذي يُحدثه الليزر في منطقة معينة من الخلية.

3.5. تطبيقات الليزر في الطب

- لغرض المعالجة: تُجرى الدراسات حول كيفية تدمير الخلية الحية أو أجزاء منها باستخدام تقنية حزمة الليزر المجهرية، حيث يُوجَّه الضوء عبر العدسة الشيئية للمايكروسكوب إلى منطقة صغيرة من الخلية قطرها قريب من طول موجة الليزر المستخدم. والهدف الأساسي من هذه الدراسة هو مراقبة استجابة الخلية ووظائفها بعد إحداث تدمير جزئي لها باستخدام الليزر.
- في الجراحة: يُستخدَم مشرط الليزر كبديل للمشرط التقليدي، حيث تُوجَّه حزمة الليزر المركزة وتنتخب الأشعة تحت الحمراء، فتمتص أنسجه الجسم هذا الجزء من الإشعاع بشكل فعّال، ومن قِبل جزيئات الماء مما يؤدي إلى تبخرها بسرعة، متبوعا بقطع في النسيج.

من مزايا استخدام مشرط حزمة الليزر في الجراحة:

- إمكانية إحراء شق بدقة عالية، خاصة عند توجيه الحزمة باستخدام مايكروسكوب (الجراحة المجهرية)،
- القدرة على إجراء العمليات في مواضع يصعب الوصول إليها باستخدام الأدوات التقليدية،
- تقليل الخسائر الجانبية، مثل النزيف الناتج عن قطع الأوعية الدموية، مقارنةً بالمشرط التقليدي.

ومن مساوئ استخدام مشرط الليزر:

- التكلفة العالية والتعقيد في تقنية هذه الوحدة الجراحية،
- سرعة القطع مقارنةً بالمشرط التقليدي،
- مخاطر الأمان المرتبطة باستخدامه.

- طب العيون: يُستخدم ليزر الأرجون في علاج انفصال الشبكية وتقرحاتها، حيث تمتص خلايا الدم الحمراء في الشبكية شعاعه الأخضر المار عبر عدسة العين، مما يؤدي إلى تأثير حراري يساعد في إعادة ربط الشبكية.
- الأنف والأذن والحنجرة: يُستخدم الليزر في جراحات القصبة الهوائية، والبلعوم، والأذن الوسطى، وغيرها من الأعضاء التي يصعب الوصول إليها، مع إمكانية إجراء العمليات بدقة عالية باستخدام الميكروسكوب الجراحي.

- جراحة الفم: يُستخدم الليزر في إزالة الأورام الحميدة والخبيثة، كما يُسهم في وقف النزيف الدموي، والتخفيف من الآلام وتقليل احتمالية التقرح بعد العمليات الجراحية.
- الأمراض الجلدية: يُستخدم الليزر في إزالة البقع والوشم، إضافةً إلى علاج أمراض الأوعية الدموية التي تسبب تغيّر لون الجلد وبعض الاضطرابات الجلدية الأخرى.
- جراحة القلب: يُستخدم الليزر في فتح قنوات جديدة إلى القلب للمرضى الذين يعانون من ألم الذبحة الصدرية والتصلب التعصدي الناتج عن انسداد بعض الأجزاء من الشرايين التاجية، خاصةً في الحالات التي لا يمكن فيها إجراء عملية التحويلة التقليدية.

4.5. تطبيقات الليزر العسكرية

- **مقدرة المدى الليزرية** تعتمد تقنية قياس المدى بالليزر على نفس المبدأ المستخدم في عمل الرادار، حيث تُوجَّه نبضة ليزر قصيرة الأمد (بحدود 10 نانوثانية) نحو الهدف، ويتم استقبال النبضة المستطارة المرتدة بواسطة مستلم بصري يتضمن كاشفًا ضوئيًا. بقياس زمن طيران نبضة الليزر (ذهابًا وإيابًا) وبمعرفة سرعة الضوء يمكن حساب بعد الهدف.
- **السيطرة والتوجيه**
- **تخصيص الهدف**: يعتمد الليزر المستخدَم في تحديد الأهداف على مبدأ بسيط، حيث يوضع في موقع استراتيجي لإضاءة الهدف. ونظرًا لشدة سطوع حزمة الليزر، يظهر الهدف على شكل نقطة مضيئة عند رصده عبر مرشح بصري. يتم تحديد موقع الهدف، ثم يُوجَّه السلاح نحوه من محطة أرضية أو طائرة. ويزوَّد السلاح بجهاز تحسس، والذي قد يتكوّن من عدسة لتصوير الهدف وإسقاط صورته على كاشف ضوئي رباعي، مما يتيح إحكام التحكم في آلية توجيه السلاح. بهذه الطريقة، يتم تنفيذ عملية التصويب بدقة عالية.
- **الأسلحة موجهة الطاقة**: في هذه التقنية، يتطلب النظام الليزري قدرة عالية تصل إلى ميجاواط لفترة زمنية لا تقل عن بضع عشرات من الثواني، حيث تُوجَّه حزمة الليزر نحو الهدف (طائرة، صاروخ) عبر نظام تحكم بهدف إحداث تلف غير قابل للإصلاح في أجهزة التحسس أو إلحاق ضرر بسطح الهدف، مما يؤدي إلى إسقاطه. ونظرًا للتحديات التي تواجه المحطات الأرضية، مثل ظاهرة التنوير الحراري (thermal blooming) حيث تؤدي حزمة الليزر إلى تسخين الجو وامتصاص الأشعة، مما يكوّن عدسة سالبة تُضعف شدة الليزر وتفرّق الأشعة—فإن نقل الليزر إلى ارتفاعات عالية يصبح ضروريًا. لذا، يتم حمله على متن طائرة تحلق على ارتفاعات شاهقة أو قمر صناعي، مما يحدّ من تأثير الظواهر الجوية ويعزز كفاءة السلاح الليزري. ومن أبرز أنواع الليزر المستخدمة في هذه الأنظمة الليزرات الكيميائية مثل فلوريد الهيدروجين (HF) وفلوريد الديوتيريوم(DF)، نظرًا لإمكانية تخزين الطاقة المطلوبة على شكل طاقة كيميائية، مما يُغني عن الحاجة إلى مصادر طاقة خارجية مثل الكهرباء.

5.5. تطبيقات الليزر في الحياة اليومية

- الأقراص الليزرية (CD)،
- قارئ الرموز الشريطية (barcodes)،
- الطابعات الليزرية،
- الحاسوب الضوئي،
- الجايروسكوب الضوئي،
- عروض الليزر في المناسبات والاحتفالات،
- الماسح الليزري.

المراجع

[1] إيناس محمد الأتربي، الطب والحياة-الليزر والأمراض الجلدية، دار جامعة نايف، 2016.

[2] عبد الحميد زغداوي، وليد قصار، التحليل الطيفي باستعمال أطياف الاشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2010.

[3] عبد الحميد زغداوي، وليد قصار، الجامع في التحليل الطيفي، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 2020.

[4] عبد الله صالح الضويان، تطبيقات الليزر العسكرية، الندوة العلمية الإرهاب البيولوجي، مركز الدراسات والبحوث، الرياض، 2005.

[5] سمير عشور، مقدمة في الليزر وتطبيقاته، دار الكتب العلمية، القاهرة، 2014.

[6] رنا أياد غالب، لبنى عبد العظيم البياتي، التطبيقات البيولوجية والطبية لأشعة الليزر، Journal of University of Babylon 28(3) 2020.

[7] محمد كوسا، فيزياء الليزر وتطبيقاته، منشورات جامعة دمشق، 2005-2006.

[8] J.L. Bromberg, The Laser in America, 1950-1970. MIT Press, 1991.

[9] R.Y. Chiao, Amazing Light: A Volume Dedicated to Charles Hard Townes on his 80th Birthday. Springer, 2012.

[10] A.H. Rawicz, Theodore Harold Maiman and the Invention of Laser. Photonics, Devices, and Systems IV. 713802. SPIE, 2008.

[11] A.L. Schawlow, Laser Spectroscopy of Atoms and Molecules. Science 202, (1978), 141-147.