جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

صيانة منظومات الليزر

الصف الثالث

تأليف

أ.د.عدويـــة جمعة حيدر
أ.د. حـازم لويس منصور
د. عدوية محسن علوان
هالــة عبد الصاحب وادي
علـــي لائـــق عبـد

الطبعة الثالثة
2023م- 1445هـ

المقدمة

يعد قسم صيانة منظومات الليزر وتطبيقاتها متميزا على الصعيد المحلي والأقليمي والعالمي، وخصوصا فيما يخص تأليف كتب المرحلة الثالثة التي تعد فريدة من نوعها والتي تم فيها لاول مرة تأليف كتب مهنية تخص صيانة منظومات الليزر لطلبة الاعدادية المهنية.

يسعى كتاب التدريب العملي صيانة منظومات الليزر للمرحلة الثالثة إلى التطوير المستمر والأبتكار فى مجال علوم الليزر وتطبيقاتها ولتغطية حاجة البلد من المهنيين المتدربين في هذا التخصص الذي دخل كأداة في مؤسسات الدولة كافة، الصناعية والطبية والبيئية والهندسية والاتصالات.

صمم المنهج لاكساب الطالب في هذه المرحلة ومن التجارب (التمارين) التي وضعت في متناول هذا الكتاب، والتي هي عبارة عن (23) تجربة في صيانة منظومات الليزر، والتي تمثل خبرة علمية وعملية في تشغيل وصيانة الدوائر الخاصة بمجهزات القدرة لتشغيل وضخ الليزر ودوائر القدح والسيطرة.

كما يهدف الكتاب الى إكساب الطلبة خبرة ميكانيكية في صيانة الاجزاء الميكانيكة لمنظومات الليزر وخبرة عملية في صيانة منظومات التبريد والتفريغ الخاصة بتشغيل منظومات الليزر.

واخيرا يتناول الكتاب وسائل الامان والسلامة والحذر من المخاطر التي قد تسببها اشعة الليزر عند العمل بالليزر داخل المختبر او في حقل العمل.

.....والله ولي التوفيق.

المؤلفون

المحتويات

تسلسل التمارين	الموضوع	رقم الصفحة
	المقدمة	3
	مفاهيم في جوانب السلامة والامان في مختبرات وورش عمل الليزر	16-5
1	مجهز قدرة معدل (مقوم) نصف موجة	25 -17
2	مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة	30 -26
3	مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة باستعمال قنطرة	37 -31
4	مجهز قدرة ثلاثي الفولطية	43 -38
5	دوائر تشكيل النبضة	52 - 44
6	تحقيق التأين الاولي باستعمال الاوتاد	60 - 53
7	التركيب الميكانيكي لفجوة القدح	66 - 61
8	دوائر القدح (لفجوة الشرارة والمصابيح الوميضية)	71 - 67
9	دوائر التضمين وفك التضمين	81 -72
10	معلمات المصابيح الوميضية	88 - 82
11	صيانة المصابيح الوميضية ومحاذيرها	96 - 89
12	دراسة معلمات التفريغ الكهربائي لليزرات الغازيه	105 -97
13	الليزرات شبه الموصلة	113 -106
14	دائرة تسويق التيار لليزرات شبه الموصلة	123 -114
15	منظومة موسع الحزمة (تقليل انفراجية حزمة الليزر)	131 -124
16	منظومة التلسكوب(التبئر لحزمة الليزر)	137 -132
17	صيانة منظومات التفريغ من التسريب	144 -138
18	صيانة مضخات التفريغ ومقاييسها	158 -145
19	صيانة منظومات التبريد	165 -159
20	صيانة ليزر هيليوم – نيون	175 -166
21	صيانة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون	183 -176
22	صيانة ليزر نيديميوم – ياك	193-184
23	صيانة ليزر الصبغة (ليزر السائل)	201-194

مفاهيم في جوانب السلامة والامان في مختبرات وورش عمل الليزر
Safety and peace concepts in laser's Laboratories

1-1 تمهيد

تستعمل اشعة الليزر منذ سنوات طويلة في مجالات كثيرة منها التقنية، العلمية، الطبية، العسكرية، ....الخ. كما ان التطور التقني السريع في انتاج اجهزة الليزر بقدرات مختلفة ادى الى انتشار واسع في تطبيقات واستعمالات هذه الاجهزة وكذلك الى انخفاض كبير في كلفة انتاجها.

الشكل (1) استعمال الليزر في الصناعة

ولكن بالرغم من الاستعمالات الجيدة والايجابية وخاصة في المجالات الطبية، ان كانت علاجية او تشخيصية، فان ذلك يترافق دائما بتأثير مباشر لاشعة الليزر على الانسان، وخاصة على سبيل المثال بعد ان اصبحت معالجة بعض امراض الجلد ممكنة باستعمال اشعة الليزر. كما ان توفر بعض اجهزة الليزر وباسعار مناسبة ساهم في ازدياد انتشارها واستعمالها في مجالات عدة من حياتنا اليومية. ولكن تبقى الحالة الاكثر خطورة هي عند العمل مع الاجهزة الليزرية ذات القدرات العالية دون معرفة تأثيرها على الانسان او مدى خطورة التعامل مع هذه الليزرات على صحة الانسان. كما ان البعض ممن يستعملون اجهزة الليزر في اعمالهم ليس لديهم خبرة او تأهيل مناسب حول طبيعة هذه الاجهزة او الاشعة الليزرية وبالتالي فانهم قد يجهلون اضرارها واخطارها وكذلك طرق الامان الملائمة عند استعمالها.

عزيزي الطالب المستعمل للاجهزة في مختبرات وورش عمل الليزر، سبق وان درست بعضاً من الاضرار التي ربما قد يتعرض لها الانسان اثناء استعمال الليزر، ونظراً لاهمية وحيوية موضوع السلامة والامان في مختبرات وورش عمل الليزر سيما وان الموضوع يتعلق بصورة مباشرة بصحة وسلامة الانسان وخصوصاً فـي موضوعنا هذا، التدريب العملي، اذ انك ستتعامل مع الاجهزة عمليا، ولتعزيز

حصانة العاملين في هذا المجال، فقد ارتأينا ان نبين هنا عددا من هذه الاضرار وتحوطات السلامة والامان في مختبرات وورش عمل الليزر قبل البدء بتطبيق التمارين (التجارب) العملية المتعلقة باستعمال الليزر وذلك من اجل ايجاد قواعد محددة وواضحة يجب التقيد بها عند العمل باشعة الليزر من اجل الحفاظ على سلامة العاملين في هذا المجال.

الشكل (2) استعمال الليزر في الطب

انطلاقا من ذلك يجب علينا عند العمل باشعة الليزر الانتباه الى الاضرار التي من الممكن ان نتعرض لها وهي بصورة عامة على نوعين:-

النوع الاول:- اضرار ليزرية مباشرة تنتج عن تأثير اشعة الليزر الصادرة من المصدر الليزري مباشرة على الجسم البشري غير المحمي بوسائل الامان الملائمة مثل تضرر العيون او الحروقات الجلدية، او تأثير اشعة الليزر المنعكسة عن سطوح عاكسة او مشتتة .

النوع الثاني:- اضرار ليزرية غير مباشرة تنتج عن التجهيزات المساعدة والمتممة لعملية تشغيل اجهزة الليزر او تأثير اشعة الليزر على الوسط المحيط بمكان العمل مما قد يسبب اندلاع حرائق او مواد سامة تنتج عن تفاعل اشعة الليزر مع العينات التي يتم دراستها .

الشكل (3) مختبر ليزر

2-1 الاضرار الليزرية المباشرة

ان احتمال التعرض الى اضرار صحية عند العمل باشعة الليزر وكذلك نوعية هذه الاضرار تتعلق بعوامل عدة منها طاقة اشعة الليزر وكثافة الاشعة وطول الموجة ومدة التعرض للاشعاع بالاضافة الـــــى طبيعة الجزء (النسيج او العضو) من جسم الانسان الذي يتعرض لاشعة الليزر، لذلك يمكن تقسيم تأثير هذه الاشعة بصورة عامة الى ثلاث أنواع :

أ- التأثير الحراري:

يمتد التأثير البيولوجي للتأثير الحراري من حالة احمرار الجلد وحتى حالة الاحتراق وهو التأثير الاكثر ضررا نسبيا ويتعلق بكثافة طاقة الاشعة والقدرة المؤثرة والفترة الزمنية التي يتعرض لها الجسم للاشعة وكذلك العمق الذي تؤثر فيه. ويؤدي هذا التأثير الى تشكل خط حاد يفصل بين البقعة التي تأثرت بالاشعة والوسط المحيط بها دون ان يؤدي ذلك الى نزيف دموي عادة، وهذا التأثير يستعمل عادة في العمليات الجراحية الدقيقة.

الشكل (4) يبين استعمال الدخان لاظهار شعاع الليزر

ب- التأثير الحراري- الصوتي اللاخطي :

يظهر هذا التأثير عندما تكون كثافة الطاقة والقدرة عاليتين جدا ففي هذه الحالة يترافق التأثير الحراري بتأثير اخر صوتي لذلك سمي بالتأثير الحراري-الصوتي وهو عبارة عن تأثير لاخطي، حيث يؤدي ذلك الى احتراق شديد في الجلد لدرجة التبخرالذي قد يسبب تلف خلايا البشرة مترافقا باصوات تنتج عن ذلك التلف. كما يمكن ان يؤدي الى توليد موجات ضغط عالية على العين او الدماغ ونلاحظ هذه الحالة عند استعمال الليزرات النبضية حيث تكون النبضة الليزرية قصيرة جدا وذات كثافة طاقة وقدرة عاليتين جدا. فعندما يتعرض الجلد لمثل هذه النبضات تتولد موجات ضغط عالية الشدة قد تسبب تمزق الجلد وتناثر اجزاء صغيرة من المنطقة التي تعرضت للتأثير ويرافق ذلك نزيف دموي حاد عادة.

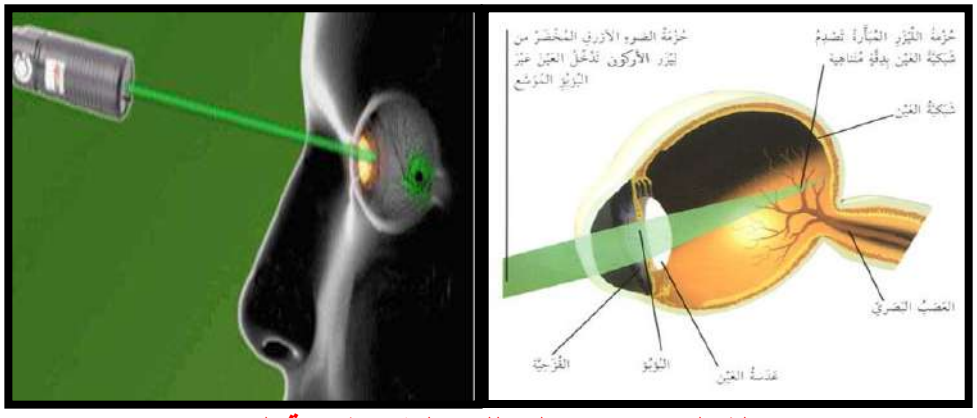
ج- التأثير الكيميائي- الضوئي :

الاشعة الليزرية ذات كثافة طاقة وقدرة منخفضتين لها تأثيرات كيميائية – ضوئية على مكونات خلايا الجلد مما قد يؤدي الى تغيرات وظيفية في التفاعلات الكيميائية التي تحدث ضمن مكونات الخلايا.

العين هي اكثر اجزاء الجسم البشري تأثرا بالاضرار الناتجة عن استعمال ليزرات تبعث اشعة في منطقة طيف الضوء المرئي والمنطقة تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهرومغناطيسي، اما الجلد فيتأثر عند استعمال ليزرات تبعث اشعة في المنطقة فوق البنفسجية والمنطقة تحت الحمراء البعيدة.
وفي مايلي وصف موجز لهذين الضررين.

1-2-1 اضرار العين

تتميز كل من عدسة العين والسائل الزجاجي في العين بنفوذية عالية للاشعة في منطقة طيف الضوء المرئي والمنطقة تحت الحمراء القريبة، اي للاشعة التي تتراوح اطوالها الموجية تقريبا ما بين (400-1200)nm. اما خارج هذا المجال تكون نفوذية الاشعة صغيرة جدا لدرجة انها قد تنعدم عند الاطوال الموجية اكبر من (1400nm) حيث لاتنفذ اية اشعة الى شبكية العين وانما تمتص في الاعضاء الامامية للعين وهي القرنية والعدسة. انطلاقا من ذلك تمثل الاشعة المرئية والاشعة تحت الحمراء القريبة الخطر الاكبر على العين. حدقة العين صغيرة (ابعادها 2-8 mm) فالاشعة التي تجتازها سوف تتجمع على شكل نقطة على الشبكية نتيجة لعملية التركيز (focus) التي تقوم بها عدسة العين للاشعة ويكون قطر هذه النقطة حوالي (10µm) مما يؤدي الى ازدياد في شدة الاشعة بشكل كبير جدا. ويتعلق ذلك بكل من قطر حدقة العين وقطر الصورة المتكونة على الشبكية.



الشكل (5) استعمال الليزر لعلاج شبكية العين

ان طبيعة ومقدار الضرر الذي يمكن ان تتعرض له العين يتعلق بعوامل عدة وهي:

a. طول موجة اشعة الليزر.
b. كثافة الطاقة او قدرة اشعة الليزر.
c. قطر حدقة العين.
d. مساحة الصورة المتكونة على شبكية العين.
e. الفترة الزمنية التي تتعرض لها العين للاشعة المباشرة وغير المباشرة.

انطلاقا من ذلك فانه يمكن ان تتضرر عدسة العين والسائل الزجاجي في العين وشبكية العين وايضا الاجفان التي تحمي العين لدرجة يتعذر عندها معالجة الاضرار الناتجة. ويجب التنويه ايضا الى انه بسبب تركيز عدسة العين لأشعة الليزر يمكن أن تتضرر الشبكية وتتشكل عليها مناطق عمياء (بقع سوداء) والتي لا يلاحظها الشخص المصاب بشكل مباشر وهذا يحدث عندما تدخل اشعة الليزر على شكل نبضات الى العين بشكل مفاجئ او عندما تكون اشعة الليزر في مجال المنطقة تحت الحمراء القريبة مثلا والتي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

لوقاية عين الانسان من اشعة الليزر، يجب استعمال النظارات الواقية في كل مكان توجد فيه اجهزة ليزرية او ادوات تعمل باشعة الليزر للحماية من تأثيرات هذه الاشعة. ويجب ان تحوي هذه النظارات في تركيبها على مواد تلعب دور مرشحات ضوئية تعمل على مبدأ فلتر الامتصاص الانتقائي. والهدف من ذلك هو عدم السماح بمرور اشعة ليزرية ذات طول موجة محدد، بينما يسمح لبقية الاطوال الموجية للطيف المرئي بالنفوذ من خلاله مع المحافظة على طاقتها.

وبالاضافة الى استعمال النظارات الواقية يجب اجراء مراقبة طبية دائمة ودورية وتحت اشراف اطباء العيون لتشخيص الاضرار الناتجة عن العمل للاشخاص الذين يستعملون اشعة الليزر وبالتالي معالجة هذه الاضرار في الوقت المناسب، فمن المحتمل ان تصاب العين باضرار لايمكن معرفتها او ملاحظتها الا من الفحوصات الطبية للعين.

الشكل (6) بعض المستلزمات المستعملة للوقاية من اشعة الليزر

2-2-1 اضرار الجلد

يمتص الجلد بنسبة كبيرة جدا الاشعة التي تقع في المنطقة فوق البنفسجية وفي منطقة تحت الحمراء البعيدة من الطيف الكهرومغناطيسي مما قد يؤدي الى اضرار بالغة الخطورة مثل الاحتراق وهذا يعتمد على عوامل عدة وهي :

1- امتصاص الجلد لاشعة الليزر المستعملة او تشتيتها وذلك يعتمد على طولها الموجي.
2- كثافة طاقة اشعة الليزرالساقطة على الجلد.
3- الفترة الزمنية التي يتعرض خلالها الجلد لاشعة الليزر.
4- مساحة البقعة من الجلد التي تتعرض لاشعة الليزر.

الشكل (7) يبين الاضرار الجلدية بسبب التعرض المباشر لاشعة الليزر

3-1 الاضرار الليزرية غير المباشرة

ان المسبب لهذه الاضرار هو الاجهزة المرتبطة مع اجهزة الليزر او تأثير اشعة الليزر على الوسط المحيط بمكان العمل او المواد التي تجري معالجتها او دراستها باشعة الليزر، بصورة عامة يمكن تصنيف هذه الاضرار كما يلي :

1. **اضرار ناتجة عن التيار الكهربائي:**

ان وحدات التغذية الكهربائية ووحدات التحكم باجهزة الليزر وخاصة اذا كانت اجهزة الليزر من ذوات القدرة العالية فهي تحتاج الـــــى جهـــود كهربائية عالية والتي قد تتراوح بين (30 – 35)KV لتوليد اشعة الضخ التي تستعمل فيما بعد لاثارة الوسط الليزري الفعال، لذلك يجب الانتباه والحذر عند التعامل مع هذه الاجهزة.

2. **اضرار ناتجة عن الاشعة السينية:**

عند تشغيل اجهزة الليزر ذات القدرة العالية يتم استعمال وحدات تغذية كهربائية ذات جهود عالية نسبيا مما يولد اشعة سينية، لذلك يجب التأكد من هذه الاشعة واتخاذ اجراءات الوقاية والامان منها عند العمل في مثل هذه المواقع.

3. **اضرار ناتجة عن تحطم مكونات اجهزة الليزر:**

يمكن ولاسباب مختلفة ان تتحطم او تنكسر الانابيب الزجاجية التي تحوي على غازات الوسط الليزري الفعال او المصابيح المستعملة في عملية الضخ الضوئي او بعض مكونات اجهزة الليزر المصنوعة من الزجاج مثلا، لذلك يجب الانتباه والحذر عند التعامل مع هذه الاجهزة.

4. **اضرار ناتجة عن اجهزة التبريد:**

يمكن التعرض لهذه الاضرار عند استعمال الآزوت السائل مثلا لتبريد الاجسام الصلبة في الوسط الليزري الفعال كما هو الحال في ليزرات الحالة الصلبة وبالتالي لابد من الانتباه عند التعامل مع الآزوت السائل لما له من أثار حارقة في حالة سقوطه على الجلد.

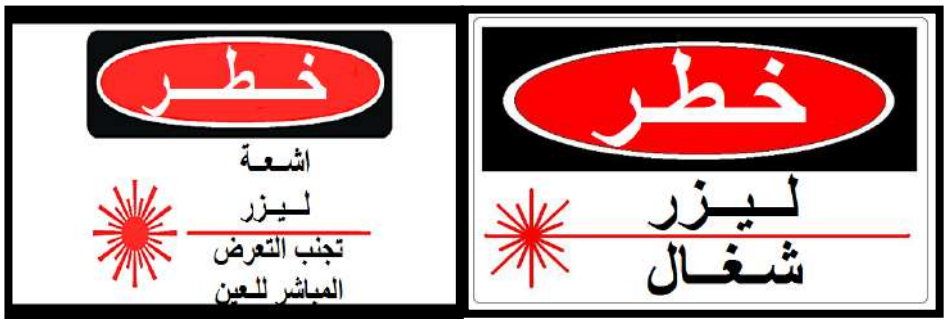
بالاضافة الى الاضرار السابقة هناك اضرار قد تنتج عن اندلاع حرائق بسبب الاهمال في مراقبة اتجاه ومسار شعاع الليزر او بسبب الاضاءة الشديدة التي تنتج عن مصابيح الضخ الضوئي غير المحمية بحواجز حاجبة للضوء او بسبب تشكل مواد سامة نتيجة لتفاعل اشعة الليزر مع بعض المواد والمركبات الكيميائية التي تجري دراستها.

4-1 اجراءات السلامة والامان العامة

ادى التطور الكبير الذي شهده علم الليزر الى وضع جملة من القواعد العامة من اجل زيادة عوامل الامان عند استعمال اجهزة الليزر. ولذلك يجب دوما التأكيد على التقيد التام بهذه القواعد وفقا لطبيعة وهدف العمل الذي نقوم به، ان كان بإجراء التجارب المختبرية التي تعتمد على اشعة الليزر او من جهة استعمال اجهزة الليزر كأداة للعمل في المجالات المختلفة الاخرى، وقد درست سابقا عددا من قواعد السلامة والامان ولأهمية الموضوع وحيويته بالنسبة للانسان فاننا نورد قواعد السلامة والامان العامة الآتية :

أ- قواعد السلامة والامان في مختبرات وورش عمل الليزر:

1. يجب دائما وضع اشارة التحذير، مثلا (خطر ليزر)، ذات اللون الاصفر (او الاحمر) على ابواب المختبرات وورش العمل التي تحوي على تجهيزات مختبرية او ادوات تعمل باشعة الليزر.
2. عدم السماح بدخول الاشخاص الذين لاعمل لهم الى المختبرات وورش العمل التي وضعت عليها اشارة التحذير من الليزر.



الشكل (8) نماذج اشارات تحذيرية لمختبرات وورش عمل الليزر

3. يجب ان تكون ورش العمل مضاءة بشكل جيد وذلك من اجل حرية التحرك بوضوح دون الاصطدام بالاجهزة وخاصة الادوات البصرية التي تستعمل لضبط مسار شعاع الليزر والتحكم فيه. كما يجب ان يكون الطلاء على الجدران من النوع غير اللامع لتجنب انعكاس اشعة الليزر عن الجدران بشكل عشوائي مع وجود ستائر سوداء على نوافذ المختبر.
4. يجب ان يتوفر قاطع دورة عام خارج المختبر او ورشة العمل بحيث يسمح بقطع التيار الكهربائي عن جميع التجهيزات والوحدات الملحقة بأجهزة الليزر في الحالات الطارئة.

5. قبل البدء بعملية تشغيل اجهزة الليزر يجب تنبيه جميع الاشخاص الموجودين داخل المختبر او ورشة العمل.
6. يفضل عدم وضع اية مواد قابلة للاشتعال او الانفجار ضمن المختبرات او ورش العمل.
7. يفضل ان لا يشتغل شخص بمفرده في مختبر او ورشة عمل الليزر.
8. وضع مصباح تحذيري عند مدخل المختبر او ورشة عمل الليزر يضاء اوتوماتيكيا مع تشغيل جهاز الليزر لمنع دخول الاشخاص الى المختبر او ورشة العمل بشكل مفاجئ.
9. تحديد اتجاه انتقال شعاع الليزر داخل المختبر او ورشة عمل الليزر بحيث لا يتعارض مع حركة الاشخاص داخل المختبر او ورشة عمل الليزر.
10. عدم التدخين في مختبر او ورشة عمل الليزر.

الشكل (9) علامة تحذيرية لمنع التدخين في مختبرات وورش عمل الليزر

11. وضع حواجز امام المواد القابلة للانفجار عندما يكون وجودها ضروريا.
12. عدم وضع المأكولات وقناني المشروبات الغازية (المرطبات) في طريق شعاع الليزر لانها قد تسبب انعكاس الشعاع باتجاه العين كما يفضل عدم الاكل والشرب داخل المختبر أساسا.

الشكل (10) علامة تحذيرية لمنع الاكل في مختبرات وورش عمل الليزر

13. يجب لبس النظارات الواقية (Goggles) الخاصة بكل نوع من انواع الليزر ويفضل اجراء فحص للعين دوريا (مثلا كل ستة اشهر).

ب- قواعد السلامة والامان على طاولة (منضدة) عمل اجهزة الليزر

1. يجب وضع حواجز عاتمة للاشعة حول الاجهزة الليزرية ومسارات الاشعة وذلك لتجنب اشعة الليزر المباشرة او غير المباشرة. كما يجب حجب المصابيح الضوئية التي تستعمل في عملية الضخ الضوئي لاثارة الوسط الليزري الفعال.
2. يجب وضع اشارات تنبيه لضرورة استعمال النظارات الواقية او مرشحات ضوء امتصاصية تتناسب مع كل جزء من التجهيزات المستعملة في العمل ، وخاصة في حالة الاشعة الليزرية المتعددة، وباطوال موجية مختلفة او بقدرات مختلفة.
3. عند القيام بعملية ضبط وتثبيت الادوات البصرية والتجهيزات المختبرية في حالة استعمال ليزرات نبضية يجب فصل التغذية عن وحدات الضخ الضوئي المستعملة لاثارة الوسط الليزري الفعال وذلك لتجنب اية تغذية مفاجئة لمصابيح الاثارة التي تؤدي بدورها الى اطلاق نبضات ليزرية.
4. في الحالة التي تعمل فيها الليزرات بشكل نبضي او بشكل مستمر في منطقة طيف الضوء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي يجب التنبيه عن هذه الاشعة بوساطة اشارات ضوئية او صوتية وذلك لتنبيه الاشخاص الموجودين بالقرب من طاولة (منضدة) العمل الى ان اجهزة الليزر في حالة اشتغال . كما يجب اختيار لون الضوء لاشارات التنبيه الضوئية بحيث يمكن رؤيته بوضوح عند استعمال مرشحات ضوئية او نظارات واقية لحماية العين.
5. يجب تحديد طول مسار اشعة الليزر ضمن ورشة العمل بما يتناسب مع متطلبات العمل وذلك بوساطة الادوات البصرية المناسبة.
6. ازالة جميع الاجسام ذات السطوح العاكسة للضوء والتي يمكن ان تتواجد على خط مسار اشعة الليزر او تغطيتها باستعمال سطوح او مواد عاتمة للضوء.
7. عدم النظر بشكل مباشر الى شعاع الليزر اثناء عملية ضبط مسار الشعاع وحتى في حالة ارتداء النظارات الواقية.
8. عند استعمال الليزرات ذات القدرة العالية والتي تعمل بشكل نبضي او حتى التي تعمل بشكل مستمر يجب ارتداء وسائل امان ووقاية لكامل الجسم.
9. يجب ان تكون اجهزة الليزر ذات مواصفات تقنية عالية وتؤمن متطلبات السلامة والامان المختبرية فيما يتعلق بالهدف الذي تستعمل لاجله او درجة الاضرار التي يمكن ان تسببها.
10. اذا كانت اجهزة الليزر تعمل باستعمال جهود كهربائية عالية يجب اتخاذ اجراءات سلامة وامان ووقاية من الاشعة السينية التي قد يمكن ان تنبعث عند استعمال الجهود الكهربائية العالية.
11. يجب تغطية مسار شعاع الليزر قدر الامكان بوساطة حواجز عاتمة . وفي الحالة التي تكون فيها مسارات اشعة الليزر مكشوفة يجب اغماض العيون في لحظة تشغيل الليزر وخاصة في حالة الليزرات التي تعمل بشكل نبضي.
12. يجب التأكد دوما من سلامة وصلاحية النظارات الواقية وكذلك فعاليتها البصرية وخاصة عند استعمال الليزرات ذات القدرة العالية.

13. المراقبة التامة والانتباه الكامل للاجهزة الليزرية عندما تكون في حالة التشغيل وعدم تركها او مغادرة مكان العمل ولو لفترة قصيرة.
14. يجب ان تكون حزمة الليزر اقل من مستوى العين.
15. عند التعامل مع المواد الكيمياوية والاصباغ والمحاليل يجب لبس القفازات والنظارات الواقية.

الشكل (11) وسائل السلامة المختبرية للتعامل مع المواد الكيمياوية

16. عمل ارضي (Earth) كهربائي جيد لمختبر وورشة عمل الليزر بصورة عامة ولمجهز القدرة الكهربائية بصورة خاصة وعدم ترك ارضية المختبر او ورشة العمل رطبة، وكذلك عدم وقوف الشخص الذي يشغل مجهز القدرة الكهربائية على صفائح معدنية او مواد موصلة كهربائية.

بالاضافة الى كافة الاجراءات السابقة يجب العمل دائما على تأهيل وتدريب الكادر العلمي والمهني والطلبة الذين يعملون على تشغيل اجهزة الليزر او الذين يستعملون اشعة الليزر حتى تكون جاهزيتهم متناسبة مع مقتضيات ومتطلبات العمل بحيث تتوافق المعرفة العلمية والانتباه مع بعضهما للوصول الى شروط عمل صحيحة وسليمة تضمن سلامة وامان وحماية جميع العاملين من جهة وتحقيق الهدف المنشود من استعمال اشعة الليزر من جهة اخرى .

الاسئلة

س1: وضح المقصود بالتأثير الحراري لاشعة الليزر؟

س2: وضح المقصود بالتأثير الكيميائي – الضوئي لاشعة الليزر؟

س3: ما الاشعة التي تمثل الخطر الاكبر على العين؟

س4: ان طبيعة ومقدار الضرر التي يمكن ان تتعرض له العين يتعلق بعوامل عدة ، اذكرها؟

س5: ماذا يحدث عندما تدخل اشعة ليزر على شكل نبضات الى العين بشكل مفاجئ او عندما تكون اشعة الليزر في مجال المنطقة تحت الحمراء القريبة مثلا والتي لايمكن رؤيتها بالعين المجردة؟

س6: يمتص الجلد بنسبة كبيرة جدا الاشعة التي تقع في المنطقة فوق البنفسجية وفي المنطقة تحت الحمراء البعيدة من الطيف الكهرومغناطيسي ، مما قد يؤدي الى اضرار بالغة الخطورة مثل الاحتراق وهذا يعتمد على عوامل عدة ، اذكرها؟

س7: من ضمن الاضرار الليزرية غير المباشرة ، اضرار ناتجة عن الاشعة السينية ، وضح المقصود بذلك؟

س8: لماذا يجب الانتباه عند التعامل مع الآزوت السائل ؟

س 9: ما الهدف من احتواء النظارات الواقية من اشعة الليزر في تركيبها على مواد تلعب دور مرشحات ضوئية تعمل على مبدأ فلتر الامتصاص الانتقائي؟

س10: عند استعمال اشعة الليزر فأنه بالاضافة الى استعمال النظارات الواقية يجب اجراء مراقبة طبية دائمة ودورية وتحت اشراف اطباء العيون، لماذا ؟

س11: من ضمن قواعد السلامة والامان في مختبرات وورش عمل الليزر هو ان تكون ورشات العمل مضاءة بشكل جيد، لماذا؟

س12: من ضمن قواعد السلامة والامان على طاولة (منضدة) عمل اجهزة الليزرهو وضع حواجز عاتمة للاشعة حول الاجهزة الليزرية ومسارات الاشعة، لماذا؟

س13: لماذا يجب عدم وضع المأكولات وقناني المشروبات الغازية (المرطبات) في طريق شعاع الليزر ؟

س14: علل مايأتي:

أ- عند القيام بعملية ضبط وتثبيت الادوات البصرية والتجهيزات المختبرية في حالة استعمال ليزرات نبضية يجب فصل التغذية عن وحدات الضخ الضوئي المستعملة لاثارة الوسط الليزري الفعال ؟

ب- في الحالة التي تعمل فيها الليزرات بشكل نبضي او بشكل مستمر في منطقة طيف الضوء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي يجب التنبيه عن هذه الاشعة بوساطة اشارات ضوئية او صوتية ؟

س15: املأ الفراغات الآتية:

أ- ..... التدخين في مختبر او ورشة عمل الليزر.

ب- تحديد اتجاه انتقال شعاع الليزر داخل المختبر او ورشة عمل الليزر بحيث ..... يتعارض مع حركة الاشخاص داخل المختبر او ورشة عمل الليزر.

ت- عدم ..... بشكل مباشر الى شعاع الليزر اثناء عملية ضبط مسار الشعاع وحتى في حالة ارتداء النظارات الواقية.

ث- يجب ان تكون حزمة الليزر ..... من مستوى العين.

ج- عند التعامل مع المواد الكيمياوية والاصباغ والمحاليل يجب لبس ..... والنظارات الواقية.

مجهز قدرة معدل (مقوم) نصف موجة
Half Wave Rectifier Power Supply

من المعروف انه للحصول على تعديل (تقويم) التيار المتناوب الى تيار معدل باتجاه واحد فاننا نحتاج الى ثنائي بلوري (pn) وذلك بان ناخذ بلورة شبه موصل نقية مثلا (سيليكون Si او جرمانيوم Ge)، اذ تطعم بنوعين من الشوائب احدهما ثلاثية التكافؤ (البورون B مثلا) فنحصل على منطقة شبه موصلة نوع (p) والشوائب الاخرى خماسية التكافؤ (الانتيمون Sb مثلا) فنحصل على منطقة شبه موصلة من النوع (n) وتطلى منطقة الاتصال بمادة فلزية بحيث يمكن وصل الاسلاك الموصلة بها عند ربط الثنائي البلوري (pn) بدائرة خارجية ويطلق على السطح الفاصل بين المنطقتين بالملتقى (junction).

ان الالكترونات الحرة في المنطقة (n) القريبة من الملتقى (pn) تنتشر الى المنطقة (p) مولدة ايونات موجبة في المنطقة (n) وانتقال فجوات من المنطقة (p) الى المنطقة (n) عبر الملتقى مولدة ايونات سالبة في المنطقة (p) وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى. ونتيجة لهذه العملية تنشأ منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحوي ايونات موجبة في المنطقة (n) وايونات سالبة في المنطقة (p) وتكون خالية من حاملات الشحنة تسمى منطقة الاستنزاف (Depletion region) ويتوقف انتشار الالكترونات عبرالملتقى (pn) عندما تحصل حالة التوازن ونحصل على ما يسمى بحاجز الجهد (potential barrier). يعتمد مقدار حاجز الجهد في الثنائي (pn) على نوع مادة شبه الموصل المستعملة ونسبة الشوائب المطعمة بها ودرجة حرارة المادة فمثلا ان مقدار حاجز الجهد في الثنائي (pn) عند درجة حرارة الغرفة (300K) يساوي (0.7V) للمصنوع من السيليكون و (0.3V) للمصنوع من الجرمانيوم ولمواد اخرى مثلا (0.1V) ... الخ.

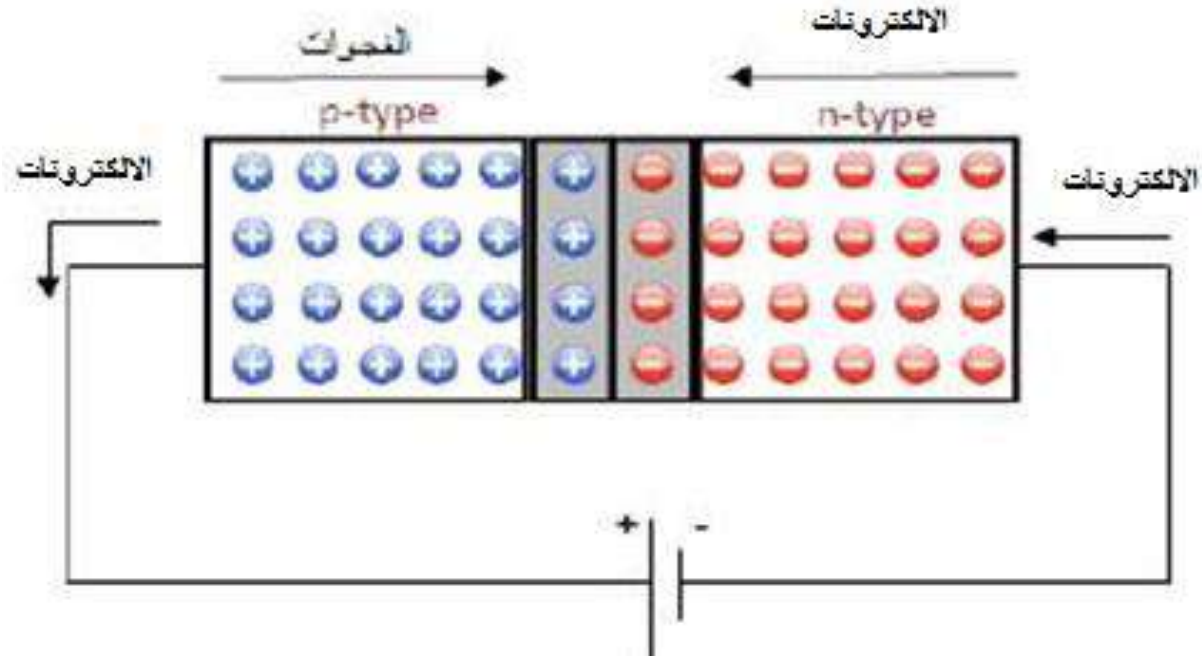
يرمز للثنائي البلوري في الدوائر الالكترونية كما موضح في الشكل (1).

الشكل (1) يوضح رمز الثنائي البلوري (pn)

حيث يشير رأس السهم دائما الى الجزء السالب نوع (n) كما ان القاعدة تشير الى الجزء الموجب نوع (p) كما ان القطع الفعلية في العمل تميز اما بنقطة للجزء n او برسم الرمز بكامله.

طرق توصيل الثنائي البلوري في الدوائر:

1. التوصيل الامامي (الانحياز الامامي):

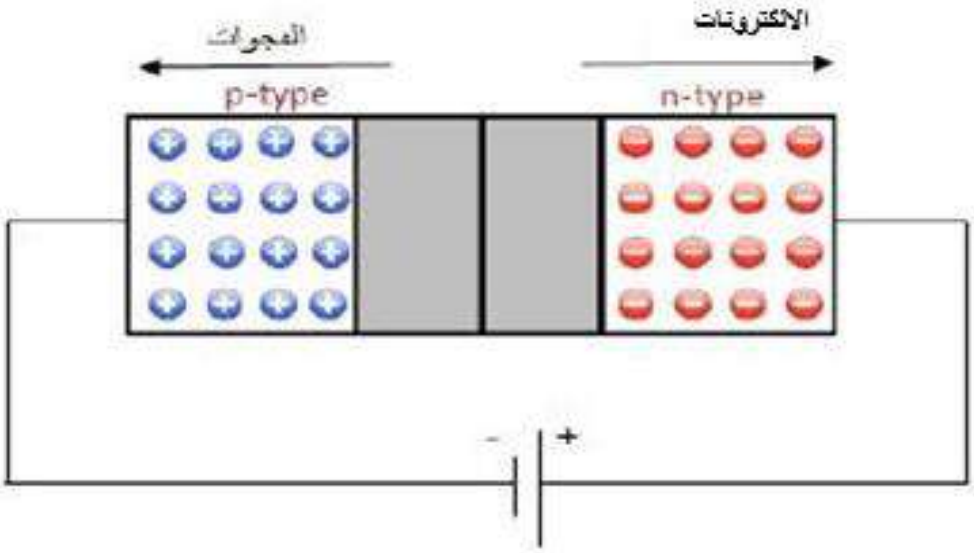


الشكل (2) يوضح التوصيل الامامي (الانحياز الامامي)

يوصل القطب السالب لمصدر التيار (البطارية) بالجزء السالب (المنطقة n) للوصلة الثنائية كما يوصل القطب الموجب للبطارية بالجزء الموجب (المنطقة p) للوصلة الثنائية وفي هذه الحالة تتنافر الشحنات السالبة (الالكترونات) في الوصلة الثنائية مع شحنات مصدر التيار (القطب السالب للبطارية) وتتحرك في اتجاه منطقة حاجز الجهد كما تتنافر الشحنات الموجبة (الفجوات) مع القطب الموجب لمصدر التيار (البطارية) وتتحرك في اتجاه الجزء السالب وتضغط على حاجز الجهد للملتقى (pn) فتقل قيمته فيقوم القطب السالب لمصدر التيار بتعويض الجزء السالب بالالكترونات المفقودة كذلك يقوم القطب الموجب بسحب الالكترونات من البلورة الموجبة وبذلك ينساب تيار كهربائي كبير يسمى بالتيار الامامي وتكون مقاومة الوصلة (الملتقى) صغيرة.

2. التوصيل العكسي (الانحياز العكسي):

يوصل القطب الموجب من مصدر التيار (البطارية) بالجزء السالب (المنطقة n) للوصلة الثنائية والقطب السالب من مصدر التيار (البطارية) بالجزء الموجب (المنطقة p) للوصلة الثنائية وفي هذه الحالة نلاحظ التالي:



الشكل (3) يوضح التوصيل العكسي (الانحياز العكسي)

A. تنجذب الالكترونات الحرة في المنطقة (n) باتجاه القطب الموجب لمصدر التيار (البطارية) مبتعدة عن منطقة حاجز الجهد (pn).

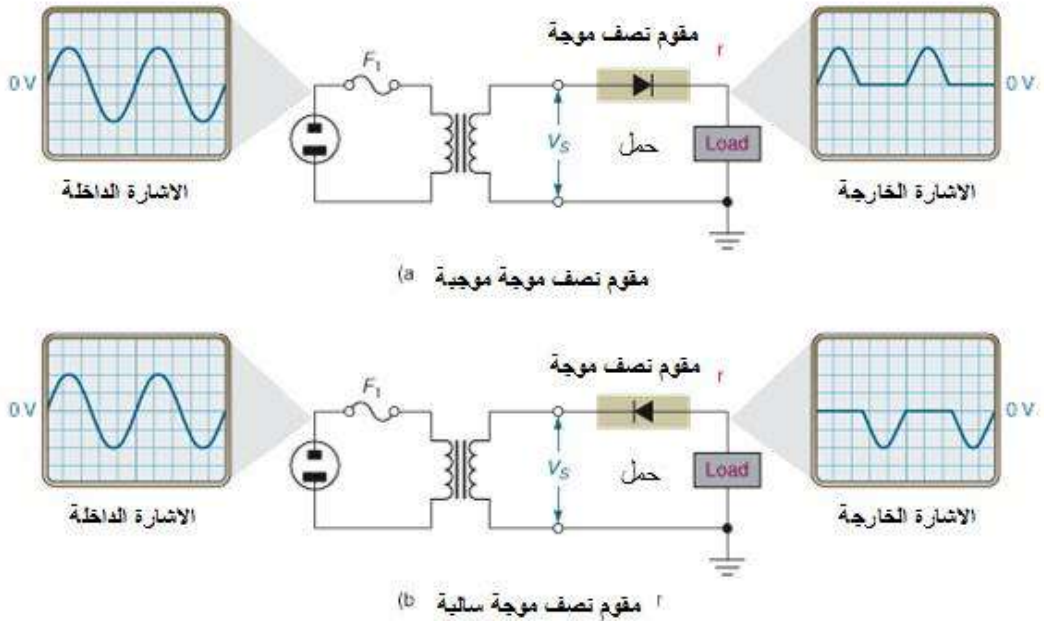
B. تنجذب الفجوات الموجبة في المنطقة (p) للقطب السالب لمصدر التيار (البطارية) مبتعدة عن منطقة حاجز الجهد (pn) ويزداد حاجز الجهد حتى يتساوى مع جهد المصدر وبذلك لا يمر تيار كهربائي (او ينساب تيار صغير جدا يمكن ان يهمل يسمى التيار العكسي) حيث تكون مقاومة الوصلة (الملتقى) كبيرة جدا.

يتم استعمال الثنائي البلوري (pn) كمقوم (معدل) يحول التيار المتناوب (AC) الى تيار مستمر (DC) ومن المعروف ان التيار المتناوب عبارة عن موجات جيبية تتألف من جزئين موجب ويسمى امامي وسالب ويسمى عكسي وهذه الموجات متغيرة مع الزمن، ويمكن اجراء عملية التعديل (التقويم) بطرق عدة منها:

1) التعديل نصف الموجي.
2) التعديل الموجي الكامل باستعمال ثنائيين بلوريين اثنين.
3) التعديل الموجي الكامل باستعمال ثنائي بلوري عدد اربعة.

معدل نصف الموجة Half Wave Rectifier

يعمل على تعديل التيار المتناوب الى تيار معدل باتجاه واحد ، فعند ربط الثنائي البلوري (pn) بمصدر للفولطية المتناوبة فان احد نصفي الموجة (القطبية الموجبة) تجعل انحيازه بالاتجاه الامامي فيسمح للتيار ان ينساب في الدائرة الكهربائية. اما النصف الثاني للموجة فانه يجعل انحياز الثنائي البلوري (pn) بالاتجاه العكسي، وعندئذ لا يسمح للتيار ان ينساب في الدائرة الكهربائية. من ذلك نستنتج ان هذا الثنائي البلوري (pn) يعمل على تحويل التيار المتناوب الى تيار معدل بنصف موجة.



الشكل (4) يوضح : a) مقوم نصف موجة موجبة. b) مقوم نصف موجة سالبة

كذلك اذا وصل ثنائي بلوري (pn) على التوالي مع مقاومة (حمل) فانه سيمر تيار في المقاومة وذلك في نصف الموجة الموجب اي عندما يكون الجهد المسلط على الثنائي في الاتجاه الامامي. اما في نصف الموجة السالب فان الثنائي لا يمرر التيار لان الجهد المسلط عليه يكون في اتجاه الانحياز العكسي اي ان مقوم نصف الموجة يحوي الجهد الخارج على انصاف الموجات فقط. ولقد وجد ان التعديل (التقويم) النصف موجي ينتج ثلث قيمة التيار العظمى.

ولكن إذا مرت على المكثف فإن كل نصف من هذه الأنصاف سيعمل على شحن المكثف حتى القيمة العظمى التي تصل إليها الإشارة وعند هبوط الإشارة فإن المكثف سيبدأ بالتفريغ وهكذا مع كل نصف موجة اذا فالسؤال هو ما فائدة المكثف في تلك الحالة؟

الإجابة هي لا يوجد له فائدة في تلك الحالة إذا كان يشحن ويفرغ بسرعة عاليـــة جدا فهو بذلك يمرر الإشارة فقط ولكن إذا كان المكثف يشحن بسرعة ويفرغ ببطء فهنا تظهر فائدته .

إذا توصيل أي مكثف على التوازي يعمل على تنعيم التيار ولكن إذا كان المكثف صغير السعة جدا فإن عملية التنعيم التي سيقوم بها ستكون غير ملحوظة نسبيا ولذلك نستعمل مكثفات ذات سعة كهربائية عالية في عملية التنعيم حتى يكون زمن التفريغ كبير لذا نستعمل المكثفات الكيميائية في عمليات تنعيم التيار نظرا لسعتها الكبيرة.

اسم التمرين: مجهز قدرة معدل (مقوم) نصف موجة. **رقم التمرين:(1)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:

- عمل مجهز قدرة معدل (مقوم) نصف موجة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):

- مصدر القدرة الاعتيادية (220V, AC).
- محولة رافعة (نسبة التحويل 1/50).
- مغير الفولطية (variac)
- ثنائي بلوري عدد 15 (1kV).
- متسعة عدد 2 (2000pF,20kV) (1600pF,20kV).
- مقاومة عدد 2 (25kΩ).
- مقاومة (50MΩ).

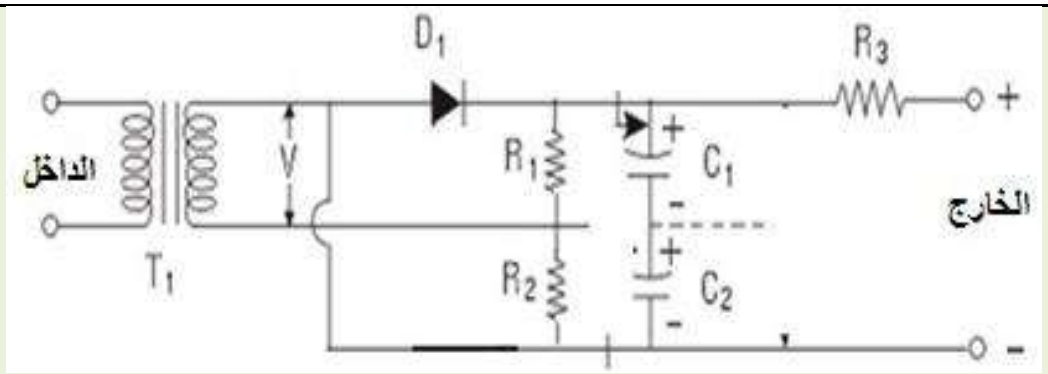
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 اربط الدائرة الكهربائية ، كما في الشكل.

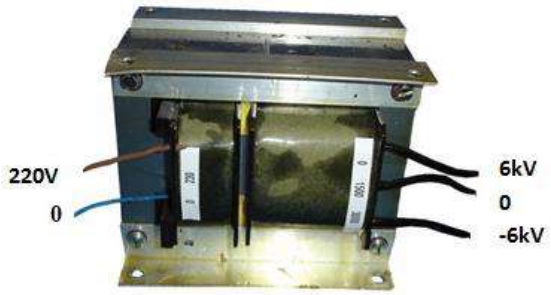


3 اجزاء الدائرة:

دايود **متسعة** **مقاومة**

4 جهز الفولطية الابتدائية من مصدر القدرة الاعتيادية (220V, AC) اذ يدخل على طرفي مغير الفولطية (variac) للتحكم بمقدار الفولطية الداخلة الى المحولة.

5 لرفع الفولتية الاعتيادية الى حد (12kV)، اربط الخارج من مغير الفولطية الى طرفي الملف الابتدائي للمحولة الرافعة والذي يتحمل تيار قدره(30 mA) وان نسبة التحويل في المحولة المستعملة هي (1:50) ويتم ربط طرفي الملف الثانوي للمحولة بأسلاك تتحمل الجهد العالي (High Voltage) وهي عبارة عن قابلوات محورية تتكون من قلب نحاسي عبارة عن سلك واحد او اسلاك عدة ومغلف بعازل بلاستيكي قوي ومن ثم بحصيرة نحاسية ومن ثم غلاف ذو مادة عازلة وبلون اسود.



6 اربط طرفي الملف الثانوي بدائرة التقويم (Rectifier) والتي هي عبارة عن ثنائي بلوري (D_1) يتحمل (12kV) واذا لم يتوفر مثل هذا الثنائي يمكن ربط (ما يقارب 15 ثنائي) من الثنائيات ذات الجهد (1kV) وبصورة متوالية.

7 ادخل الاشارة المقومة الى دائرة مرشح مؤلفة من متسعتين قيمة الاولى (2000pF,20kV) والاخرى (1600pF, 20kV) مربوطتين على التوالي، اضافة الى مقاومة (50kΩ) وهي عبارة عن مقاومتين قيمة كل منهما (25kΩ) مربوطتين على التوالي.

8 اربط مقاومة تحديد التيار، استعمل مقاومة مقدارها (50MΩ) لتحديد التيار.

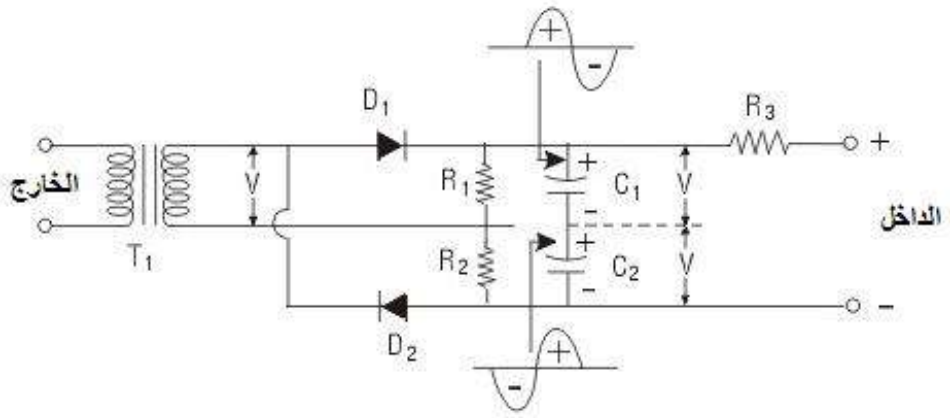
الاسئلة

س1: كيف يمكننا الحصول على ثنائي بلوري (pn)؟
س2: هل الشائبة (البورون) هي ثلاثية أم خماسية التكافؤ؟
س3: هل الشائبة (الانتيمون) هي ثلاثية أم خماسية التكافؤ ؟
س4: ما المقصود بمنطقة الاستنزاف؟
س5: علام يعتمد مقدار حاجز الجهد في الثنائي (pn)؟
س6: ما نسبة تحويل المحولة المستعملة في هذا التمرين؟
س7: في هذا التمرين، ماقيمة مقاومة تحديد التيار؟
س8: ما المقصود بقولنا ان الثنائي البلوري (pn) يعدل (يقوم) التيار؟
س9:عدد طرق تعديل التيار؟
س10: لماذا تستعمل مكثفات ذات سعة كهربائية عالية في عملية التنعيم؟
س11: ماذا يعمل المكثف اذا كان يشحن ويفرغ بسرعة عالية جدا؟
س12: علل لماذا نستعمل المكثفات الكيميائية في عمليات تنعيم التيار؟
س13: في هذا التمرين، مم تتألف دائرة المرشح؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة		التخصص: قسم الليزر	
اسم التمرين: مجهز قدرة معدل (مقوم) نصف موجة.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
	المجموع			
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب		توقيع رئيس القسم	

مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة
Full Wave Rectifier Power Supply

اذا وصلنا ثنائيين بلوريين (pn) كما في الشكل (1) فاننا نحصل على دائرة تعديل (تقويم) موجة كاملة وكالآتي:



الشكل (1) دائرة كهربائية تعديل (تقويم) موجة كاملة

اثناء النصف الموجب من الموجة: يكون الثنائي البلوري (D_1) العلوي موصول توصيلا اماميا (انحياز امامي) ويسمح بمرور التيار اي تنشحن المتسعة C_1 بوساطة الثنائي البلوري (D_1). وفي ذلك الوقت يكون الثنائي البلوري (D_2) السفلي موصول توصيلا عكسيا (انحياز عكسي).

اثناء النصف السالب من الموجة: يكون الثنائي البلوري (D_2) السفلي موصول توصيلا اماميا (انحياز امامي) ويسمح بمرور التيار اي تنشحن المتسعة C_2 بوساطة الثنائي البلوري (D_2). في ذلك الوقت يكون الثنائي البلوري (D_1) العلوي موصول توصيلا عكسيا (انحياز عكسي). تكون المتسعتين مربوطتين على التوالي لذلك تضاف الفولطيات لتعطي فولطية خارجة مضاعفة.

وبما ان كلا الثنائيين البلوريين يغذيان نفس مقاومة الحمل (R_1 و R_2) فان الشكل الموجي الناتج عبارة عن موجات ترددها ضعف تردد الموجات الداخلة. اما المقاومة الثالثة فتمثل مقاومة توازن وكذلك يمكن اعتبارها عنصر مرشح. ويمكن تغيير قيمة المقاومة R_3 او قيمة الفولطية الداخلة لكي تعطي تيار مناسب خلال الانبوبة. ان القيم المعطاة لمكونات الجهاز تكون تقريبا مناسبة لانبوبة تفريغ ذات طول 35cm.

وبذلك يمر في مقاومة الحمل انصاف موجات موجبة متتالية لا ينقصها عن الجهد المستمر الا ثبات قيمتها لذا نحتاج الى اضافة مكثفات الى الدائرة الكهربائية حتى نحصل على موجات مستمرة صالحة لتشغيل الاجهزة.

اسم التمرين: مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة . **رقم التمرين:(2)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:

- عمل مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):

- محولة رافعة (220 -700V).
- مصدر فولطية متناوب.
- دايود (ثنائي بلوري) عدد 2 (2000PIV).
- متسعة عدد 2 (2µF,1200V).
- مقاومة عدد 2 (1MΩ, 1W).
- مقاومة (120kΩ,12W).

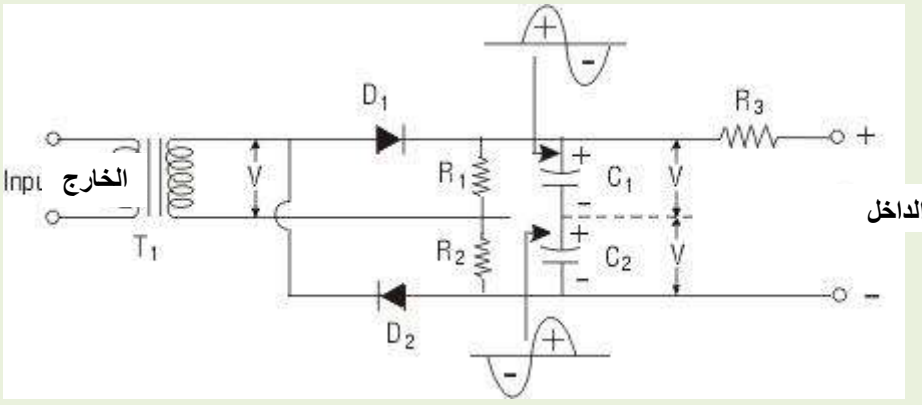
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 اربط الدائرة الكهربائية كما يلي:



3 اجزاء الدائرة:

دايود متسعة مقاومة

محولة رافعة

4 جهز الفولطية الابتدائية من مصدر القدرة الاعتيادية (220V, AC) اذ يدخل على طرفي المحولة الرافعة للفولطية.

5 اربط طرفي الملف الثانوي بدائرة التقويم (Rectifier) والتي هي عبارة عن الثنائيين البلوريين (D_1,D_2).

6 ادخل الاشارة المقومة الى دائرة مرشح مؤلفة من متسعتين ذات سعة ($2\mu F$) ، اضافة الى مقاومتين متواليتين مقدارهما ($1M\Omega$).

7 اربط مقاومة تحديد التيار على التوازي مع طرفي الخرج ، استعمل مقاومة مقدارها ($120k\Omega$) لتحديد التيار.

الاسئلة

س1: اثناء النصف الموجب من الموجة ، هل يكون الثنائي البلوري (D_1) العلوي موصول توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س2: اثناء النصف الموجب من الموجة ، هل يكون الثنائي البلوري (D_2) السفلي موصول توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س3: اثناء النصف السالب من الموجة ، هل يكون الثنائي البلوري (D_1) العلوي موصول توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س4: اثناء النصف السالب من الموجة ، هل يكون الثنائي البلوري (D_2) السفلي موصول توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س5: ما علاقة تردد الموجات الخارجة بتردد الموجات الداخلة؟

س6: لماذا نحتاج الى اضافة مكثفات الى الدائرة الكهربائية؟

س7: ما فائدة ربط المقاومة الثالثة R_3 في الدائرة؟

س8: هل يمر في مقاومة الحمل انصاف موجات موجبة متتالية لا ينقصها عن الجهد المستمر الا ثبات قيمتها أم موجات كاملة ؟

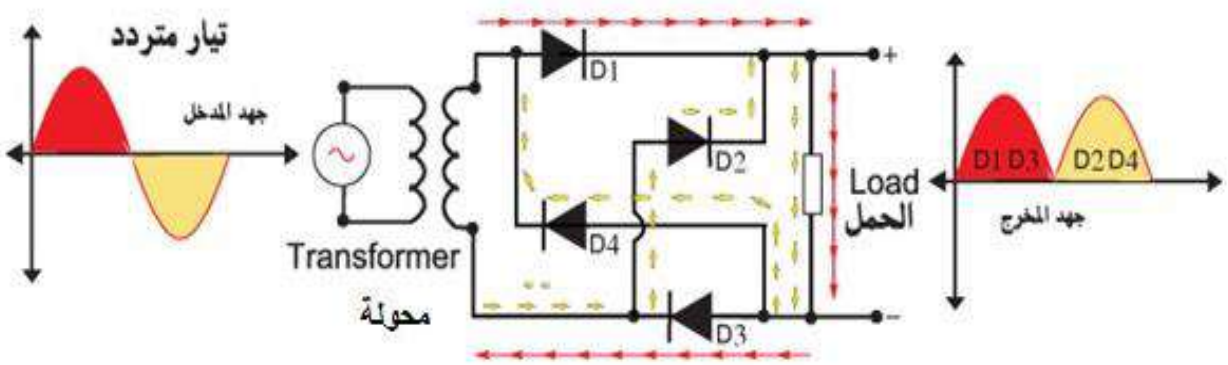
س9: في هذا التمرين مم تتكون دائرة التقويم؟

س10: هل تربط مقاومة تحديد التيار على التوالي ام على التوازي مع طرفي الخرج في هذا التمرين؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: قسم الليزر**				
اسم التمرين: مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		**التوقيع:**		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**				

مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة باستعمال قنطرة
Full Wave(Bridge Rectifier) Power Supply

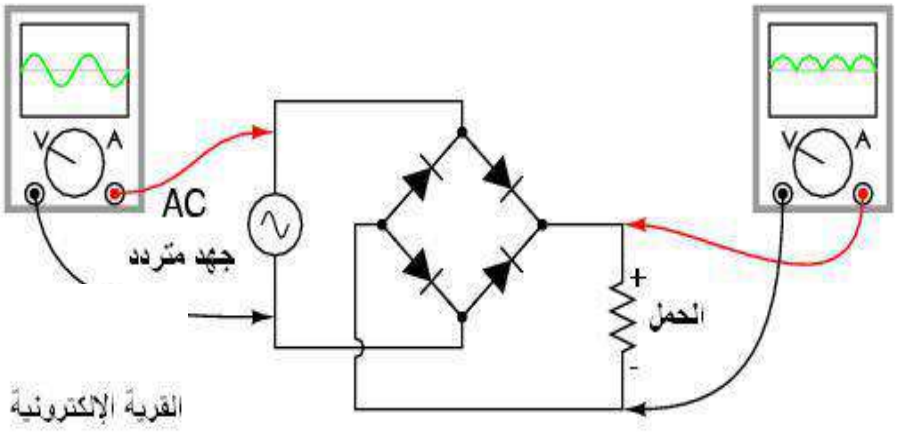
عند مرور الإشارة المتغيرة، فإنه في النصف الموجب سيكون الدايودين (الثنائيين البلوريين) ذوات القدرة العالية D1 و D3 متصلين توصيلا أماميا (انحياز امامي) (أي كأنهم مفاتيح مغلقة)، وباقي الدايودين (الثنائيين البلوريين) D2 و D4 ذوات القدرة العالية ايضا ستكون متصلة بشكل عكسي (انحياز عكسي)(أي كأنهم مفاتيح مفتوحة) بهذا الشكل سيسري التيار للحمل ويكون الموجب في الطرف الأعلى والسالب في الطرف الأسفل كما في الشكل (1).



الشكل (1) يوضح تحويل التيار المتناوب الى تيار نبضي مستمر

وفي حالة مرور النصف السالب من الموجة، فإن الدايودين (الثنائيين البلوريين) D2 و D4 ستكون هي المتصلة أماميا (انحياز امامي) والدايودين (الثنائيين البلوريين) الآخرينD1 و D3 ستكون متصلة عكسيا (انحياز عكسي). وبهذه الطريقة سيسري التيار للحمل ويكون الموجب على الطرف العلوي للحمل أيضا والسالب على الطرف السفلي.

فيكون شكل الإشارة الخارجة (على الحمل) كالآتي :



الشكل (2) دائرة كهربائية توضح شكل الاشارة الخارجة (على الحمل) عبر الاوسلوسكوب

يمكن بناء مصدر تغذية يحول الجهد المتناوب (AC) الى مستمر باستعمال محولة ومعدل (مقوم) موجة كاملة جسري، في الشكل (3) الجهد المتناوب في الملف الثانوي للمحولة يطبق على معدل (مقوم) الموجة الكاملة الذي يحوله إلى جهد نبضي موجب (الجهد الخارج)، يربط مكثف (C) على التوازي مع الحمل من أجل تنعيم (smooth) التموج في الاشارة المتناوبة (AC Ripple) عند خروجها من مرحلة التقويم. ويجب أن يكون المكثف ذو سعة كبيرة بحيث يخزن قدرا كافيا من الطاقة التي تضمن تزويد الحمل بتيار ثابت. إذا لم يكن المكثف ذو سعة كبيرة إلى الدرجة الكافي، أو كان شحنه ليس بالسرعة الكافية ، فإن الجهد الخارج سينخفض عندما يتطلب الحمل تيارا أكبر وهناك علاقة عامة من أجل اختيار سعة المكثف وهي ان يكون:

$$(\boldsymbol{R_{Load}}) \times (\boldsymbol{C}) \gg \boldsymbol{1/f}$$

اذ ان:

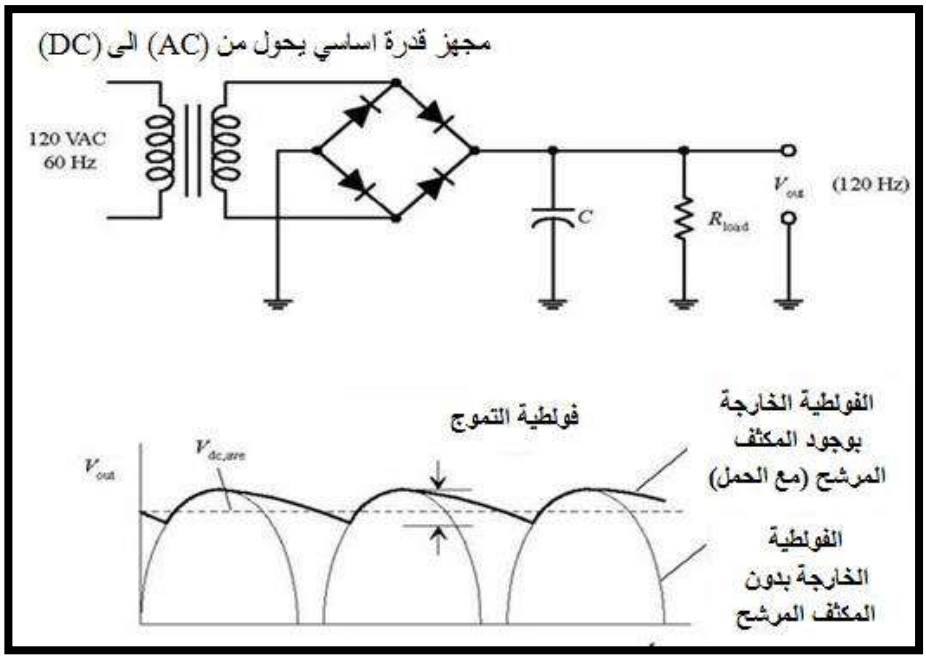
f : تردد الاشارة المعدلة (المقومة).

C : سعة المكثف.

R_{Load} : مقاومة الحمل.

هناك نوعان رئيسيان من دوائر الترشيح هما مرشح الحث والمرشح السعوي، المرشح السعوي يكون افضل عند استعماله لتنعيم الاشارة الخارجة من مرحلة التقويم للاسباب الآتية:

1. الحصول على فولطية خارجة مستمرة (DC) اعلى.
2. قيمة ذروة الفولطية العكسية للدايود اقل.
3. اقل وزنا وحجما في مجهز القدرة.



الشكل (3) يبين استعمال المكثف لتنعيم الفولطية الخارجة

اسم التمرين: مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة باستعمال قنطرة . **رقم التمرين:(3)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:

- عمل مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة باستعمال قنطرة.

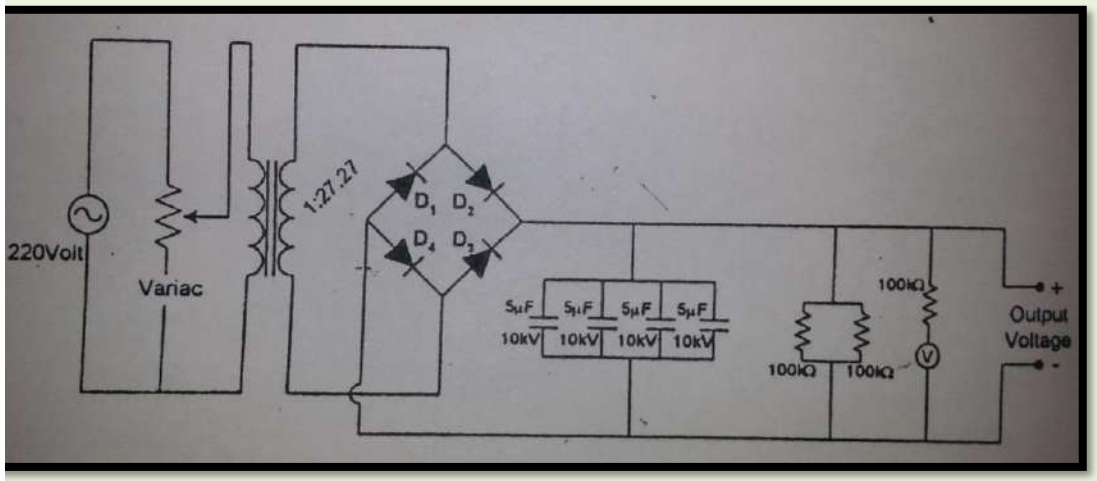
2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):

- مصدر فولطية متناوبة AC (220V).
- محولة رافعة للفولطية (نسبة التحويل 1:27.27).
- مغير للفولطية (variac).
- متسعات عدد 4 (10kV -5µF).
- دايود عدد 4 (12kV).
- مقاومة عدد 3 (100kΩ).

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة، معيار الأداء ، الرسومات.

1- ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

2- اربط الدائرة الكهربائية، كما يلي.



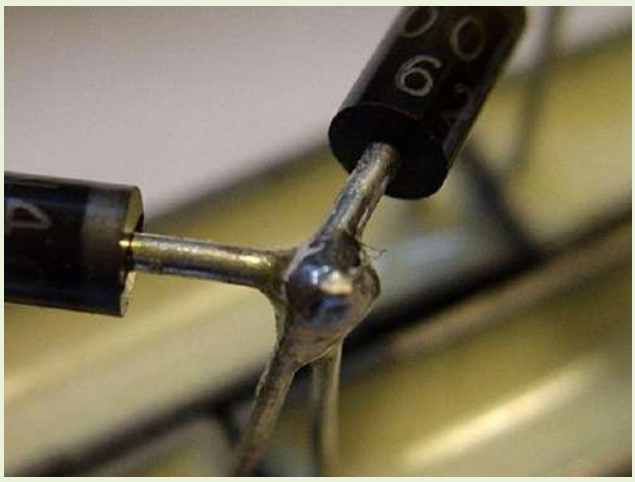
3- الاجهزة المستعملة لربط الدائرة:

دايود **متسعة** **مقاومة**

4 - جهز الفولطية الابتدائية من مصدر القدرة الاعتيادية (220V, AC) اذ يدخل على طرفي مغير الفولطية (variac) للتحكم بمقدار الفولطية الداخلة الى المحولة.

5- لرفع الفولطية الاعتيادية الى حد (6kV)، اربط الخارج من مغير الفولطية الى طرفي الملف الابتدائي للمحولة الرافعة وان نسبة التحويل في المحولة المستعملة هي (1:27.27).

6 - اربط طرفي الملف الثانوي بدائرة التقويم (Rectifier) والتي هي عبارة عن قنطرة مؤلفة من اربع ثنائيات وصلة يتحمل كل منها (12kV).



7- ادخل الاشارة المقومة الى دائرة مرشح مؤلفة من متسعة ذات سعة (1.25μF) وهي عبارة عن اربع متسعات قيمة كل منها (5μF, 10kV) مربوطة على التوازي ، اضافة الى مقاومة (50kΩ) وهي عبارة عن مقاومتين قيمة كل منهما (100kΩ) مربوطتين على التوازي.

8- اربط مقاومة تحديد التيار على التوازي مع طرفي الخارج، استعمل مقاومة مقدارها (100kΩ) لتحديد التيار.

الاسئلة

س1: عند مرور الاشارة المتغيرة وفي حالة النصف الموجب ، هل يكون الدايودان (الثنائيان البلوريان) D_1 و D_3 متصلين توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س2: عند مـــرور الاشارة المتغيرة وفـــــي حالة النصف الموجب، هل يتصرف الدايودان (الثنائيان البلوريان) D_1 و D_3 كأنهم مفاتيح مغلقة أم مفاتيح مفتوحة؟

س3: عند مـــرور الاشارة المتغيرة وفـــــي حالة النصف الموجب، هل يتصرف الدايودان (الثنائيان البلوريان) D_2 و D_4 كأنهم مفاتيح مغلقة أم مفاتيح مفتوحة؟

س4: في حالة مرور النصف السالب من الموجة، هل يكون الدايودان (الثنائيان البلوريان) D_1 و D_3 متصلين توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س5: في حالة مرور النصف السالب من الموجة، هل يكون الدايودان (الثنائيان البلوريان) D_2 و D_4 متصلين توصيلا اماميا (انحياز امامي) أم توصيلا عكسيا (انحياز عكسي)؟

س6: اكتب العلاقة العامة من اجل اختيار سعة المكثف ، مبينا المعنى الفيزياوي لكل رمز؟

س7: ما انواع دوائر الترشيح؟

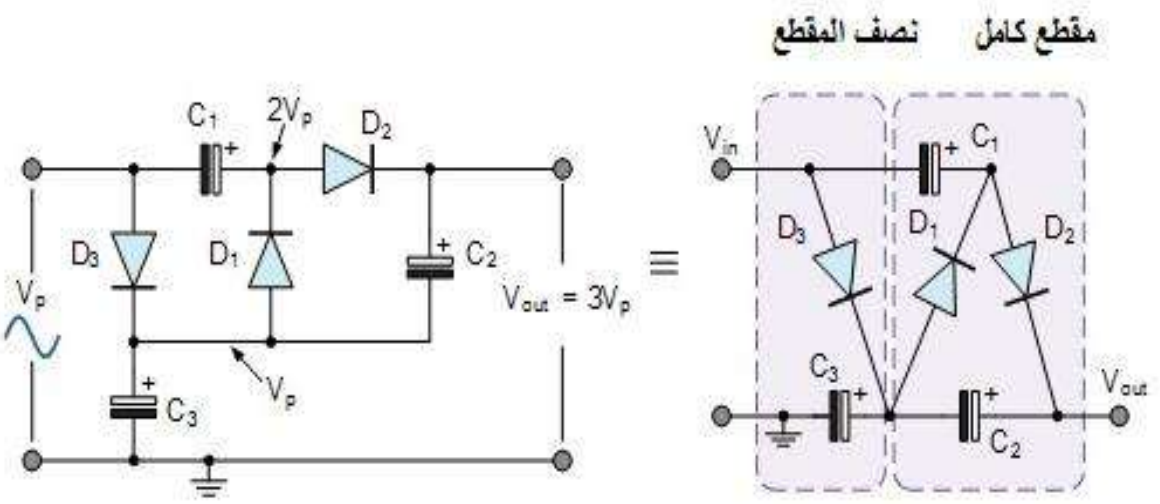
س8: لماذا يفضل المرشح السعوي عن مرشح الحث؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثالثة التخصص: قسم الليزر				
اسم التمرين: مجهز قدرة معدل (مقوم) موجة كاملة باستعمال قنطرة.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

مجهز قدرة ثلاثي الفولطية
Voltage-Tripler Power Supply

خلال النصف الموجب من الموجة الداخلة وعندما يكون الطرف الاعلى للملف الثانوي للمحولة سالب يعمل الثنائي البلوري D_3 كعمل مفتاح مغلق اي يسمح بمرور التيار من خلاله وبذلك تنشحن المتسعة C_3 الى ان تصل فولطيتها الى V (فولطية الملف الثانوي) ، وفي الوقت ذاته تنشحن المتسعة C_1 الى ان تصل فولطيتها الى V ايضا كما في الشكل (1).

خلال النصف السالب من الموجة الداخلة وعندما يكون الطرف الاعلى للملف الثانوي للمحولة موجب فان المتسعة C_2 تنشحن الى ان تصل فولطيتها الى ضعف الفولطية الداخلة (2V) كما في الشكل (1).



الشكل (1) خلال النصفين الموجب والسالب من الموجة الداخلة

وبما ان المتسعتين C_2 و C_3 مربوطتان على التوالي فان الفولطية الخارجة تزداد (لانها ناتجة عن مجموع الفولطية عبر المتسعتين C_2 و C_3) اي تصبح الفولطية الخارجة 3V اي تزداد الفولطية الخارجة ثلاث مرات مقدار الفولطية الداخلة وتسمى هذه الفولطية (ثلاثي الفولطية **Voltage-Tripler**).

ان السبب من استعمال هذا النوع من الدوائر هو امكانية استعمال نفس المحولة المستعملة في تصميم مجهز قدرة مقوم موجة كاملة للحصول على نماذج مختلفة من ليزرات هيليوم- نيون.

اسم التمرين: مجهز قدرة ثلاثي الفولطية . **رقم التمرين:(4)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- عمل مجهز قدرة DC ثلاثي الفولطية **(**Voltage-Tripler**).**

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- محولة رافعة (120-700V).
- ثنائي بلوري عدد 3 (5000PIV).
- متسعة عدد 2 (C_1,C_2= 2µF, 1200V DC).
- متسعة (C_3=1µF,2400V DC).
- مقاومة عدد 2 (R_1,R_2=2.5MΩ, 5W).
- مقاومة (R_3=5MΩ, 5W).
- مقاومة (R_4=150kΩ, 20W).

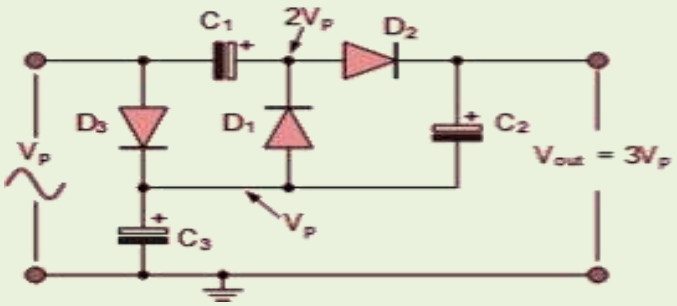
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

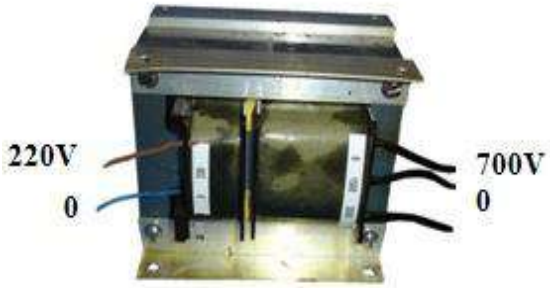
2 اربط الدائرة الكهربائية ، كما في الشكل.



3 اجزاء الدائرة:

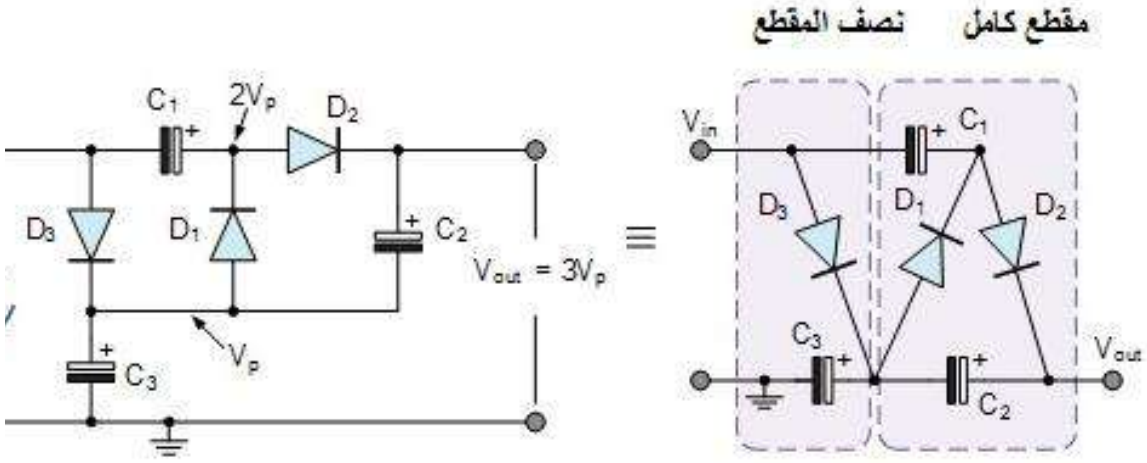
دايود **متسعة** **مقاومة**

محولة رافعة



4 جهز الفولطية الابتدائية من مصدر القدرة الاعتيادية (220V, AC) اذ يدخل على طرفي المحولة الرافعة للفولطية وتكون الفولطية الخارجة من المحولة بشكل موجة جيبية .

5 اربط طرفي الملف الثانوي بدائرة ثلاثي الفولطية (Voltage Tripple) والمتكونة من دائرة التقويم (Rectifier) والتي هي عبارة عن ثلاث ثنائيات بلورية (D_1,D_2,D_3) وثلاث متسعات (C_1,C_2,C_3) والمبينة في الشكل الاتي.



6 اربط مقاومة تحديد التيار (R_4) على التوالي مع طرفي الخرج ، استعمل مقاومة مقدارها (150kΩ) لتحديد التيار.

الاسئلة

س1: عندما يعمل الثنائي البلوري D_3 كعمل مفتاح مغلق، فأي من المتسعات ستنشحن الـــــى الفولطية V؟

س2: متى تصل الفولطية عبر المتسعة C_2 الى ضعف الفولطية الداخلة (2V)؟

س3: لماذا تزداد الفولطية الخارجة من الدائرة؟

س4: لماذا يسمى هذا النوع من الربط بـثلاثي الفولطية (Voltage-Tripler)؟

س5: لماذا يستعمل هذا النوع من الدوائر؟

س6: في هذا التمرين، مم تتكون دائرة التقويم؟

س7: في هذا التمرين، هل استعملت محولة رافعة ام خافضة للفولطية؟

س8: املأ الفراغ بما يناسبه:

في هذا التمرين، تكون الفولتية الخارجة من المحولة بشكل موجة ----------؟

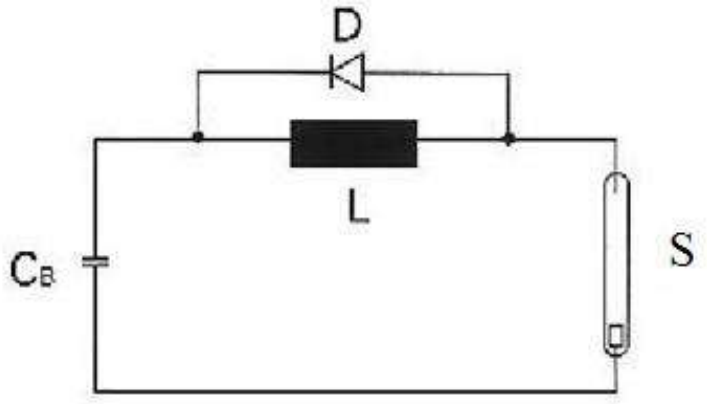
س9: في هذا التمرين هل تربط مقاومة تحديد التيار (R_4) على التوالي ام على التوازي مع طرفي الخرج ؟

س10: في هذا التمرين، ما قيمة مقاومة تحديد التيار (R_4) المستعملة ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثالثة التخصص: قسم الليزر				
اسم التمرين: مجهز قدرة ثلاثي الفولطية.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

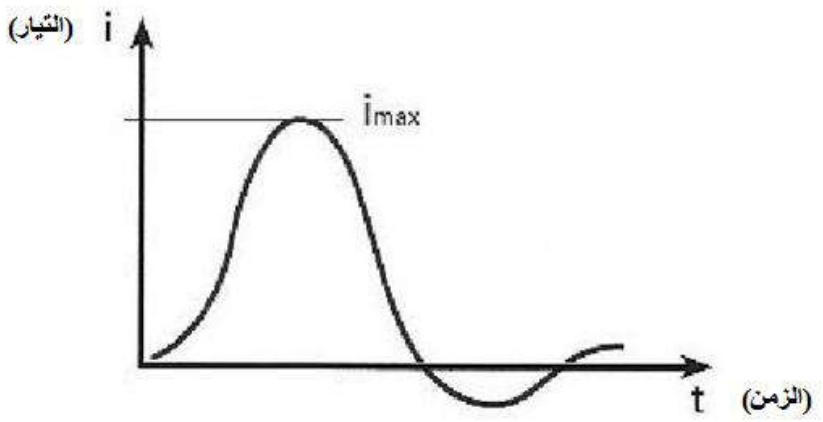
دوائر تشكيل النبضة
Pulse-Forming Network PFN

تتكون ابسط دائرة كهربائية لتشكيل النبضة من متسعة (C_B) ومحث (L) وثنائي بلوري (دايود) (D) ومصباح وميضي (S) ، لاحظ الشكل (1).



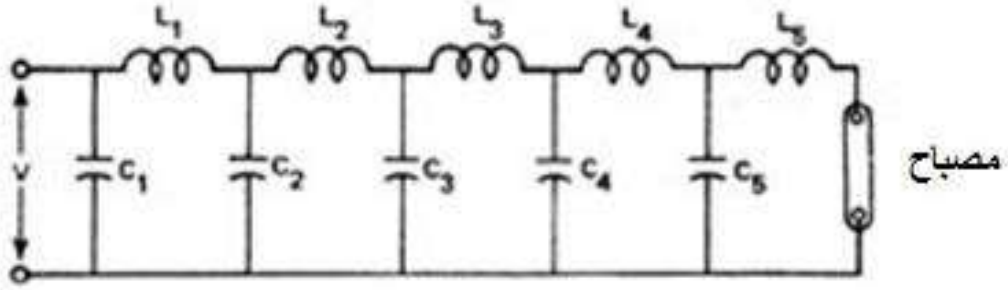
الشكل (1) دائرة كهربائية بسيطة لتشكيل النبضة

ان التيار العكسي يمكن ايقافه عن طريق الثنائي البلوري (D) الموجود في الدائرة. وعند مقارنته مع تيار تفريغ المتسعة، فان مقدار ازدياد التيار والوصول الى اعلى قيمة (i_{max}) تبدأ بالانخفاض تدريجيا لحين الوصول الى اوطأ قيمة للتيار عند تفريغ المتسعة تماما كما في الشكل (2).



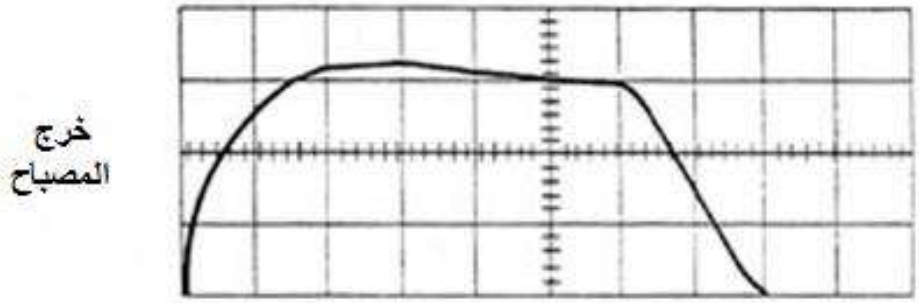
الشكل (2) النبضة الخارجة من الدائرة الكهربائية عند شحن وتفريغ المتسعة

كذلك يمكن استعمال دائرة تشكيل النبضة والتي تتكون من اجزاء متوالية من المتسعات والمحثات (LC) كما في الشكل (3).



الشكل (3) يمثل دائرة تشكيل النبضة والمتكونة من عدد من المتسعات C والمحثات L

تستعمل دوائر تشكيل النبضة لاعطاء النبضة المطلوبة ، مثلا نبضة مربعة مع مستوى تيار ثابت او عندما يكون امد النبضة اطول عندما تستعمل دوائر التفريغ البسيطة RLC.



الشكل (4) يمثل شكل النبضة الخارجة من PFN المتكونة من عشرة اجزاء من LC المتماثلة

اما العلاقات المطلوبة في دائرة تشكيل النبضة هي:

$$R_L = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \text{..... (1)}$$

$$T = 2\sqrt{LC} \quad \text{..... (2)}$$

$$C = \frac{T}{2R_L} \quad \text{..... (3)}$$

$$L = \frac{TR_L}{2} \quad \text{..... (4)}$$

$$t_r = \frac{T}{2N} \quad \text{..... (5)}$$

$$L = NL_i \quad \text{..... (6)}$$

$$C = NC_i \quad \text{..... (7)}$$

اذ ان:

R_L: مقاومة الحمل (المصباح الوميضي) (اوم Ω)

L: المحاثة الكلية للدائرة (مايكروهنري µH)

L_i: المحث لكل ملف

C: سعة المتسعة للدائرة (مايكروفاراد µF)

C_i: سعة كل متسعة

T: عرض زمن النبضة (ملي ثانية ms) لـ 70% من معدل سعة القمة

t_r: زمن النهوض المقاس من 10% - 80% من معدل سعة القمة

N: عدد الاجزاء من المتسعات والمحثات

ان الطاقة الكلية المخزونة في دائرة تشكيل النبضة (E´)(والتي تفرغ في المصباح الوميضي) تحدد عن طريق شحن المتسعات اي فولطية المتسعات (V) والتي يمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$\boldsymbol{V = \sqrt{\frac{2E'}{C}}} \qquad \text{... ... ...} \qquad (\mathbf{8})$$

اسم التمرين: دائرة تشكيل النبضة . **رقم التمرين:(5)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:

- تحديد الفولطية اللازمة لشحن المتسعات في دائرة تشكيل النبضة LC.
- التحكم بعرض نبضة الليزر الخارجة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):

- قضيب مجوف من خام الحديد (فرايت ferrite) بابعاد (3×3.5 inch).
- لاصق PVC.
- مجهز قدرة (15kV, 60mA).
- متسعة سيراميكية عدد 5 (1000µF, 1265V).
- محث عدد 5 (250µH).
- مصباح وميضي.

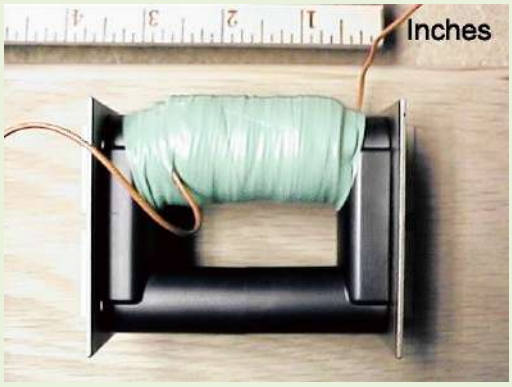
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

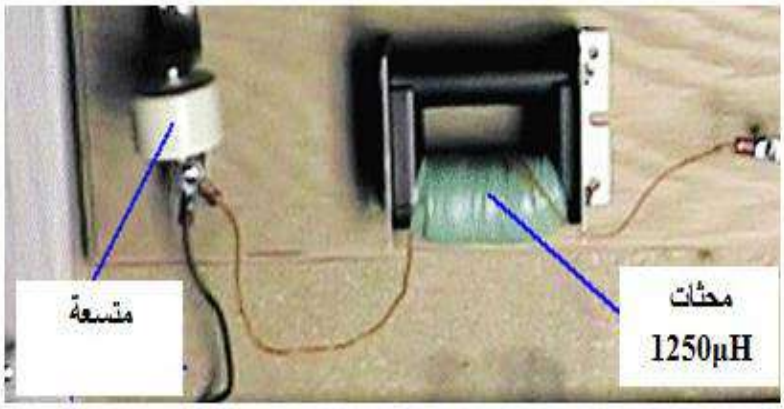
1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

2 اعمل خمسة اجزاء من المحثات (اسلاك نحاسية) ثم لف هذه الاجزاء على قلب من الفرايت (3×3.5 inch) ، غط كل طبقة من الملف بغطاء محكم والذي يكون عبارة عن شريط لاصق من مادة PVC عازلة وبذلك تكون قد حصلت على خمسة محثات مربوطة على التوالي، كما في الشكل.

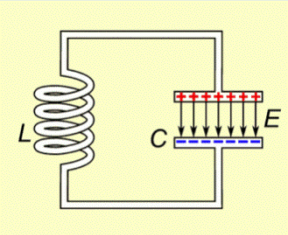
ملاحظة: 1inch = 2.54cm

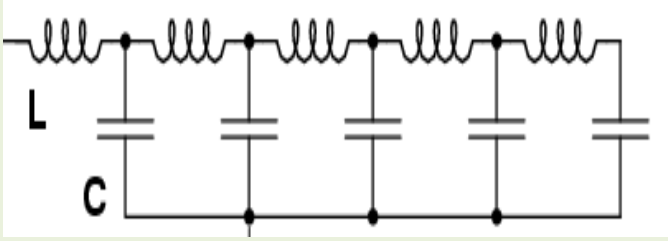


3 اربط ايضا خمسة متسعات على التوازي مع بعضها (الطرف الموجب للمتسعة الاولى مع الطرف الموجب للمتسعة الثانية وهذه مع الطرف الموجب للمتسعة الثالثة وهكذا)، ثم اربط احد اطراف المتسعات الخمسة المتوازية الربط بوساطة اللحام بالمحثات الخمسة المتوالية الربط والطرف الاخر يربط بمصدر الفولطية، كما في الشكل.

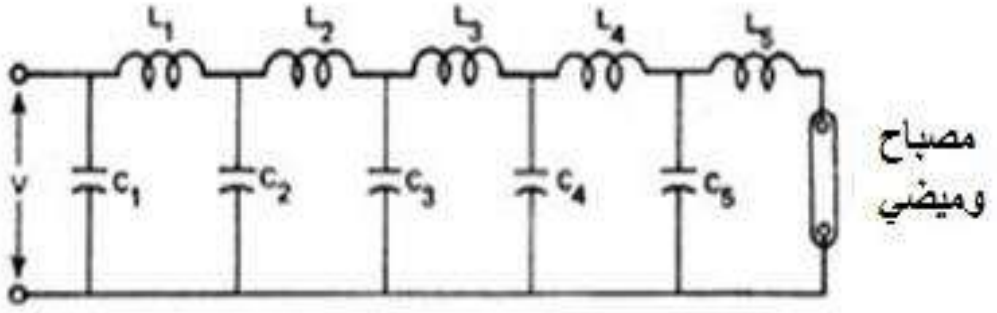


4 يبين الشكل (الايمن) كيفية ربط المحثات الخمسة المتوالية الربط مع المتسعات الخمسة المتوازية الربط، ويوضح الشكل (الايسر) الربط النهائي لمجموع المتسعات الخمسة مع المحثات الخمسة.

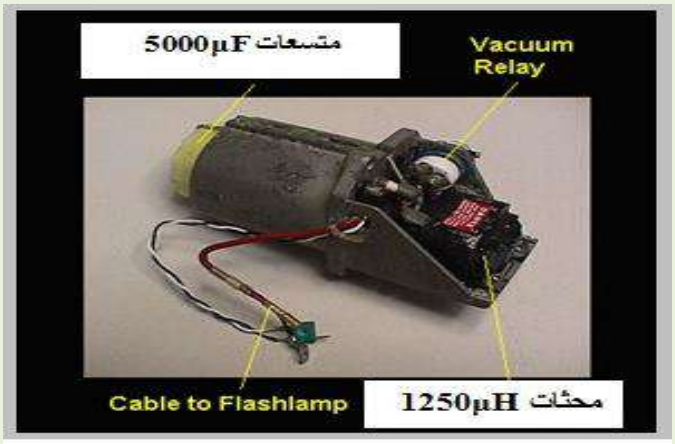




5 اربط مصباحاً وميضيً ذو مقاومة (R_L=0.5Ω) مع الدائرة ، كما في الشكل.



6 شغل مجهز القدرة للحصول على نبضة كهربائية بعرض زمن مقداره (T=5ms) وزمن نهوض النبضة مقداره (t_r=0.5ms) وطاقة المصدر مقدارها (4000J).



7 احسب عدد الاجزاء من المتسعات والمحثات (N) المراد ربطها بالدائرة (LC) من العلاقة (5).

$$t_r = \frac{T}{2N}$$

8 احسب السعة الكلية وذلك باستعمال العلاقة (3).

$$C = \frac{T}{2R_L}$$

9 جد سعة كل جزء وذلك باستعمال العلاقة (7).

$$C = NC_i$$

10 جد المحاثة الكلية وذلك باستعمال العلاقة (4).

$$L = \frac{TR_L}{2}$$

11 جد محث كل جزء من الدائرة وذلك باستعمال العلاقة (6).

$$L = NL_i$$

12 جد الفولطية المطبقة واللازمة لشحن المتسعات وذلك باستعمال العلاقة (8).

$$V = \sqrt{\frac{2E'}{C}}$$

الاسئلة

س1: ما العلاقة الرياضية التي يمكن منها ايجاد الطاقة المخزونة في دائرة تشكيل النبضة مبيناً المعنى الفيزياوي لكل رمز؟

س2: في هذا التمرين، ماذا كان مقدار زمن نهوض النبضة؟

س3: مم تتكون ابسط دائرة كهربائية لتشكيل النبضة؟

س4: بين بالرسم دائرة كهربائية بسيطة لتشكيل النبضة؟

س5: كيف يمكننا ان نوقف التيار العكسي؟

س6: بين بالرسم دائرة تشكيل النبضة والمتكونة من خمس متسعات وخمسة محاثات؟

س7: بين بالرسم النبضة الخارجة من دائرة متكونة من عشرة اجزاء من LC المتماثلة؟

س8: اكتب العلاقة الرياضية التي تربط بين مقاومة الحمل (المصباح الوميضي) والمحاثة الكلية للدائرة وسعة المتسعة للدائرة في دائرة تشكيل النبضة؟

س9: اكتب العلاقة الرياضية التي استعملتها لايجاد السعة الكلية في هذا التمرين مبينا المعنى الفيزياوي لكل رمز؟

س10: اكتب العلاقة الرياضية التي استعملتها لايجاد المحاثة الكلية في هذا التمرين مبينا المعنى الفيزياوي لكل رمز؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: دائرة تشكيل النبضة .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

تحقيق التأين الاولي باستعمال الاوتاد

Preionization by pins

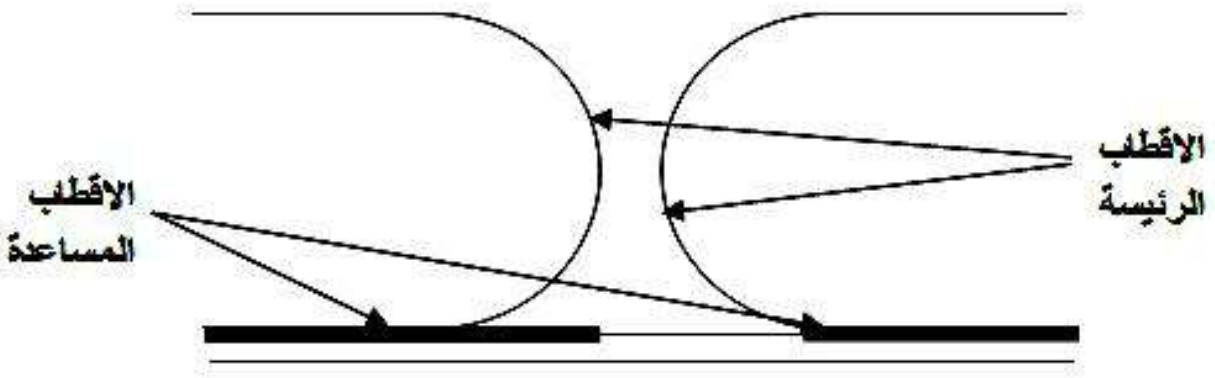
يعد التأين الاولي من الوسائل المهمة المتبعة في منظومات الليزر لتأثيره الايجابي على قدرة الليزر الخارجة. حيث يعمل التأين الاولي على زيادة كثافة حاملات الشحنة في الوسط الفعال قبل حدوث التفريغ الكهربائي الرئيسي. ويحد من نشوء التفريغ القوسي (arc discharge) الذي يظهر عادة عند زيادة كل من ضغط الغاز والفولطية المسلطة.

يعمل التفريغ القوسي على تشتيت الطاقة الكهربائية المخزونة ويولد عدم تجانس حراري في الكثافة البصرية ويحد من استقرارية الليزر وقدرته. ومن هنا تظهر اهمية التأين الاولي لتأمين سهولة حدوث تفريغ كهربائي رئيس متجانس في الغاز والحد من تأثير التفريغ القوسي ، اضافة الى تأثيره الايجابي على معدل التكرارية للمنظومة (repetition rate).

يلجأ الباحثون الى الحد من تأثير التفريغ القوسي او تقليله الى اقل حد ممكن باستعمال وسائل متعددة ومختلفة بالاعتماد على مواصفات الدائرة الكهربائية ، ومقدار التكافؤ بين ممانعة البلازما وممانعة دائرة التجهيز ، وبصورة جزئية باستعمال التأين الاولي (preionization) الذي يتم الحصول منه على تفريغ توهجي منتظم بوساطة انتاج تجانس عال في تركيز الالكترونات قبل واثناء التفريغ الرئيسي.

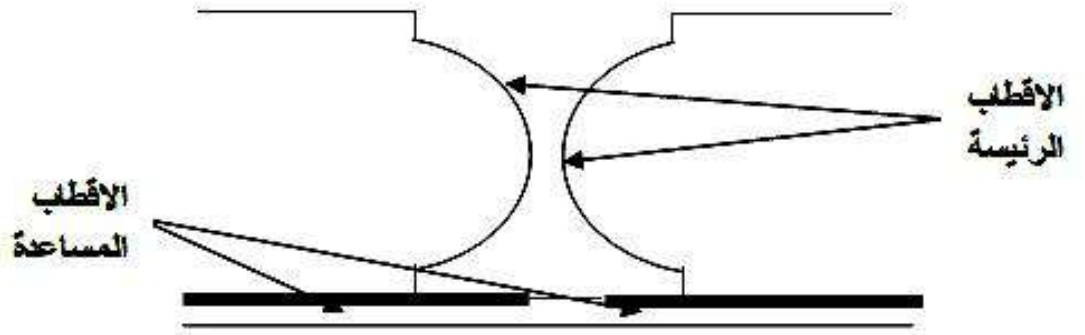
ان اقطاب التأين الاولي تشمل انواع عدة وكما يأتي:

1. التأين الاولي باستعمال الاوتاد (Pins) وهذا ما تم استعماله في تنفيذ التمرين الحالي.
2. استعمال المواد شبه الموصلة كأقطاب تأين اولي وبمختلف المواد والمقاومية (مثل استعمال مادتي السيليكون (Si) والجرمانيوم (Ge) وبنقاوة عالية جدا وبمقاومية تتراوح ما بين (150-200Ω.cm) بالنسبة لمادة السيليكون و(48-50Ω.cm) بالنسبة لمادة الجرمانيوم.
3. تحقيق التأين الاولي باسلوب حافات النقل: توجد حالتان لامتداد خط النقل داخل القناة الليزرية فاما ان يكون امتدادا من جهة واحدة فقط بحيث يكون التفريغ الاولي بين الشريحة الممتدة داخل الحيز والقطب المقابل. والتاين الاولي يكون سهل الحصول عليه في هذه الحالة بجعل الامتداد للصفيحة العليا من جهة فجوة القدح ، وكما في الشكل (1).



الشكل (1) يبين امتداد خط النقل من جهة واحدة داخل القناة الليزرية

والحالة الاخرى هي امتداد خط النقل من الجهتين الى داخل القناة الليزرية بحيث يكون التفريغ الاولي بين شريحتي (قطبي) التأين الاولي مع مراعاة كون الامتداد لن يتجاوز الى داخل الحيز المحصور بين تحدب القطبين (منطقة التفريغ الرئيسي)، وكما في الشكل (2).



الشكل (2) يبين امتداد خط النقل من جهتين داخل القناة الليزرية

اسم التمرين: تحقيق التأين الاولي باستعمال الاوتاد (Pins). رقم التمرين: (6)

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

1- الأهداف التعليمية:

- تحقيق التأين الاولي باستعمال الاوتاد (Pins).

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):

- منظومة ليزر غازي (نايتروجين N_2 اوثنائي اوكسيد الكاربون CO_2) تعمل وفقا لظروف التفريغ المستعرض.
- اوتاد (براغي) مسننة من الفولاذ عدد 5.
- قطعة بيرسبكس عدد 2.
- شرائح نحاسية عدد 5.

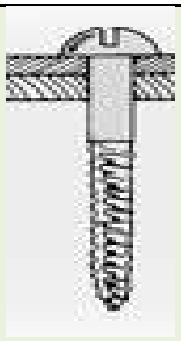
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

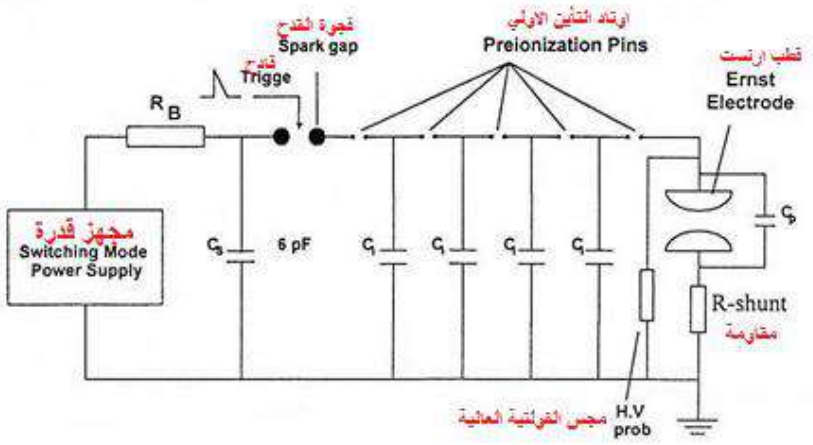
2 خذ خمسة ازواج من البراغي المسننة من الاعلى ومكورة من الاسفل مصنوعة من سبيكة من الفولاذ غير القابل للصدأ بطول (15mm) وبقطر (3mm). الجزء العلوي منه مسنن والجزء السفلي غير مسنن واعمله بشكل نصف دائري للحصول على تفريغ كهربائي منتظم، يبين الشكل البرغي المسنن من الاعلى والمكور من الاسفل.



3 ثبت هذه البراغي على قطعتين من البيرسبكس مستطيلة الشكل بطول (170mm) وعرض (30mm) وسمك (3mm) وثبت هاتين القطعتين معا بدائرتين من البيرسبكس ثم اعمل اخاديد فيهما لتثبيت القطعتين مستطيلتي الشكل.

4 ثبت خمسة براغي في القطعة العليا باستعمال خمس مسننات مثبتة بالقطعة العلوية، وخمسة براغي بالقطعة السفلى باستعمال خمس مسننات مثبتة بالقطعة السفلى ، وثبت الاقطاب الرئيسة بقطعة من البيرسبكس العليا اذ تمثل قطب الفولطية العالية ، والاخرى بالقطعة السفلى وتمثل الارضي بوساطة مسننات.

5 ضــع اقطاب التأين الاولي على جانبي الاقطاب الرئيسة بصورة متعاقبة باستعمال شرائح نحاسية لربط كـــل قطبين مـــن اقطاب التأين الاولي معا بحيث تكـــون الفاصلة بين قطب وآخر ما بين (1-2mm) وبعد القطب الثانوي عن حافة القطب الرئيسي (5mm) ويبين الشكل حامل الاقطاب الرئيسة والاولية.



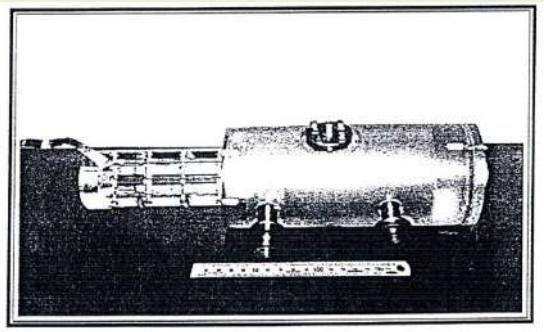
6 ثبت فرق الجهد المسلط على الاقطاب الرئيسة عند قيمة معينة، يبين الشكل صورة فوتوغرافية للمنظومة. علما ان فولطية الانهيار (V) الخاصة بالغاز تكون دالة لكل من الضغط والمسافة.

$$V = f(pd)$$

اذ ان: V: فولطية الانهيار

P: ضغط الغاز

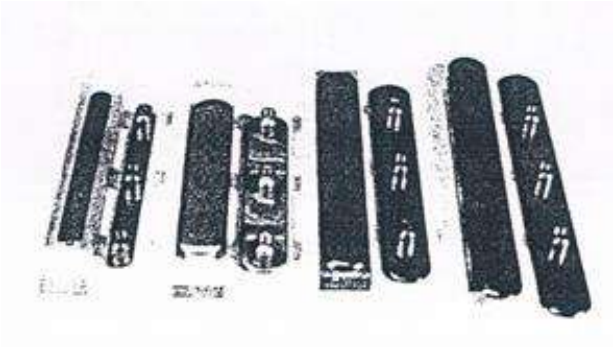
d: المسافة بين الاقطاب الرئيسة



7 غير المسافة بين الاقطاب المساعدة (الاوتاد) ولاحظ حدوث التفريغ الكهربائي التوهجي (Glow discharge).

8 سجل قيمة المسافة التي حدث عندها التفريغ الكهربائي التوهجي.

9 غير المسافة بين الاقطاب الرئيسة وصولا الى القيم التي يحصل عندها التفريغ الكهربائي التوهجي (الاقطاب الرئيسة هي عبارة عن قطعتين مصنوعة من مادة البراص بطول (10cm) وعرض (1cm) وسمك (2mm) ويفتح بها ثلاثة ثقوب مسننة من الاعلى غير نافذة لغرض التثبيت بالحامل والمسافة بين الثقوب (3cm) تقريبا ويمكن تغييرها)، ويبين الشكل صورة فوتوغرافية للاقطاب اذ تبين مواقع تثبيت الاقطاب.



ملاحظة: شكل الاقطاب يكون مستطيل وبنهايتين مكورة ويأخذ اشكال جانبية مختلفة حسب مصمميها ووفق معادلات معقدة مثلا شكل (روغوفسكي وجانك وايرنست).

10 سجل قيمة المسافة التي حدث عندها التفريغ الكهربائي التوهجي، يبين الشكل التفريغ الكهربائي التوهجي في حالة تقريب الاقطاب (الصورة نحو اليمين) وفي حالة زيادة المسافة بين الاقطاب (الصورة نحو اليسار).

11 خذ قيم اخرى لفرق الجهد المسلط على كل من الاقطاب.

12 كرر الخطوات 6 و 7 و 8 و9.

13 ادرج قراءاتك في جدول وكالاتي:

الفولطية المطبقة V(volt)	المسافة بين اقطاب التأين الذاتي (المساعدة) d(cm)	المسافة بين الاقطاب الرئيسة D(cm)
V_1		
V_2		
V_3		

14 ماذا تلاحظ من النتائج؟

الاسئلة

س1: ما اهمية التأين الاولي في منظومات الليزر؟

س2: كيف يعمل التأين الاولي على زيادة قدرة الليزر الخارجة؟

س3: متى يظهر التفريغ القوسي في منظومات الليزر؟

س4: ما الآثار السلبية لظهور التفريغ القوسي؟

س5: كيف يمكن الحد من تأثير التفريغ القوسي او تقليله الى اقل حد ممكن؟

س6: اذكر انواع التأين الاولي؟ وما ابسط هذه الانواع والتي استعملتها في تنفيذ هذا التمرين؟

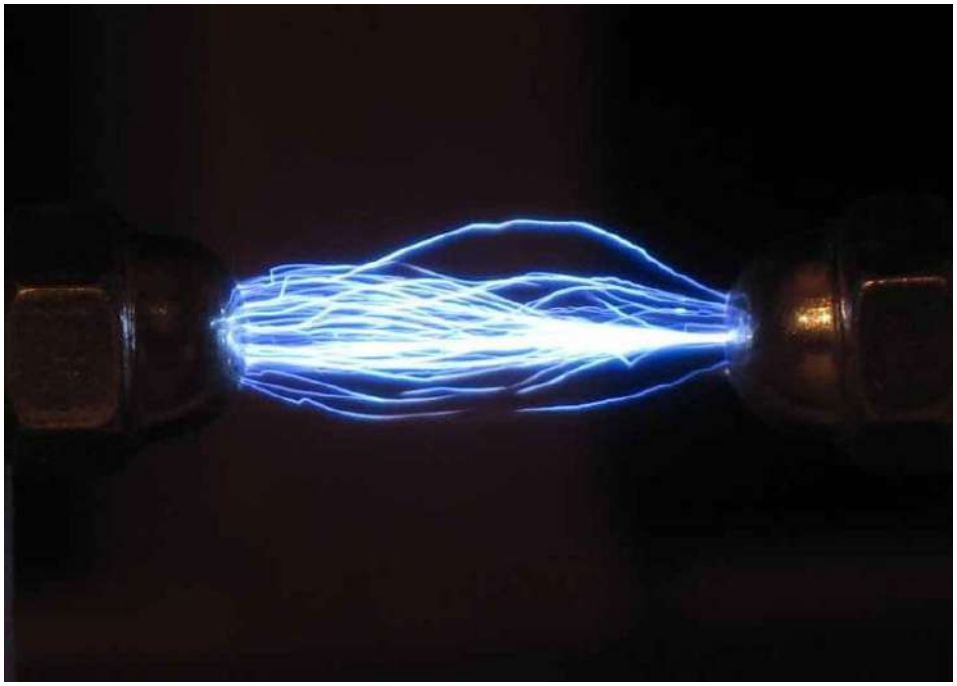
س7: بين برسم تخطيطي امتداد خط النقل من جهة واحدة داخل القناة الليزرية؟

س8: بين برسم تخطيطي امتداد خط النقل من جهتين داخل القناة الليزرية؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	**المرحلة: الثالثة**		**التخصص: قسم الليزر**	
اسم التمرين: تحقيق التأين الاولي باستعمال الاوتاد (Pins).				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		**التوقيع:**		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	**توقيع المدرب**		**توقيع رئيس القسم**	

التركيب الميكانيكي لفجوة القدح
Construction of the Spark Gap Mechanical

بسبب انماط التشغيل لمنظومات الليزر والمعتمدة على التفريغ الكهربائي السريع جداً لنمط التشغيل النبضي وكما بينا في التجارب (التمارين) السابقة حول انماط التشغيل المستمر والمتناوب لليزرات بشكل عام ولليزرات الغازية بشكل خاص. لذا يتطلب استعمال مفتاح سريع لغرض تفريغ شحنة المتسعة عبر الاقطاب وبزمن قصير جداً في عموم منظومات الليزر ذات التشغيل النبضي ولتحقيق استقرارية عالية يتم استعمال مفاتيح للفولطية العالية مثلا الثايروترون (thytron) اوالثايرستور أو فجوة القدح ثلاثية الاقطاب. لذا سنقوم في هذه التجربة بعمل فجوة قدح بابسط انواعها والتي تستعمل كمفتاح سريع للمنظومات الليزرية.



الشكل (1) فجوة قدح

اسم التمرين: حجرة قدح (ميكانيكي) **رقم التمرين:(7)**

مكان التنفيذ : **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- عمل حجرة قدح (ميكانيكي).

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- مادة البيرسبكس.
- مادة البراص.
- مادة التنكستن.

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

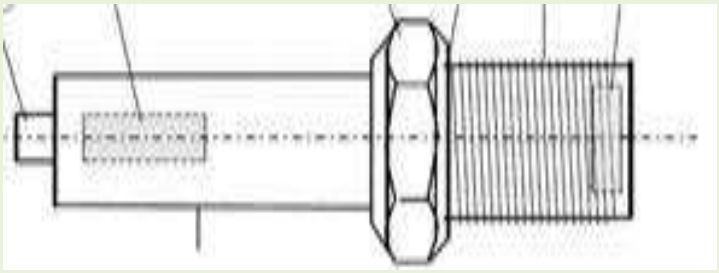
---

2 نستعمل عادة مادة البيرسبكس في عمل الهيكل الخارجي لحجرة القدح، لانها تمتاز بعزل كهربائي جيد، ولاتنكسر بسهولة، وقابلة للتشغيل الميكانيكي، وذات شفافية تساعد على دراسة التفريغ الكهربائي.

3 تؤخذ مادة البيرسبكس وتعمل على شكل اسطوانة بطول 5.3cm وقطرها الخارجي 7cm بسمك 1cm ومفتوحة من النهايتين للحصول على توزيع منتظم للضغط الجوي.

---

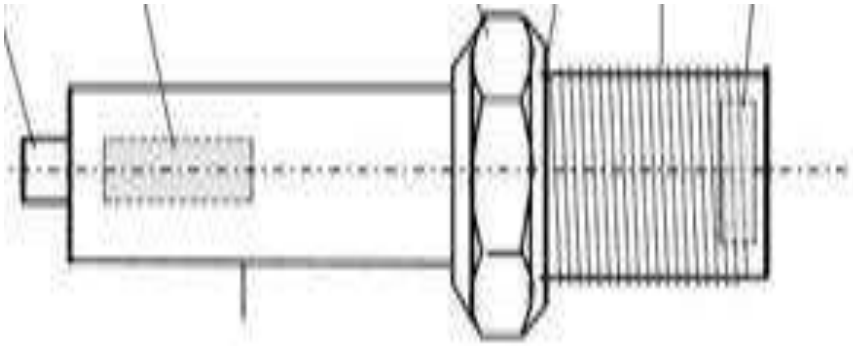
4 نعمل فتحتين جانبيتين بقطر 1.6cm في الاسطوانه ليثبت فيها منفذي دخول وخروج الغاز وكذلك عمل فتحة اضافية ثالثة لتثبيت القطب الثالث ويسمى القادح (trigger electrodes).



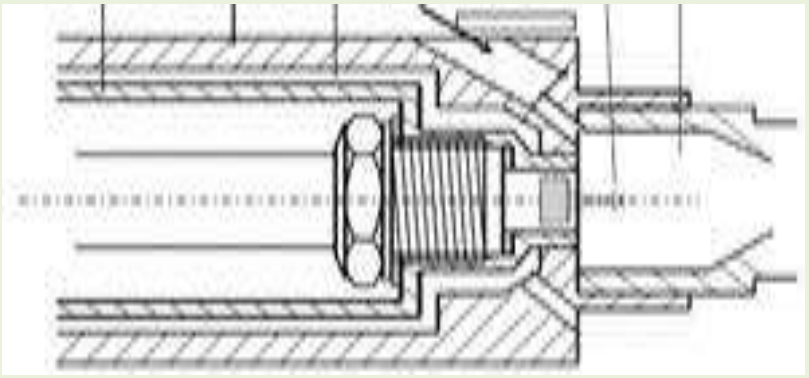
5 نعمل غطائين من معدن البراص للنهايتين العليا والسفلى وبقطر 6.4cm وسمك 0.2cm وفي كل منها ثلاث فتحات بين كل فتحة زاوية مقدارها 120° للوالب التثبيت في الغطاء العلوي ويكون سمك المنطقة المركزية 1.5cm وبقطر 3cm وفيها ثقب مركزي مسنن بقطر 1cm لتثبيت قطب الكاثود وللسيطرة به على المسافة بين القطبين.

6 نقوم بتهيئة قطبين الاول للكاثود مصنوع من البراص بطول 9cm ذو نهاية بسطح مستوي عند الوسط والثاني قياسي مصنوع من مادة التنكستن والذي يستعمل في فجوات القدح التجارية .

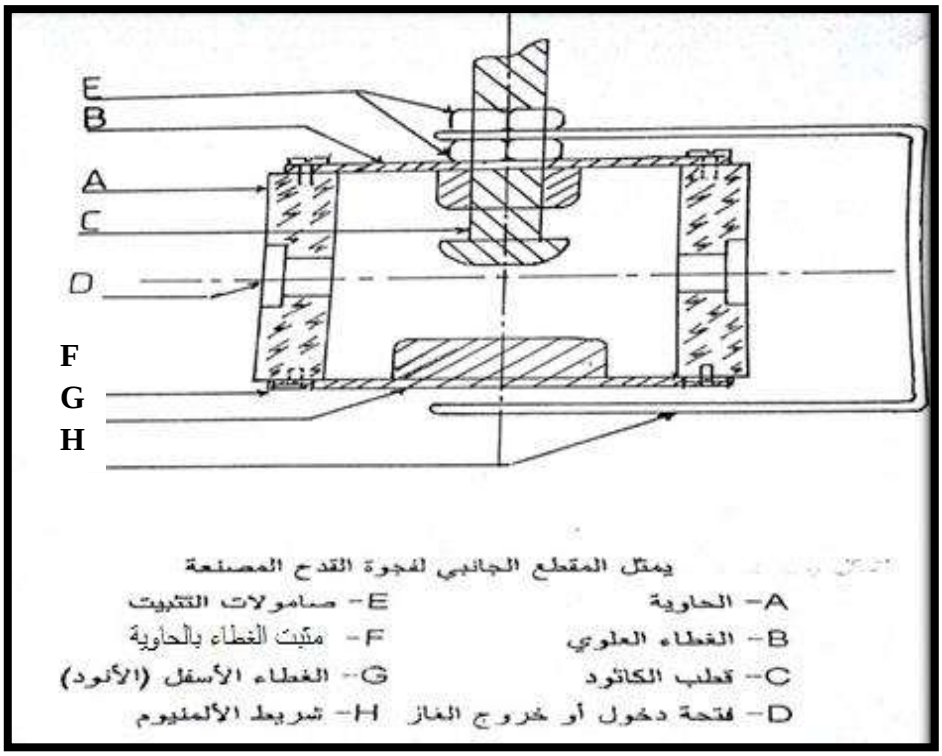
7 يتم تصنيع قطب الانود (الغطاء الاسفل) بسمك 1.5cm وبقطر 5.5cm وتكون المنطقة الداخلية المواجهه لقطب الكاثود ذات مساحة واسعة لتوفير مجال كهربائي منتظم تقريبا .



8 يتم التوصيل الكهربائي لهذه الفجوة عن طريق المساحة الواسعة للغطاء الاسفل (الانود) وتماسه مع الصفيحة العليا التي تمثل الكاثود (الصغيرة المساحة) للوح المطبوع (p.c.b) الذي هوعبارة عن صفيحة مثبتة مع الصفيحة السفلى ذات المساحة الواسعة (الانود) بوساطة شريط من الالمنيوم والذي يمثل خطوط نقل الطاقة.



9 اما الكاثود فيتم توصيله مع الصفيحة السفلى المشتركة للوح المطبوع بأستعمال شريط من الالمنيوم (لتقليل الحث) بالابعاد التالية (0.8×4×32.5cm) يوجد شق عند نهايته العليا بطول 3cm وعرض 2cm لغرض التثبيت بصورة محكمة مع الكاثود باستعمال الصامولات كما في الشكل التالي والذي يمثل المقطع الجانبي لفجوة القدح المصنعة.



يمثل المقطع الجانبي لفجوة القدح المصنعة

A- الحاوية	E- صامولات التثبيت
B- الغطاء العلوي	F- مثبت الغطاء بالحاوية
C- قطب الكاثود	G- الغطاء الأسفل (الأنود)
D- فتحة دخول أو خروج الغاز	H- شريط الألمنيوم

الاسئلة

س1: لماذا نستعمل مفاتيح الفولطية العالية ؟

س2: من اي مادة عادة يصنع الهيكل الخارجي لحجرة القدح؟

س3: حجرة القدح في هذا التمرين، ما مميزات المادة المصنوعة منها ؟ وكيف يكون شكلها؟

س4: كيف يتم دخول وخروج الغاز لحجرة القدح؟

س5: لماذا تكون المنطقة الداخلة المواجهة لقطب الكاثود ذات مساحة واسعة؟

س6: كيف يتم التوصيل الكهربائي لفجوة القدح؟

س7: علل: تكون المنطقة الداخلية المواجهة لقطب الكاثود ذات مساحة واسعة؟

س8: في هذا التمرين، نقوم بتهيئة قطبين للكاثود، الاول مصنوع من البراص والثاني قياسي مصنوع من اي مادة؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: عمل حجرة قدح (ميكانيكي) .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

دوائر القدح (لفجوة الشرارة والمصابيح الوميضيه)
Trigger Circuits for (Spark Gap and Flash Lamp)

ان فولطية تشغيل المصباح الوميضي تكون غير كافية لاتمام عملية التشغيل ، وسبب ذلك يرجع الى مقاومة المصباح العالية (المتأتية من بعد المسافة بين الاقطاب ومقاومة الغاز) لذا فان فولطية التشغيل لا يمكنها احداث التفريغ الكهربائي بين قطبي المصباح دون مؤثرخارجي وهو على نوعين:-

اولا- دائرة القدح:

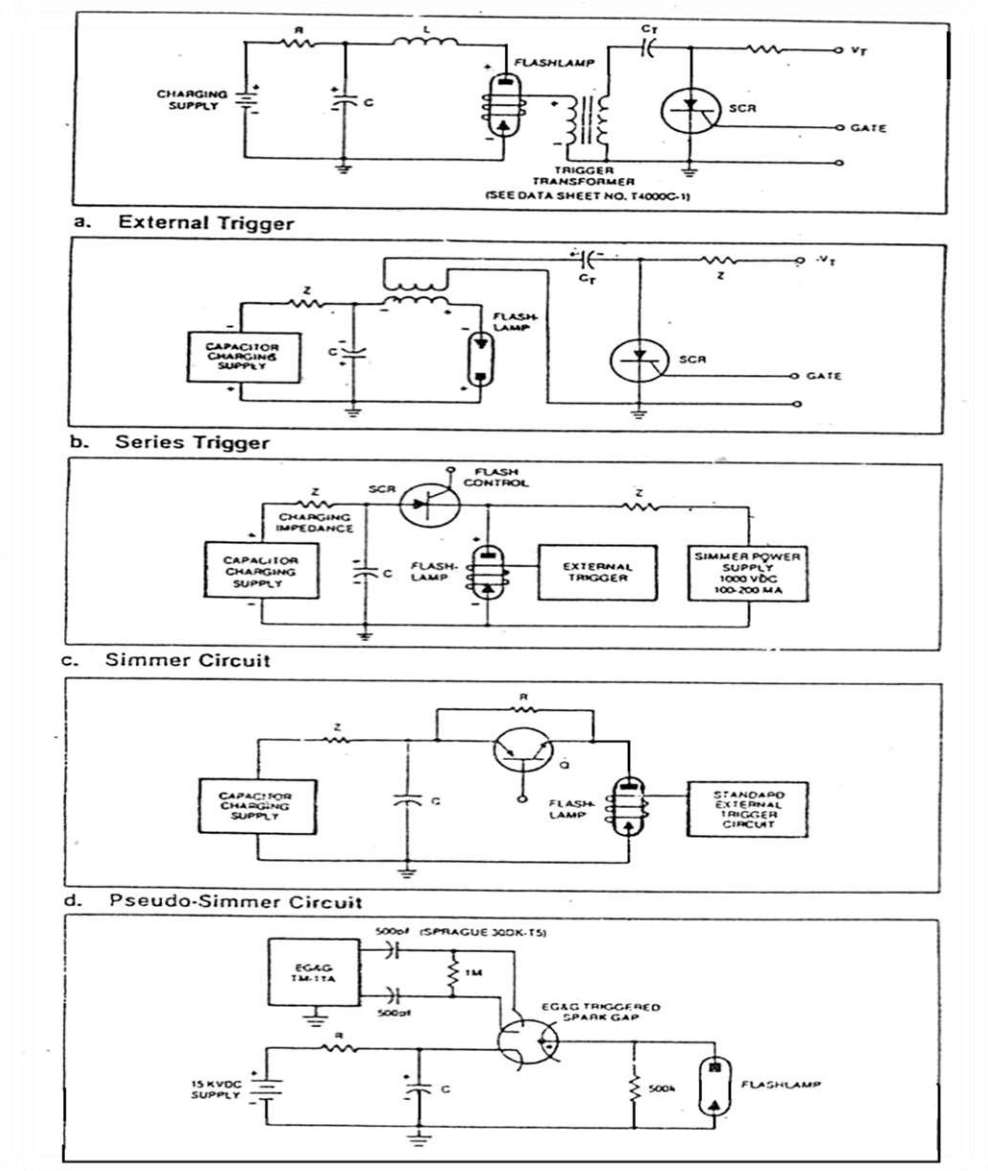
اذ تقوم هذه الدائرة بتجهيز شرارة كهربائية ذات فولطية عالية (تصل الى بضعة الاف من الفولطات) تعمل على تأين الغاز الموجود داخل المصباح مولدة بذلك ايونات سالبة واخرى موجبة قادرة على نقل التيار واحداث التفريغ الكهربائي بين الاقطاب.

ثانيا- فجوة الشرارة:

التي هي عبارة عن قطبين بشكل نصف دائري احدهما مثقوب من المنتصف مصنوعة من معدن (البراص او الفولاذ) ، المسافة بين القطبين صغيرة تقدر بـ (2-10mm) حيث تعمل هذه الفجوة على امرار الشرارة الكهربائية لدائرة انتقال الشحنة المستعملة في مجهزات القدرة النبضية لليزرات الغازية بشكل عام اي تعمل كمفتاح (فتح/غلق) (ON\OF).

دائرة القدح (Trigger circuit):

الغرض من دائرة القدح هو كسر الآصرة في مصباح الضخ من اجل الحصول على توهج والناتج من التفريغ لشحنة مخزونة عن طريق متسعة الشحن الرئيسة، ان نبضة القدح تقوم بإحداث تأين أولي للغاز داخل المصباح وتكون على شكل نبضات لفولطية مستمرة يمكن السيطرة عليها، ومع وجود الفولطية الموجودة من مجهز القدرة على قطبي المصباح التي بحد ذاتها لا تكفي لتشغيل المصباح (المصابيح التي بداخلها غازات نبيلة) لذلك فان دوائر القدح مهمة وعامل أساسي للحصول على التفريغ لانها تعمل على أحداث انهيار في مقاومة الغاز بين القطبين، وهنالك أشكال وتصاميم عديدة من دوائر القدح ولكل منها ميزة خاصة بها كما موضح في الشكل (1).



الشكل (1) بعض اشكال دوائر القدح

ان أكثر دوائر القدح استعمالا هي دوائر القدح الخارجية (External Trigger) ودوائر قدح التوالي (Series Trigger) في النوع الأول يتم لف سلك حول المصباح الوميضي يمرر من خلاله فولطية عالية وسريعة تعمل على أحداث تأين أولي داخل المصباح، أما في النوع الثاني فان السلك يربط على التوالي مع المصباح حيث تضاف الفولطية الخارجة من مجهز القدرة إلى فولطية القدح .
تفضل دوائر القدح الخارجية على دوائر القدح الأخرى، حيث يمكن الاعتماد عليها في الأداء بالإضافة إلى سهولة استعمالها وكلفتها الاقتصادية المناسبة.

اسم التمرين: دوائر القدح لفجوة الشرارة . **رقم التمرين: (8)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:

- عمل دائرة قدح لفجوة الشرارة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة):

- مادة البراص.
- حاوية من مادة البيرسبكس.

3- خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.
2	تتألف فجوة القدح (الغالق) من ثلاثة اقطاب Three Electrode spark gap اثنان منها تمثل اقطاب رئيسة من البراص نصف كروية بقطر (20mm) متقابلين.
3	ضع الاقطاب الثلاثة داخل حاوية من مـــادة البيرسبكس بقطـــر (100mm) واثقب من الجوانب ثقبين متقابلين لامرار الهواء المضغوط (احيانا يستعمل غازالنيتروجين (N_2). وبصورة جارية ولهذا الهواء فائدة مهمة جدا فهو الغاز المؤين باستمرار اثناء عملية انهيار الغاز ومرور التيار.
4	ضع القطبان الرئيسيان على مسافة ما بين (3-6mm) ويمكن تغير المسافة بين القطبين حسب الحاجة عن طريق جعل احد القطبين (الموجب)غير ثابت (متغير) بوضعه على حامل مسنن.

الاسئلة

س1: ما اهمية دائرة القدح؟

س2: ما المقصود بفجوة الشرارة؟

س3: ما عمل فجوة الشرارة؟

س4: في هذا التمرين، كم عدد الاقطاب التي تتألف منها فجوة القدح ؟

س5: لماذا تكون فولطية تشغيل المصباح الوميضي غير كافية لاتمام عملية التشغيل ؟

س6: ما اكثر دوائر القدح استعمالا ؟

س7: لماذا تفضل دوائر القدح الخارجية على دوائر القدح الاخرى ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثالثة التخصص: قسم الليزر				
اسم التمرين: دوائر القدح لفجوة الشرارة.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

دوائر التضمين وفك التضمين
(Modulation and Demodulation Circuits)

التضمين:

هو مفهوم أساسي يرد في مجال الاتصالات ونقل المعلومات بتوظيف موجة حاملة أو ناقلة للإشارة المعلوماتية والمقصود بمفهوم التضمين هو العملية التي تصف كيفية تغير إحدى الدلائل المرافقة للموجة الحاملة لكي تجعلها قادرة على حمل الإشارة، يمكن توظيف كل من سعة الموجة الناقلة، شدتها، ترددها، طورها، أو استقطابها، وأيضا بالإمكان استعمال أكثر من صفة لهذا الغرض.

توجد تقنيات مختلفة ومتعددة لكيفية تحميل المعلومات على الموجة الناقلة باحداث تغيرات في إحدى دلائل أو خصائص تلك الموجة، ومن انواع تقنيات التضمين:

1. **التضمين المناظر.**
2. **التضمين النبضي.**
3. **التضمين الرقمي.**

ففي التضمين المناظر توظف إشارة المعلومات الأولية التي هي عبارة عن تغير زمني مستمر للجهد الكهربائي لمتغير مستمر لإحدى خصائص الموجة الناقلة كالسعة أما في التضمين النبضي، يستعمل عرض النبضة ليتغير زمن حدوثها ضمن فتحة زمنية معينة للغرض ذاته، أما في تقنية التضمين الرقمي فان المعلومات تعطى بدلالة خيط من النبضات يكون لها عرض وزمن ثابتين ولكن سعتها تتغير بشرط أن مقدارها يخضع لقيم معينة مثلاً واحد وصفر. وأكثر التقنيات استعمالا هي تقنية التضمين المناظر والرقمي.

لكل نموذج إرسال مميزاته الخاصة، فالتضمين المناظر هو الوسيلة التقليدية الملائمة والمألوفة للناس، فالإذن البشرية اعتادت سماع الأصوات ذات التغير المستمر في مستوى شدتها وليس أصوات متقطعة ذات قفزات يظهر الصوت فيها فجأة أو ينعدم كلياً، تماماً كالعين التي اعتادت لترى مستويات متغيرة باستمرار لشدة الضوء وليس ومضات متقطعة لهذا السبب تبنى الإرسال الهاتفي التضمين المناظر للاتصالات فأسلاك الهاتف تنقل التغير المستمر في مستوى الإشارة المرسلة أما الإشارة الرقمية فهي أكثر ملائمة للالكترونيات والألياف البصرية فمن الأسهل تصميم وبناء دوائر للكشف عن الإشارة بكونها موجودة أو غير موجودة بدلاً من بناء دوائر للكشف عن كيفية تغير مستوى الإشارة المستمر. علاوة على كون الإشارة الرقمية اقل تأثراً بالتشويش، فمثلاً يبدو التشويه واضحاً في صوت المتكلم عبر الهاتف ولكن مهما كان التشويه على الإشارة الرقمية فيمكن تمييز وجودها من عدمه.

يصنف التضمين الى ثلاثة انواع:

1. تضمين النبضة (Pulse Modulation).
2. تضمين السعة (Amplitude Modulation).
3. تضمين التردد (Frequency Modulation).

ان عملية التضمين التي يتم اجراءها على الموجة الجيبية هي عملية يتم فيها القيام بتغير اي من خصائص الموجة بصورة مستمرة وبنظام معين يسمى الشفرة فتصبح الموجة محملة بالمعلومات من التغيرات التي نقوم بها.

1. تضمين النبضة (Pulse Modulation):

وهذا النوع من التضمين يتم على الفصل والتشغيل للموجة الجيبية ، تماما كما يحدث في ارسال كود اشارات مورس*، والشكل (1) يوضح كيف يتم ارسال الموجات في صورة نبضات وكل نبضة مكونة من عدد معين من الموجات وبهذا يكون نظام التشفير حيث يتم تمثيل نبضة مـــن موجات الراديو (المذياع) مدتها الزمنية 0.2 من الثانية بالرقم صفر في حين نبضة اخرى مدتها الزمنية 0.3 ثانية تمثل بالرقم واحد ونبضة زمنية مدتها 0.4 ثانية تمثل المسافة ولا تحتاج الى اكثر من ذلك في النظام الرقمي الذي يعتمد على الرقمين 0 و 1 وبهذا يمكن ارسال سيل من الاصفار والواحد التي تفصلهما المسافات من استعمال نظام النبضات لموجات الراديو وهذه الطريقة مستعملة في عملية ضبط الوقت حيث تستقبل الساعات الوقت من اشارات راديو تعمل بنظام تضمين النبضة.

الشكل (1) يمثل موجات راديو مضمنة بنظام النبضات وكل نبضة لها مدة زمنية محددة يتم استعمالها كمعلومات مثل اشارات مورس

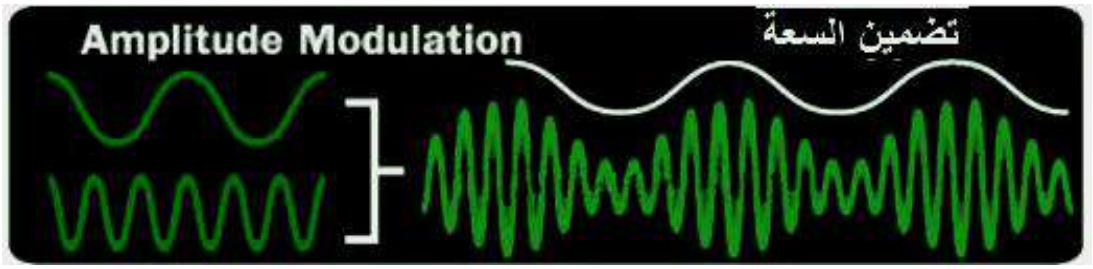
2. تضمين السعة (Amplitude Modulation):

نعلم ان لكل موجة سعة اهتزاز وهي المسافة بين القمتين في الموجة وبتضمين سعة الموجة يمكننا ان نحمل المعلومات عليها وهذه الطريقة مستعملة في انظمة الراديو التي تعمل على نظام AM (اول حرفي من المصطلح **A**mplitude **M**odulation) .

---

* أشارات مورس : هي شفرة حرفية من اجل ارسال المعلومة التلغرافية، باستعمال تتابعات قياسية من عناصر طويلة وقصيرة تعبر عن الحروف والارقام الموجودة في الرسالة.

ويتم فيها جمع موجة الراديو الجيبية وموجة الصوت وتكون المحصلة موجة مضمنة ذات سعة متغيرة مع الزمن كما موضح باللون الابيض في الشكل (2). تستعمل هذه الطريقة كذلك في ارسال اشارة التلفاز.



الشكل (2) يوضح موجات راديو مضمنة بنظام تضمين السعة

نظرا لكون الاشارة المعلوماتية ذات تردد منخفض LF وان الهوائي لا يميز بين اشارتين LF ولارسالها يجب تضمينها في موجة (اشارة) قادرة على الانتشار دون تبدد وهذه الموجة الحاملة من صنف HF وذات تردد عالي ولاسترجاعها يجب ازالة التضمين.

يحدث تغيير في الموجة الحاملة بحيث تتغير سعتها وفق ما تتطلبه الاشارة المضمنة وبالتالي يحدث تضمين للسعة. لتضمين السعة يتطلب:

- موجة جيبية حاملة HF (High Frequency).
- الاشارة المراد نقلها LF (Low Frequency) .
- المركبة المستمرة للتردد (اي مركبة تحدث ازاحة للاشارة المراد نقلها).

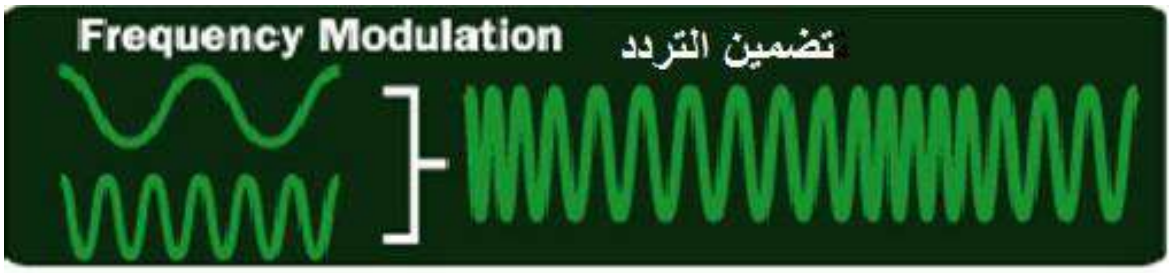
ان الاشارة المضمنة سعويا تتذبذب بين اعلى قيمة للفولطية V_{max} واقل قيمة للفولطية V_{min}. وتعرف نسبة درجة التضمين (m):

$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$$

3.تضمين التردد (Frequency Modulation):

وهذه الطريقة التي تستعمل في محطات الراديو التي تبث بنظام FM (Frequency Modulation) والتي تستعمل ايضا في الكثير من الاجهزة التقنية اللاسلكية مثل الهواتف واجهزة التحكم عن بعد واجهزة الجوال وغيره. كما تستعمل هذه الطريقة في ارسال الصوت المصاحب للصورة في الاشارة التلفازية (بمعنى ان اشارة التلفاز التي تحوي على الصورة والصوت يحمل على موجة راديو مضمنة بطريقة تضمين التردد).

في هذه الطريقة يتم تضمين التردد بناءا على نتيجة التداخل بين الموجة الجيبية (موجة الراديو) وموجة المعلومات (الصوت او الصورة) وتكون النتيجة موجة جيبية مضمنة ذات ترددات مختلفة حسب تردد موجة المعلومات التي تداخلت مع الموجة الجيبية، كما موضح في الشكل (3).



الشكل (3) يوضح موجات راديو مضمنة بنظام تضمين التردد

تأثير نسبة التضمين:

تمكن نسبة التضمين من تحديد جودة التضمين.

- يكون التضمين ذا جودة عندما يكون غلاف الاشارة الحاملة يتطابق مع الاشارة – المعلومة وهذا يوافق $m < 1$
- تردد الموجة الحاملة اكبر بكثير من تردد الاشارة – المعلومة.

فك التضمين:

يهدف فك التضمين الى "استرجاع" الاشارة – المعلومة (LF) المبعوثة عبر الموجة المضمنة سعويا (HF).

اسم التمرين: دوائر التضمين وفك التضمين . **رقم التمرين:(9)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- دراسة مميزات التضمين السعوي.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- اوسلوسكوب (DSO).
- مولد اشارة A.
- مولد اشارة B.
- مشبك BNC.
- اسلاك عازلة.

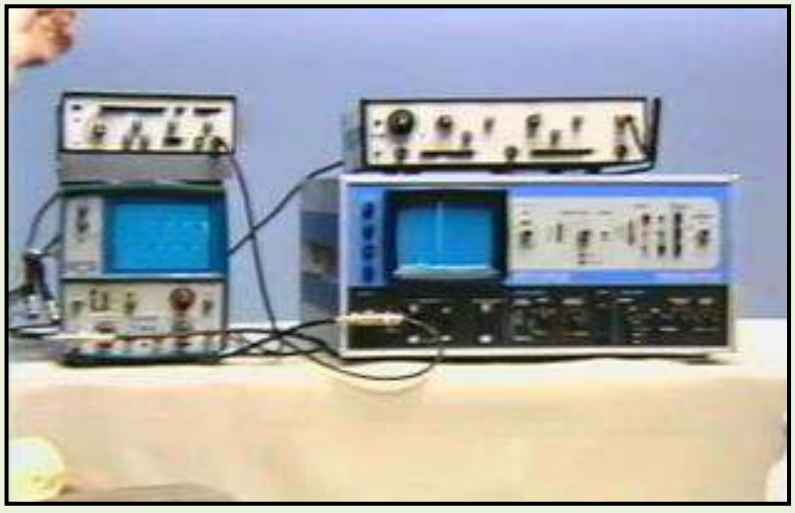
3- خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

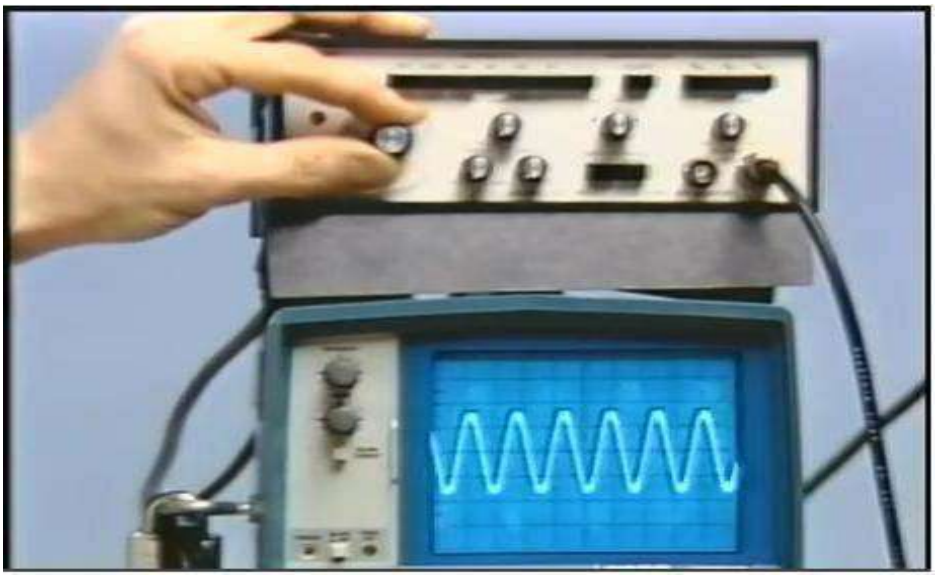
---

2 اعمل على تعيير الاوسلوسكوب لكلا القناتين (قناة 1 وقناة 2)، كما موضح في الشكل.

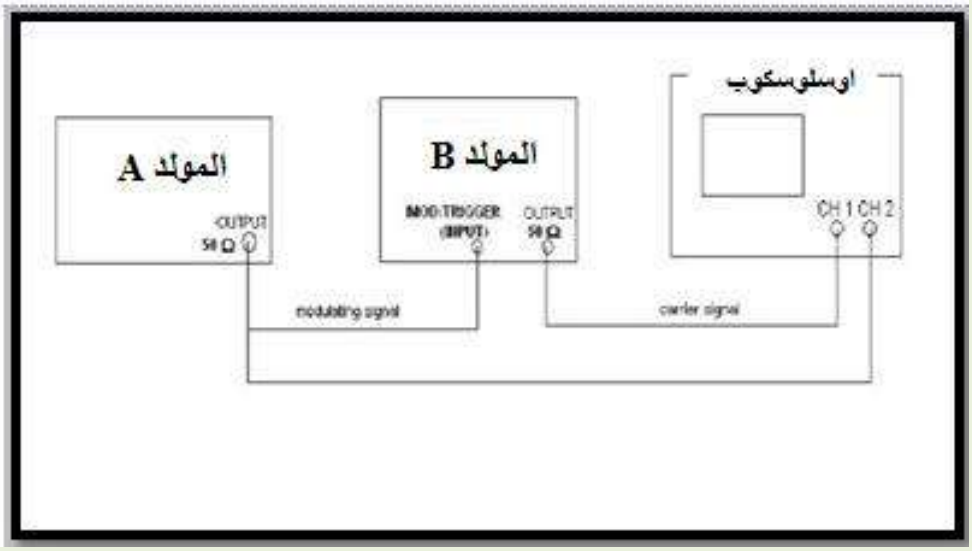


---

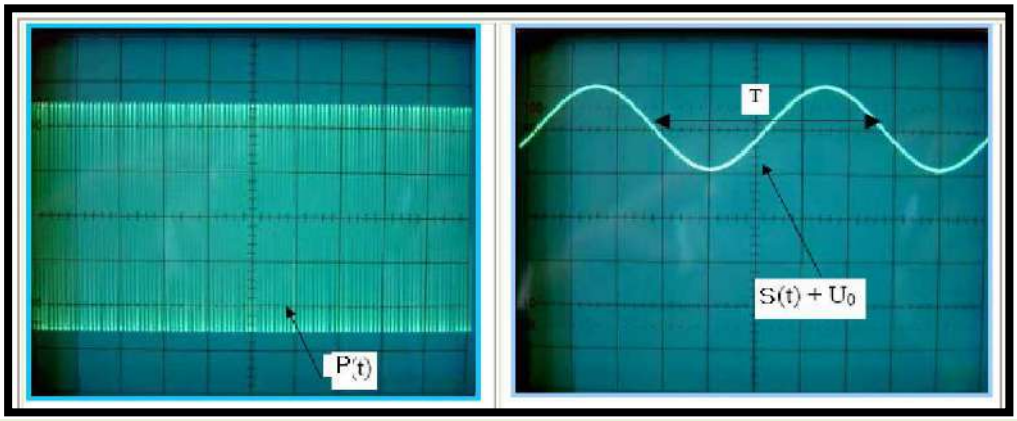
3 نظم تردد المولد A على (500Hz) (اشارة تضمين) ومولد B على (5kHz) (الاشارة الحاملة) كما في الشكل.



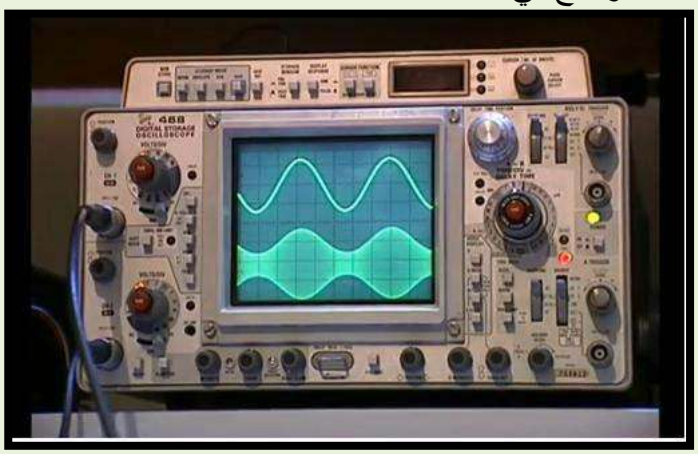
4 اربط الدائرة ،كما في الشكل.



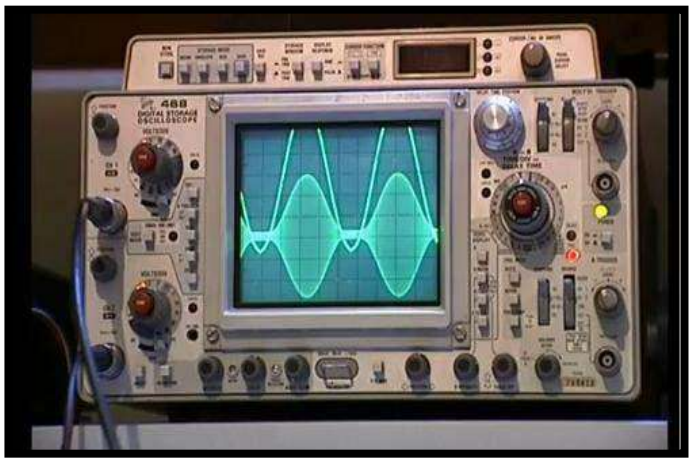
5 - اضغط على AM للتضمين السعوي الى المولد B، كما موضح في الشكل.



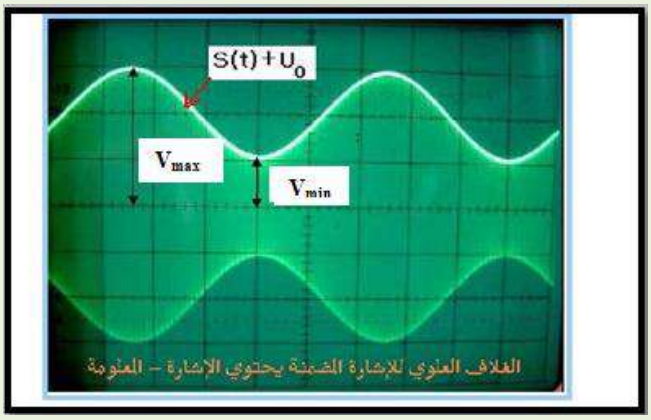
6 اضغط على MOD ON . ثم اضغط SHIFT، RATE لجعل الدالة الخارجة الى المولد B، كما موضح في الشكل.



7 زيد سعة المولد A من $2V_{P-P}$ الى $10V_{P-P}$ (بزيادة مقدارها $2V_{P-P}$ في كل مرة) ولاحظ التغير في شكل الموجة والموضح في الشكل.



8 لاحظ شكل الموجة الخارجة المتضمنة، وخذ اعلى V_{P-P} (max) واقل V_{P-P} (min) ثم احسب النسبة المئوية لشكل الموجة التي تضمنت باستعمال مقياس درجة التضمين، كما في الشكل.



$$m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$$

نسبة التضمين = m x100%

9 سجل قرآتك في جدول كالاتي:

قناة رقم (2)	قناة رقم (1)			النسبة المئوية لـ m (m%)
Vp-p	$Vmax_{p-p}$	$Vmin_{p-p}$	درجة التضمين	
2 Vp-p				
4 Vp-p				
6 Vp-p				
8 Vp-p				
10 Vp-p				

الاسئلة

س1: ما المقصود بالتضمين ؟

س2: تصنف تقنيات التضمين الى ثلاثة اصناف ، اذكرهم؟

س3: املأ الفراغ بما يناسبه:

أ) في تقنية التضمين ---------- فان المعلومات تعطى بدلالة خيط من النبضات يكون لها عرض
وزمن ثابتين ولكن سعتها تتغير بشرط ان مقدارها يخضع لقيم معينة مثلا واحد وصفر.

ب) في التضمين ---------- توظف اشارة المعلومات الأولية التي هي عبارة عن تغير زمني مستمر للجهد الكهربائي لمتغير مستمر لأحدى خصائص الموجة الناقلة كالسعة.

ت)الاشارة الرقمية هي اكثر ملائمة الى ---------- و---------- .

س4: اذكر اكثر تقنيات التضمين استعمالا؟

س5: اي صنف من تقنيات التضمين تبناه الارسال الهاتفي؟

س6: هل الاشارة الرقمية اكثر أم أقل تأثرا بالتشويش؟

س7: ما المقصود بسعة اهتزاز الموجة؟

س8: ماذا يتطلب لتضمين السعة؟

س9: ما نوع التضمين المستعمل في اجهزة التلفونات (الهواتف)؟

س10: اكتب العلاقة الرياضية التي تربط بين نسبة درجة التضمين واعلى قيمة للفولطية واقل قيمة للفولطية؟

س11: ما الهدف من فك التضمين ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثالثة التخصص: قسم الليزر				
اسم التمرين: دوائر التضمين وفك التضمين.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

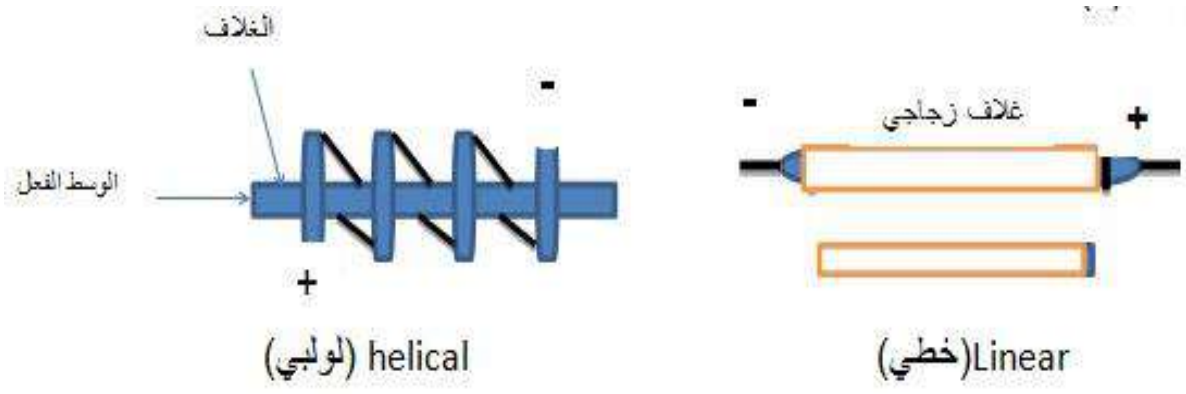
دراسة معلمات المصابيح الوميضية
(Flash Lamps parameters)

المصباح الوميضي:

هو مصدر ضوئي يستعمل في العديد من التطبيقات وخاصة في ضخ منظومات الليزر، وهو عبارة عن نظام ضخ بصري يستعمل لضخ انظمة الليزر في الحالة الصلبة.

ويتكون من انبوب زجاجي يحوي على اقطاب كهربائية في نهايته ويتم ملئه بأحد الغازات الخاملة (النبيلة) وغالبا ما تكون هذه الغازات هي الزينون والكربتون.

ويصنع المصباح الوميضي: على شكل خطي linear او لولبي helical ، لاحظ الشكل (1).



الشكل (1) يوضح اشكال المصباح الوميضي

غلاف المصباح الوميضي عبارة عن: انبوبة زجاجية من الزجاج الصلب او الكوارتز الشفاف الذي يسمح بمرور الاشعة المنبعثة من المصباح الوميضي الى خارجه بأتجاه الوسط الفعال، مادة الغلاف يجب ان تتحمل درجات الحرارة العالية والصدمات الميكانيكية حيث يمتاز زجاج الكوارتز بنفوذية عاليه للأطوال الموجية والتي تمتد بمدى (200-400 nm) ويتحمل درجات حرارة عالية تصل الى 1300˚C. والجدول التالي يبين بعض المواصفات القياسية للمصابيح الوميضية.

جدول (1) يبين المواصفات القياسية للمصابيح الوميضية

سمك جدار المصباح الوميضي	1-2mm
القطر الداخلي للمصباح الوميضي	3-19 mm
طول المصباح الوميضي	5-50 cm
ضغط الغاز الخامل داخل المصباح الوميضي	400-1000 Torr*

*1Torr = mm.Hg

ان الاقطاب الكهربائية في المصابيح الوميضيه تصنع من معادن تتحمل درجات حرارة عالية وتيارات كهربائية عالية وان نوع المادة وشكل الاقطاب يؤثر على عمل المصباح الوميضي . عادة يستعمل معدن التنكستن او سبائك التنكستن لتصنيع هذه الاقطاب .

الخصائص الكهربائية للمصابيح الوميضية:

تمتلك المصابيح الوميضية العديد من الخصائص المؤثرة في عملها ومنها الخصائص الكهربائية ومن ابرزها خصائص الممانعة التي تحدد كفاءة انتقال الطاقة من متسعات الخزن الى المصباح. ان ممانعة قوس البلازما هي دالة لكل من كثافة التيار والزمن حيث يتكون القوس (في اغلب انظمة القدح) من شريط رقيق ينمو قطريا حتى يملأ الحجم الكلي للمصباح وكون فترة النمو سريعة جدا بحدود (5-50) مايكروثانية (µs) للمصباح الذي يمتلك قطرا داخليا يصل الى 1.3cm أثناء فترة نمو القوس تقل ممانعة المصباح مع الزمن وعند نقطة معينة تزداد قيمتها بسبب الزيادة في تأين الغاز وكذلك بسبب التوسع القطري للبلازما .

وفي حالة استقرار قوس البلازما فأن العلاقة بين التيار والفولطية داخل المصباح الوميضي هي كالاتي:

$$V = K_0 i^{1/2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

اذ ان:

V: هي الفولطية المجهزة للمصباح الوميضي بوحدات الفولط (V) (فولطية التفريغ الكهربائي).

i: تيار التفريغ الكهربائي بوحدات الامبير(A).

K_0 :هو مقدار ثابت يسمى ثابت خصائص الممانعه للمصباح الوميضي ووحداته $(V/A^{1/2})$ وتعطى قيمته من العلاقه الآتية :

$$K_0 = K(L/d) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

اذ ان :

L: هي المسافة بين قطبي التفريغ الكهربائي داخل المصباح الوميضي.

d: قطر المصباح الداخلي.

K: هو ثابت يعتمد على نوع الغاز المستعمل داخل المصباح وتكون قيمته $(1.27V/A^{1/2})$ في حالة مصباح الزينون عند ضغط (450Torr) اما في حالة ضغط اخر فتكون العلاقة كالآتي :-

$$K_0 = 1.27\left(\frac{P}{450}\right)^{0.2}\left(\frac{L}{d}\right) \quad \text{... ... ...} \quad (3)$$

اذ ان:

P : ضغط الغاز.

اما في حالة استعمال غاز الكربتون فتكون العلاقة كالآتي :-

$$K_0 = 1.27\left(\frac{P}{805}\right)^{0.2}\left(\frac{L}{d}\right) \quad \text{... ... ...} \quad (4)$$

وتستغرق عملية صعود قيمة فولطية او تيار التفريغ الكهربائي في المصباح الوميضي من الصفر الى اعظم قيمة لها فترة زمينة محددة تسمى زمن الصعود (rise time) (T_r) ويعطى كالآتي:-

$$T_r = \sqrt{LC} \quad \text{... ... ...} \quad (5)$$

اذ ان:

L: محث الملف.

C: سعة متسعة الشحن.

اما الزمن الكلي لنبضة المصباح الوميضي فيعطى كالآتي :-

$$T_P = 3T_r = 3\sqrt{LC} \quad \text{... ... ...} \quad (6)$$

ان خصائص الاشعاع الخارج من المصباح الوميضي ومصباح الكربتون القوسي هي دالة لمجموعة مؤثرات وهي:

1. نوع مادة غلاف المصباح.
2. جسم المصباح
3. نوع المصباح
4. ضغط الملئ

اسم التمرين: معلمات المصابيح الوميضية . **رقم التمرين:(10)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- دراسة معلمات المصابيح الوميضية.
- دراسة شكل نبضة التيار الخارجة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- مصباح الكربتون.
- اسلاك ربط.
- مغير فولطية (او فولطية متغيرة).
- مجس قياس التيارات العالية، مجس لقياس الفولطيات العالية (High voltage probe).

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 خذ مصباحا مملوءا بغاز الكربتون والذي تكون اقطابه من مادة التنكستن النقي بحيث يكون يكون القطب الموجب مسطح الشكل اما القطب السالب فيصنع بشكل نصف كروي بعد ذلك نلحم الاقطاب بمادة الديفيكون (لحام بارد).

3 اربط المصباح بمجهز قدرة مستمر (3kV) ومتغير.

---

4 قم بقياس قيمة فولطية التفريغ (V) على طرفي المصباح،من مجس الفولطية المربوط على التوازي مع المصباح وقيمة تيار التفريغ ($\boldsymbol{i}$) من مجس التيار(المقاومة) المربوط على التوالي معه.

5 اعد الخطوة (4) مرات عدة (سبع مرات مثلا) لكي تحصل على نقاط كافيه للرسم البياني.

$i^{1}/_{2}$	i	V

6 ارسم رسم بياني بين (V) على محورالصادات و ($\boldsymbol{i^{1/2}}$) على محورالسينات. وستلاحظ بأن النقاط تكون على شكل خط مستقيم ومن ميل خط المستقيم نجد قيمة ثابت خصائص الممانعة لمصباح الكربتون (K_0).

$$\boldsymbol{K_0 = tan\theta = \frac{V}{i^{1/2}}}$$

الاسئلة

س1 : على كم نوع يصنع شكل المصباح الوميضي ؟

س2 : لماذا يستعمل الكوارتز في صناعة المصباح الوميضي ؟

س3 : ما المواصفات القياسية للمصباح الوميضي ؟

س4 : ما قانون زمن الصعود (rise time) ؟

س5: هل يتم ملئ المصباح الوميضي بغاز خامل ام غاز غير خامل؟

س6 : هل غاز الكربتون هو غاز خامل ام لا؟

س7 : ما المقصود بالمصباح الوميضي ؟

س8: اكتب العلاقة بين فولطية التفريغ الكهربائي وتيار التفريغ الكهربائي داخل المصباح الوميضي مبينا المعنى الفيزياوي لكل رمز؟

س9: في حالة مصباح الزينون ما قيمة الثابت(K) عند ضغط مقداره (450 Torr)؟

س10: ان خصائص الاشعاع الخارج من المصباح الوميضي ومصباح الكربتون القوسي هي دالة لمجموع مؤثرات. اذكرها؟

س11: تمتلك المصابيح الوميضية العديد من الخصائص المؤثرة في عملها ومنها الخصائص الكهربائية ومن ابرزها خصائص الممانعة، ماذا تحدد خصائص الممانعة ؟

س12: لمن تكون ممانعة قوس البلازما دالة؟

س13: ما وحدات الثابت (K_0)؟

س14: عند اجرائك التمرين ، اقطاب المصباح المملوء بغاز الكربتون كانت مصنوعة من اي مادة ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: معلمات المصابيح الوميضية .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة المصابيح الوميضية ومحاذيرها

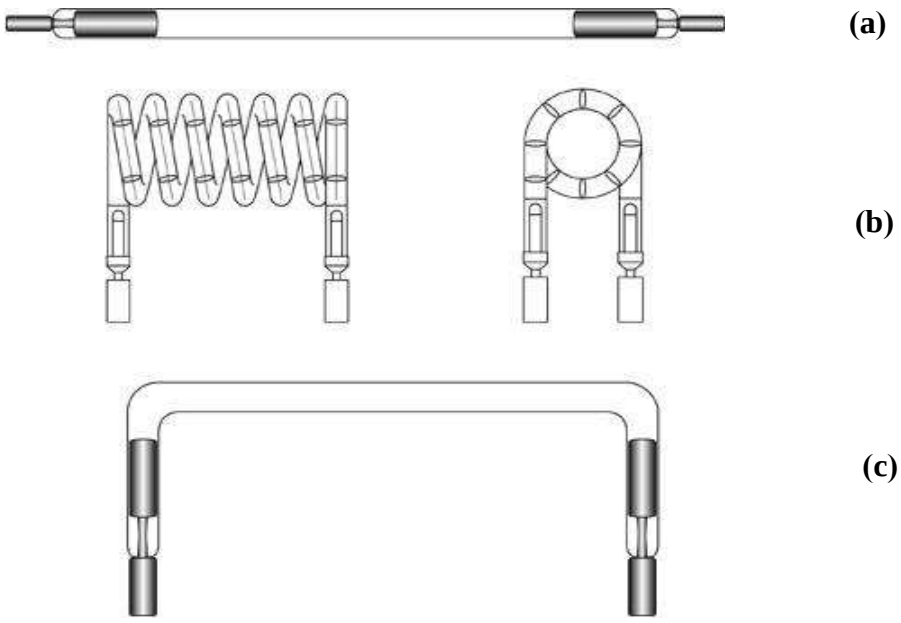
Maintenance of flash lamps and their precautions

المصابيح الوميضية هي مصادر نبضية للضوء، وتكون بشكل خطي او حلزوني وبأغلفة مصنوعة من مادة الكوارتز ذات مقطع عرضي دائري، تملأ بالغاز يكون عادة غاز نبيل (خامل)، مثل الزينون او الكربتون، ولها قطبين مثبتين باحكام داخل الغلاف. بداية التفريغ الكهربائي يحدث عند تسليط فرق جهد عالي من ايصال قطبي المصباح بمجهز القدرة والحصول على تيار نبضي عالٍ، اثناء سريان هذا التيار النبضي خلال الغاز سينبعث اشعاع ضوئي قوي.

تستعمل المصابيح الوميضية بنطاق واسع للضخ النبضي في ليزرات الحالة الصلبة وكذلك تستعمل في التصوير الضوئي وفي بعض التطبيقات مثل دراسة ظاهرة الفسفرة. المصابيح الوميضية تكون على انواع منها:

- **المصابيح الوميضية الخطية:**

وهي بشكل انابيب مستقيمة، بقطر من 3 الى 19 ملم (mm) وبسمك من 1 الى 2 ملم (mm)، وبطول من 5 الى 50 سم (cm). كما مبين في الشكل (1- a).



الشكل (1) انواع المصابيح الوميضية

الاعلى (a) المصباح الوميضي الخطي الاوسط (b) المصباح الوميضي الحلزوني ، مقاطع كلية وجانبية الاسفل (c) المصباح الوميضي على شكل حرف – U

- **المصابيح الوميضية الحلزونية:**

تكون ذات تقوسات تزيد من طول المصباح الوميضي وكذلك تجعله ذا مساحة اكبر، وبذلك تستطيع توفير طاقة نبضية عالية لقضيب الليزر. وهي تشبه المصباح الوميضي الخطي مـــن حيث السمك والقطر، شكل (1-b).

- **المصباح الوميضي بشكل حرف – U:**

يكون اساسا مصباح وميضي خطي بنهايات مصممة بشكل حرف - U كما مبين الشكل (1-c). ان هذا الترتيب يسمح بتوصيل الكهربائية الى نهاية المصباح ويعمل على تقريب المسافة من قضيب الليزر ، الذي يكون قريب من الجزء الطويل للمصباح. هذه المصابيح يبدو ان استعمالها قد اصبح أقل في ليزرات الحالة الصلبة الحديثة.

يملأ المصباح عادة تحت ضغط من 300 الى 700 تور (torr)، ويملأ معظمها على الاغلب بغاز الزينون لكونه يعطي اشعاعية خارجة عالية مقارنة بالغازات الاخرى. يستعمل غاز الكربتون لملأ المصابيح الوميضية لضخ ليزرات نيديميوم – ياك، حيث في بعض التطبيقات انبعاث الاشعاع من غاز الكربتون يوفر دور افضل في طيف الامتصاص لمواد الليزر (ليزر نيديميوم – ياك).

اسم التمرين: صيانة المصابيح الوميضية ومحاذيرها. **رقم التمرين:(11)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- صيانة المصابيح الوميضية.
- الوقاية من الاضرار الناتجة عنها.

2- التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة):
- مصباح وميضي.
- نظارات واقية.
- قفازات.
- نسيج من الكتان.
- ميثانول.
- كارتردج: جسيم مرشح ، ماء غير مؤين.

3- خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

---

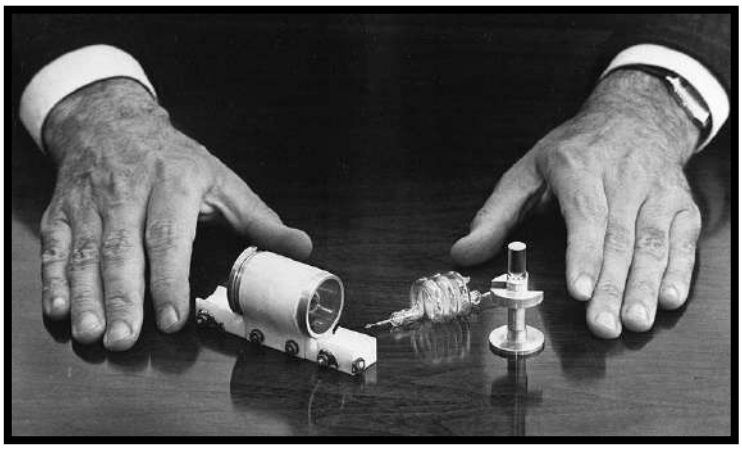
1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

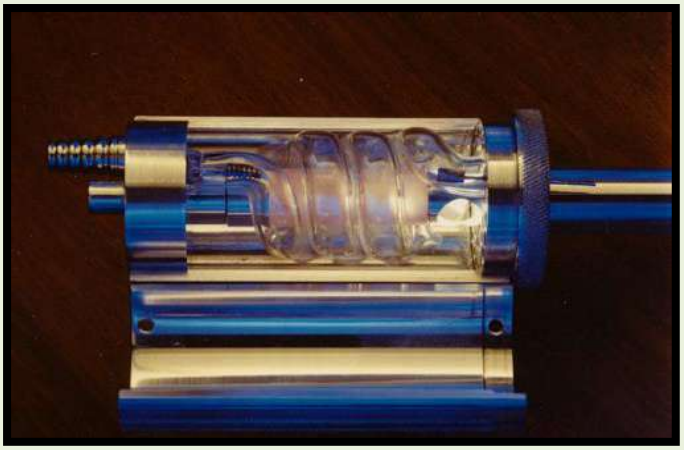
2 ارتد النظارات الواقية والقفازات عندما تتعامل او تنصب المصابيح الوميضية وتنظيفها وازالتها.

---

3 لا تسلط ضغط على ميكانيكية المصابيح الوميضية.

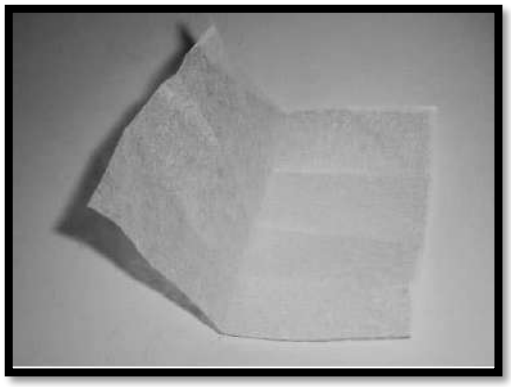


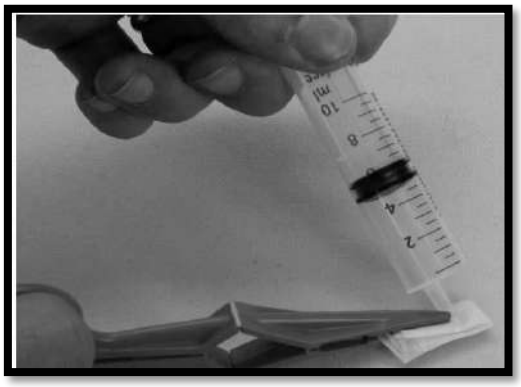
4 احذر من كسر او خدش غلاف المصباح الوميضي.



5 لا تدع غلاف المصباح الوميضي يتلوث بالتراب ، النفط ، بصمات الاصابع ، أو اية ملوثات اخرى.

6 اذا تطلب الامر تنظيف غلاف المصباح الوميضي،امسحه بعناية بنسيج الكتان والمبلل بالميثانول.

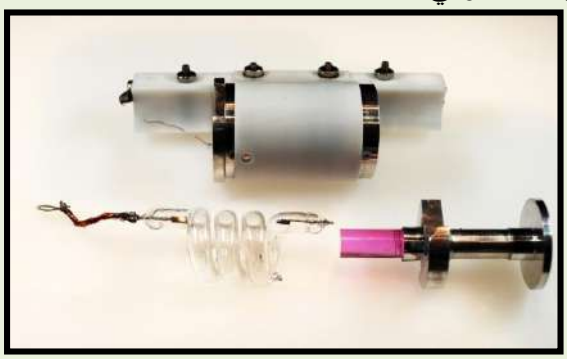




7 تأكد من تثبيت توصيلات الكهرباء على طرفي اقطاب المصباح الوميضي باحكام حتى لا يحدث تسريب الكهرباء.

8 عند تنصيب المصباح الوميضي ، اذا كان حامل المصباح الوميضي مستعمل ، تأكد من خلوه من الصدأ.

9 تأكد من وجود العلامة الحمراء التي تشير الى مؤخرة الانود للمصباح الوميضي. تأكد من ادخال المصباح الوميضي في حامله وفي الاتجاه المناسب.



10 تولد المصابيح الوميضية انواع مختلفة من الاخطار، وهذه الاخطار تتضمن انفجار المصباح الوميضي، انبعاث اشعة فوق بنفسجية، توليد الاوزون.

11 تزداد اخطار الانفجار وذلك عند اشتغال المصابيح الوميضية بتيار كهربائي عالي جدا والذي يسبب نبضات مضغوطة ومتصادمة داخل غلاف المصباح الوميضي. وهذا يكون موجودا عندما تشتغل المصابيح الوميضية بقيم عالية من الطاقة الداخلة (اي تأكد من فولطية القمة للمصباح ولا تسلط فولطية اكثر من المطلوب).

12 انفجار المصابيح الوميضية يسبب تطاير شظايا زجاج الكوارتز والذي يسبب العمى أو اية جروح اخرى، لذلك يجب ان تحفظ المصابيح الوميضية داخل بيت واق ومحاط بغلاف قوي يقاوم الانفجار ويحوي شظايا الكوارتز المتطايرة داخله.

13 المصابيح الوميضية تولد اطوال موجية قصيرة (اشعة فوق بنفسجية) والتي قد يمكن ان تسبب حروق في الجلد والسطح الخارجي للعين لذلك يجب ارتداء ملابس واقية ونظارات واقية وماصة للاشعة فوق البنفسجية عند العمل بالقرب من هذه المصابيح الوميضية.

الاسئلة

س1: اي انواع الليزرات تستعمل المصباح الوميضي للضخ النبضي؟

س2: في اي التطبيقات تستعمل المصابيح الوميضية؟

س3: لماذا يستطيع المصباح الوميضي الذي يكون بشكل حلزوني ان يوفر طاقة نبضية عالية لقضيب الليزر؟

س4: اي شكل من اشكال المصابيح الوميضية يساعد على توصيل الكهربائية الى نهاية المصباح؟

س5: تحت اي ضغط تملأ المصابيح الوميضية بالغاز؟

س6: لماذا يفضل غاز الزينون لملئ معظم المصابيح الوميضية عن الغازات الاخرى ؟

س7: اي نوع من انواع الليزرات يستعمل فيه غاز الكربتون لملئ المصباح الوميضي؟

س8: كيف يمكن الوقاية من المخاطر التي تسببها المصابيح الوميضية عند انفجارها؟

س9: متى تزداد اخطار انفجار المصابيح الوميضية؟

س10: لماذا تحفظ المصابيح الوميضية داخل بيت واق ومحاط بغلاف قوي؟

س11: تولد المصابيح الوميضية انواعا مختلفة من الاخطار، ماذا تتضمن هذه الاخطار؟

س12: في هذا التمرين، كيف تنظف غلاف المصباح الوميضي ؟

س13:علل لماذا يجب ارتداء ملابس واقية ونظارات واقية وماصة للاشعة فوق البنفسجية عند العمل بالقرب من هذه المصابيح الوميضية؟

س14: متى تكون بداية التفريغ الكهربائي في المصابيح الوميضية؟

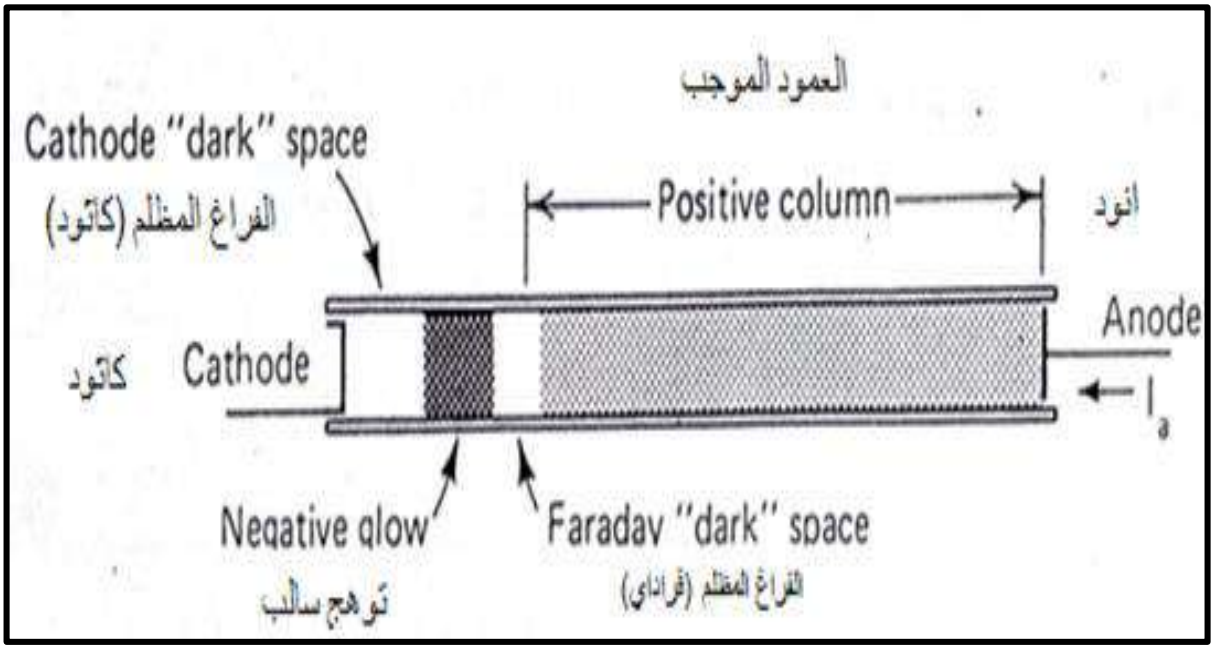
س15: لماذا يجب التأكد من تثبيت توصيلات الكهرباء على طرفي اقطاب المصباح الوميضي باحكام؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة المصابيح الوميضية ومحاذيرها .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

دراسة معلمات التفريغ الكهربائي لليزرات الغازية

Study of electrical discharge parameters for Gas Lasers

تتشابه منظومة الليزرات الغازية الطولية والمستمرة بشكل عام من حيث التركيب الميكانيكي، لذا سنأخذ على سبيل المثال ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2 Laser) المستمرالتقليدي والذي يتكون من انبوب زجاجي يحتوي بداخله علـــى الخليط الغازي (CO_2 ,N_2 ,He) بضغط معين وفـــي نهايته قطبين موصلين بشكـــل اصبعي (الانود والكاثود) تفصل بينهما مسافة مقدارها (d) ، عند تسليط فرق جهد كهربائي بينهما سيحدث التفريغ الكهربائي كما في الشكل (1). ان التفريغ الكهربائي يتألف مـــن ثلاث مناطق مميزة هـــي منطقة التفريغ القريبة من الكاثود (cathode region) وتكـــون شدة التوهج فـــي هذه المنطقة واطئة، ومنطقة التفريغ التوهجي السالب (negative glow) التي يحدث فيها هبوط فـي الفولطية ومنطقة عمود البلازما الموجب (positive coulumn) الذي يشغل القسم الاكبر من المسافة الفاصلة بين القطبين.



الشكل (1) مناطق التفريغ الكهربائي في انبوب ليزرغازي

يوضح الشكل (2) منحني خصائص تيار جهد التفريغ الكهربائي التوهجي يقطعه خط الحمل (Load line) عند النقطتين (A , B) اللتان تقعان في منطقة استقرار التفريغ الكهربائي وتعطى معادلة خط الحمل بالعلاقة الاتية :

$$V = V_A - IR_B$$

اذ ان:

v_A: فولطية مجهز القدرة عند النقطة A.

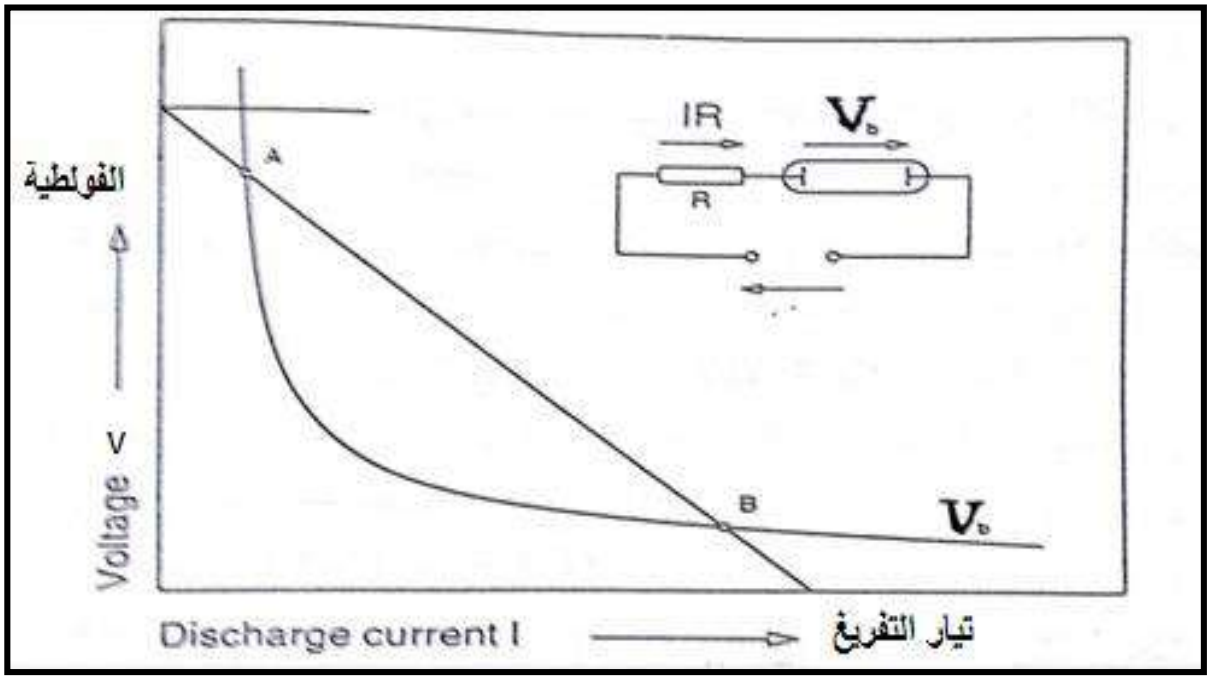
R_B: مقاومة الموازنة (Ω) عند النقطة B.

I: التيار.

تعتمد خصائص التفريغ الكهربائي على:

1. طبيعة الغاز
2. ضغطه
3. طول عمود البلازما
4. قطر الانبوب الزجاجي.

عند بداية تسليط المجال الكهربائي على الغاز لا يوجد سريان للتيار الكهربائي بسبب مقاومة الغاز الاستاتيكية العالية، وبعد فترة قصيرة تبدأ مرحلة انهيار مقاومة الغاز فتنخفض الفولطية ولكن يبقى التيار محافظا على القيم الصغيرة وعند الوصول الى النقطة (A) يبدأ التيار بالنمو نتيجة حدوث تأين ضعيف عند بداية انهيار الغاز والناتج من وجود الاشعة الكونية الطبيعية (Cosmic Rays) ويسمى تيار الانهيار الاولي (Pre-breakdown) وتتراوح قيم التيار في هذه المنطقة بحدود بضعة نانـوامبير (nA)، ثم يبدأ التيار بالزيادة حتى يحدث تأين لعدد كبير من جزيئات الغاز وبالتالي تزداد توصيلية الغاز. ويعمل المجال الكهربائي المسلط على تعجيل الالكترونات الابتدائية الى سرعات عالية وبطاقات اعلى ايضا كافية لتأين جزيئات اضافية عن طريق التصادمات، لذا كلما ازداد التيار تبدأ مقاومة الغاز بالتناقص. ان فولطية المقاومـة (Sustaining voltage) اللازمـة لاستمراريـة التفريغ ستنخفض ايضا مع زيادة التيار (النقطة B) فتصبح مقاومـة الغاز سالبة (negative resistance) اي لا تخضع لقانون اوم (فرق الجهد = المقاومة × التيار). لذا من اجل ابقاء التيار ضمن حدود معقولة تربط مقاومة موجبة على التوالي مع انبوب التفريغ وتسمى مقاومة الموازنة (ballast resisor). ولاجل الحصول على تفريغ توهجي مستقر يجب ان تكون قيمة مقاومة الموازنة اكبر من قيمة مقاومة التفريغ السالبة.



الشكل (2) خواص التفريغ الكهربائي التوهجي

ان قدرة الخرج الليزري لها علاقة مباشرة مع قيمة التيار الداخل، للحصول على قدرة واطئة يتم امرار تيار واطئ اي زيادة مقاومة الموازنة بشرط ان لا تتعدى هذه الزيادة نسبة (20-50) % من المقاومة الاستاتيكية للغاز (Static Resistance). في حين ان زيادة قدرة الخرج تتطلب رفع تيار التفريغ الكهربائي مما يؤدي الى زيادة القدرة الحرارية المتبددة في مقاومة الموازنة التي تتحول الى حرارة فيبدأ التيار بالتناقص.

اسم التمرين: دراسة التفريغ الكهربائي لليزرات الغازية . **رقم التمرين:(12)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- دراسة التفريغ الكهربائي لليزرات الغازية.

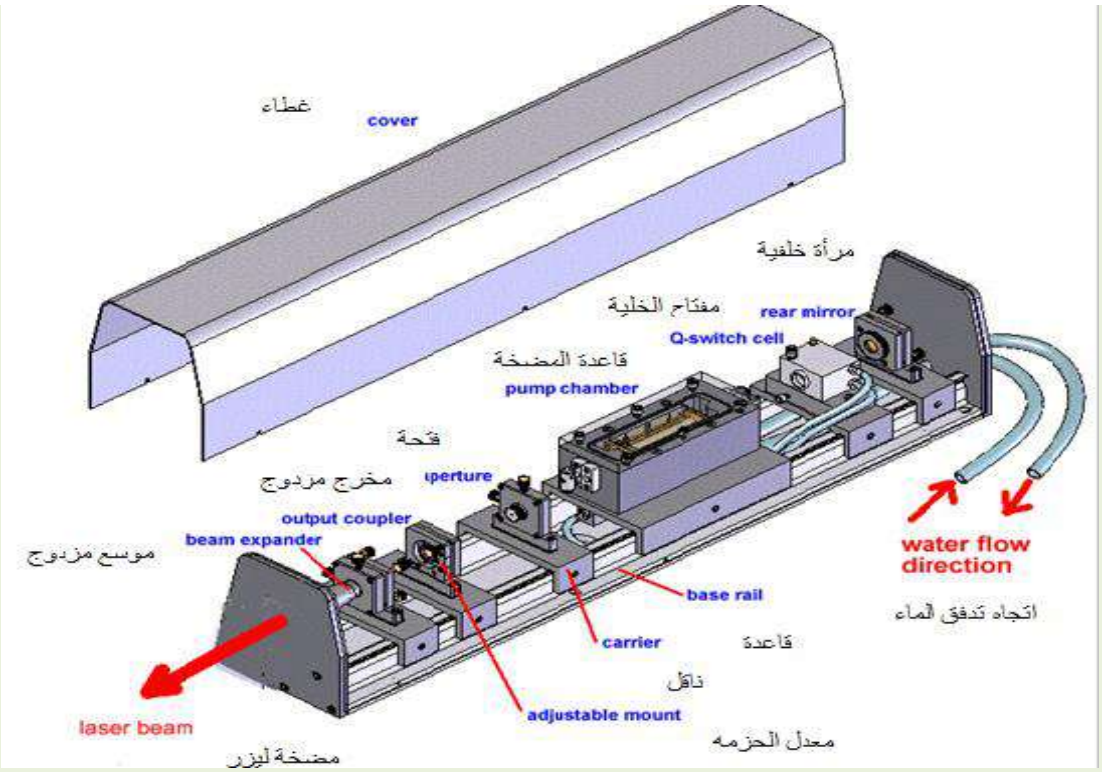
2- التسهيلات التعليمية (مواد، عدد، أجهزة):
- انبوبة زجاجية مزدوجة (انبوبين بقطرين مختلفين).
- مضخة تفريغ.
- مقياس جريان ضغط الغاز.
- صمامات الغاز.
- حلقات مطاطية.
- اسلاك ربط.

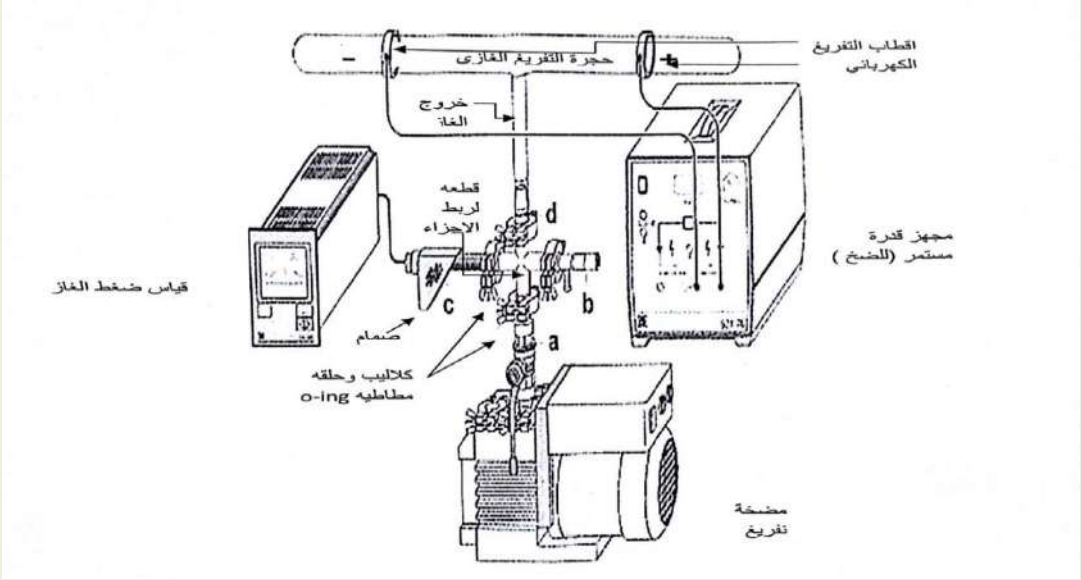
3- خطوات العمل، النقاط الحاكمة، معيار الأداء، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

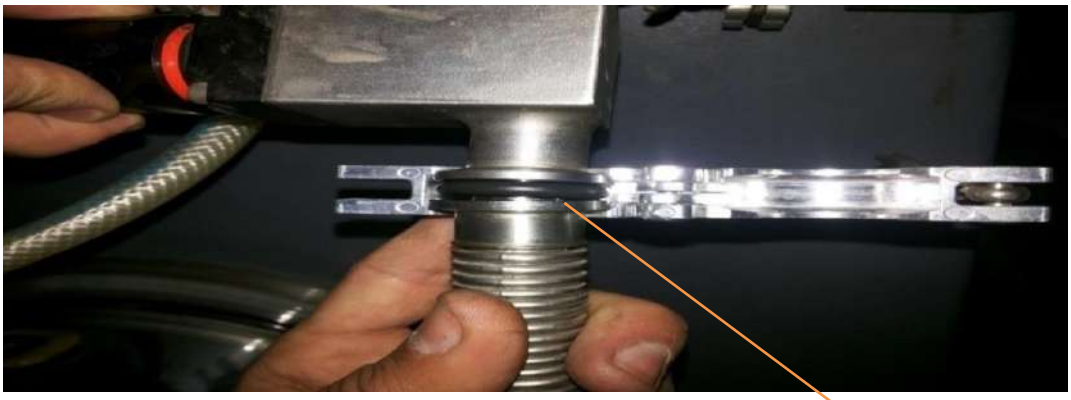
2 اربط اجزاء المنظومة ، كما في الشكل .





الشكل يوضح مخطط كلي لمنظومة التفريغ الكهربائي مع كافة اجزاءها

3 اربط احد اطراف الانبوبة المعدنية والتي هي على شكل اشارة جمع (+) مع انبوبة الغاز (d).



4 اربط الطرف (b) بصمام ابري لقنينة الغاز.

5 اربط الطرف (c) بصمام الغاز مع مقياس الضغط.

6 اربط الطرف (a) مع توصيلة مضخة التفريغ (Rotarypump).

7 اربط اقطاب التفريغ الكهربائي باسلاك (كيبل محوري) الى مجهز القدرة ذي فولطية عالية تقريبا (5-10kV).

8 يتم تفريغ المنظومة من الغازات الملوثة عن طريق مضخة التفريغ وذلك بغلق الصمام (b) وفتح الصمام (c).

9 بعد ان يصل مقياس الضغط الى($\boldsymbol{10^{-3}\ mbar}$) يتم غلق الصمام (c) وفتح الصمام (b).

10 يتم ادخال احد غازات التفريغ مثلا غاز CO_2 بضغوط مختلفة. ومشاهدة لون التفريغ الكهربائي الذي يحدث.

11 يتم تسليط فولطية التفريغ وتكون متغيرة من (1-5kV) بأسلاك فولطية عالية بطول (25cm) والاخر (50cm).

12 فولطية الانهيار (V) هي دالة ($\boldsymbol{f}$) لحاصل ضرب ضغط الغاز (p) في المسافة بين القطبين (d) ، وكما في العلاقة الآتية:

$$\boldsymbol{V = f(pd)}$$

الاسئلة

س1: علام تعتمد خصائص التفريغ الكهربائي ؟

س2: ما المقصود بمقاومة الموازنة ؟

س3: ما الغازات التي توجد في منظومة ليزر ثنائي اوكسيد الكربون CO_2؟

س4: ما الذي تتطلبه زيادة قدرة الخرج؟

س5: كيف نحصل على تفريغ توهجي مستقر؟

س6: كيف تكون شدة التوهج في منطقة التفريغ القريبة من الكاثود؟

س7: علل في بداية تسليط المجال الكهربائي على الغاز لايوجد سريان للتيار الكهربائي؟

س8: لمن تكون فولطية الانهيار دالة، اكتب المعادلة؟

س9: يتألف التفريغ الكهربائي من ثلاث مناطق متميزة، اذكرها؟

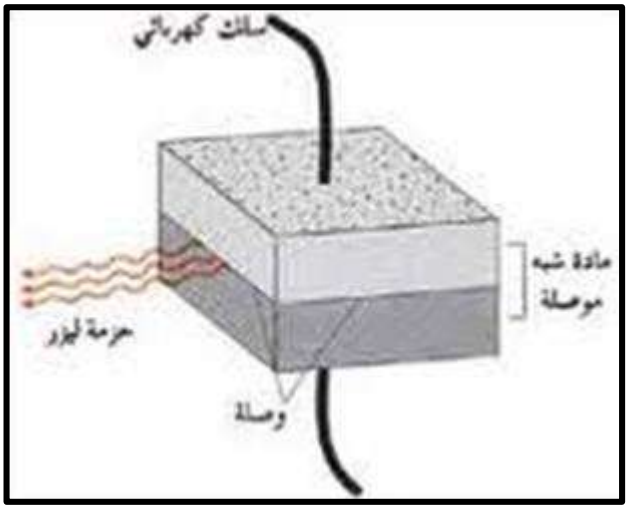
س10: ما المقصود بقولنا (تصبح مقاومة الغاز سالبة) ؟

س11: عندما يبدأ التيار بالزيادة حتى يحدث تأين لعدد كبير من جزيئات الغاز، هل تزداد ام تقل توصيلية الغاز ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثالثة التخصص: قسم الليزر				
اسم التمرين: دراسة التفريغ الكهربائي لليزرات الغازية .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

ليزرات شبه الموصل
(Semiconductor Lasers)

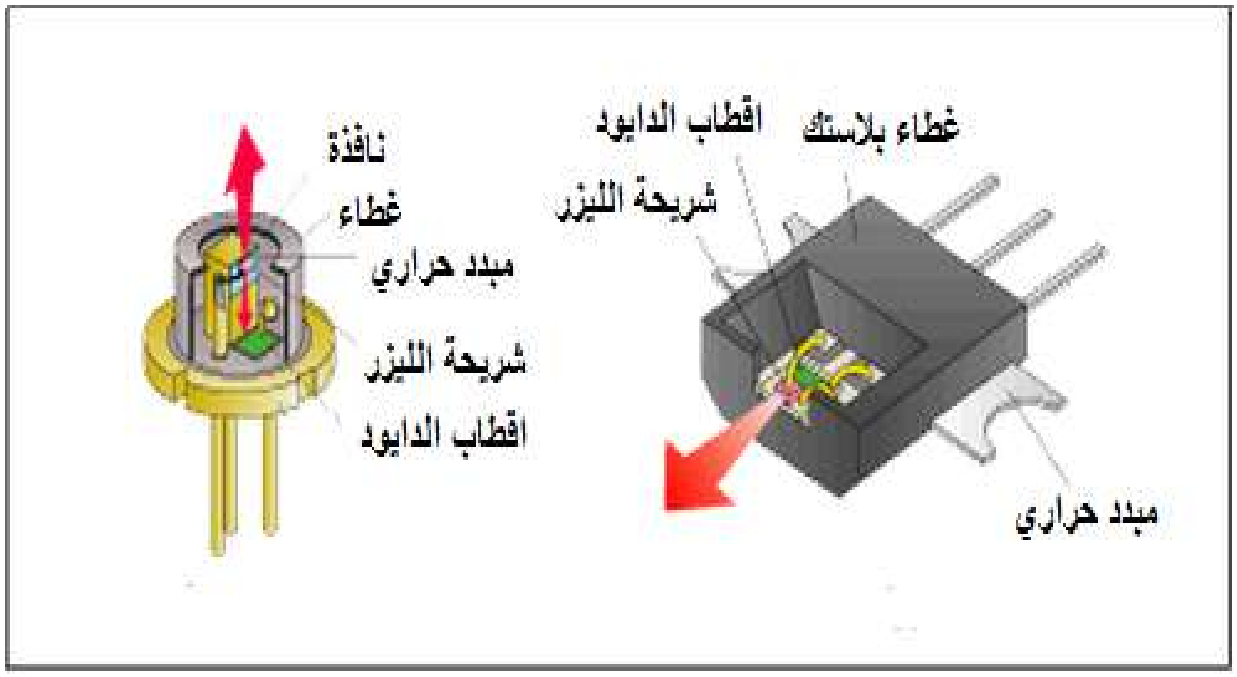
يتكون ليزر شبه الموصل من بلورة من مادة شبه موصلة يتم تطعيمها بعناصر مانحة وأخرى مستقبلة لتصبح على شكل وصلة موجب - سالب **(PN junction)** أي ثنائي **(diode)**، كما موضح في الشكل (1) ولذلك يغلب على اسمه ثنائي الليزر **(laser diode)** او الليزر دايود أو دايود الليزر. ويتم صقل وجهين متعامدين من أوجه البلورة للحصول على التغذية الخلفية وأما عملية الضخ فتتم من تمرير تيار في هذه الوصلة وإذا ما تجاوزت قيمة التيار قيمة العتبة **(threshold)** فإن الثنائي يبدأ بتوليد ضوء الليزر.



الشكل (1) ثنائي ليزر

ولكي يعمل الليزر يحتاج أن يكون سمك المادة الفعالة ضئيل جدا تقاس بالمايكرومترات µm وذلك للحصول على كثافة تيار عالية جدا قد تصل لعشرات الآف الامبيرات للسنتيمتر المربع. إن هذا السمك الضئيل للطبقة الفعالة يعطي عرض شعاع دقيق جدا عند خروجه من الليزر مما يزيد من زاوية انفراج الشعاع ولهذا يتطلب استعمال عدسات للحصول على شعاع بزاوية انفراج صغيرة. لا تستعمل المواد شبه الموصلة الأساسية وهي السيليكون والجرمانيوم في هذه الليزرات لعدم تحقيقها لكامل شروط عمل الليزر، بل يتم استعمال مواد شبه موصلة مركبة ويمكن الحصول على مدى واسع من الترددات من اختيار نوع العناصر ونسب خلطها. فعلى سبيل المثال فإن ليزر الكاليوم- الزرنيخ **(GaAs)** يولد ضوء بطول موجي من 800 إلى 900 نانومتر(nm) وليزر زرنيخ الكاليوم والألمينوم **(AlGaAs)** يولد ضوء تتراوح أطواله الموجية بين 630 و 900 نانومترnm بينما يولد ليزر الانديوم زرنيخ الكاليوم واالفسفور **(InGaAsP)** تـــرددات تتراوح أطوالهـــا الموجية بين 1000 و 2100 نانومتر(nm). وتتميز الليزرات شبه الموصلة بصغر حجمها البالغ والتي قد تصل ما دون حجم حبة العدس بل يمكن تصنيع أعداد كبيرة منها على نفس القاعدة وكذلك بسهولة عملية الضخ فيها من استعمال التيار الكهربائي إلى جانب إمكانية إنتاجها بكميات كبيرة جدا.

وبسبب هذه الميزات انتشر استعمالها في التطبيقات التي تحتاج ليزرات صغيرة الحجم ولا تستهلك كمية كبيرة من الطاقة كما في أنظمة الاتصالات الضوئية وفي الأقراص الضوئية المدمجة وفي الطابعات وفي أجهزة المساحة وغيرها الكثير.



الشكل (2) تركيب الليزر دايود

تختلف ليزرات شبه الموصلة عن ليزرات الحالة الصلبة الإعتيادية في طريقة الضخ الطاقي وفي احتوائها على حزم عريضة من مستويات الطاقة بدلا من المستويات المفردة التي تحدث بينها الإنتقالات التي تشارك في عملية الإنبعاث الليزري، حيث تحوي كل حزمة على عدد كبير من المستويات الطاقية المتقاربة والتي لا يقترن وجودها بذرات معينة وإنما تشترك فيها المادة البلورية ويكون ازدياد قيمة عامل الكسب الضوئي متعلقا بمقدار التيار الذي يمر عبر وصلة الوسط شبه الموصل . إن ليزر أشباه الموصلات (دايود الليزر) او (ليزر ثنائي الوصلة) هو ليزر من مادة شبه موصلة تتميز بأنها ذات فجوة حزمية مباشرة وأكثر أنواعه شيوعا هو دايود زرنيخ الكاليوم (GaAs) الذي يصدر اشعاعا تحت الاحمر بطول موجي 0.85 ميكرومترμm.

يحدث الفعل الليزري في الليزر دايود نتيجة الإنتقال المحتث للإلكترونات بين المستويات الإلكترونية لحزمة التوصيل (Conduction Band) والمستويات الإلكترونية لحزمة التكافؤ (Valence Band) ولذلك فإن الإنتقالات قد تحدث بين أوضاع الكترونية ذات طاقات مختلفة وليس كالإنتقالات التي تكون بين مستويات طاقية محددة.

مميزات ليزر شبه الموصل:

1. صغر الحجم.
2. إمكان الضخ المباشر باستعمال تيار كهربائي صغير نوعا ما (150– 15) ملي أمبير mA.
3. الكفاءة العالية التي قد تصل الى 32%.
4. إمكانية التحكم بشدة الشعاع الخارج مباشرة بوساطة التيار الكهربائي.
5. رخيص الثمن.
6. خاصية التنغيم أي إمكانية الحصول على أي طول موجي من بين أطوال موجية متعددة من الليزر نفسه.
7. يتميز بإمكانية الفتح والغلق بسرعة كبيرة مما يمكننا من التحكم به بشكل أفضل.
8. شدة الإضاءة العالية (أي أنه يصدر كمية كبيرة من الضوء مركزة في منطقة ضيقة).
9. نصف قطر المنطقة المضاءة صغير نسبة لنصف قطر مقدمة الدايود(على افتراض انه دائري في اغلب الاحيان).
10. ذوعمر تشغيلي طويل مما يمكننا من الإعتماد عليه في الإستعمالات التي يكون من الصعب القيام بعمليات تبديل القطع فيها أي انه ذو كفاءة عالية.
11. يتميز بأن يصدر كمية من الحرارة مقارنة مع المصابيح المتوهجة وهذه ميزة جيدة لصالحه.

إن لدايود الليزر إنتقالات متعددة أي يمكن للإلكترونات أن تنتقل بين طبقات عدة وذلك على اختلاف الذرات وتؤدي هذه الإنتقالات إلى حدوث انبعاث ليزري ويمكن اجمال أهم الإنتقالات بما يأتي:

1. الإنتقالات بين المستويات الطاقية للذرات الشائبة المضافة إلى المادة الأصلية.
2. الإنتقالات بين المستويات الطاقية للأنطقة الموجودة في المواد نصف الناقلة النقية.

يتم تصنيع دايود الليزر للإستعمالات التي تحتاج إلى طول موجة صغير من زرنيخ الكاليوم والألمينوم . GaAlAs.

اسم التمرين: صيانة ليزر شبه الموصل (ثنائي الوصلة) . رقم التمرين:(13)

مكان التنفيذ: الزمن المخصص:

1- الأهداف التعليمية:
- التعرف على اجزاء ليزر ثنائي الوصلة (دايود اشباه الموصلات).
- فحص معلمات ليزر ثنائي الوصلة.
- حساب تيار العتبة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- ليزر ثنائي وصلة (PN).
- مجهز قدرة مستمر.
- اميتر وفولطميتر.
- مقاومة متغيرة.
- مقياس قدرة شعاع الليزر.

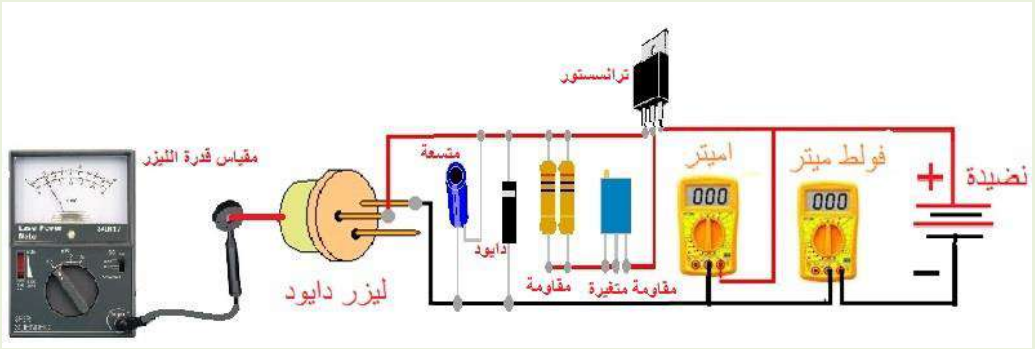
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

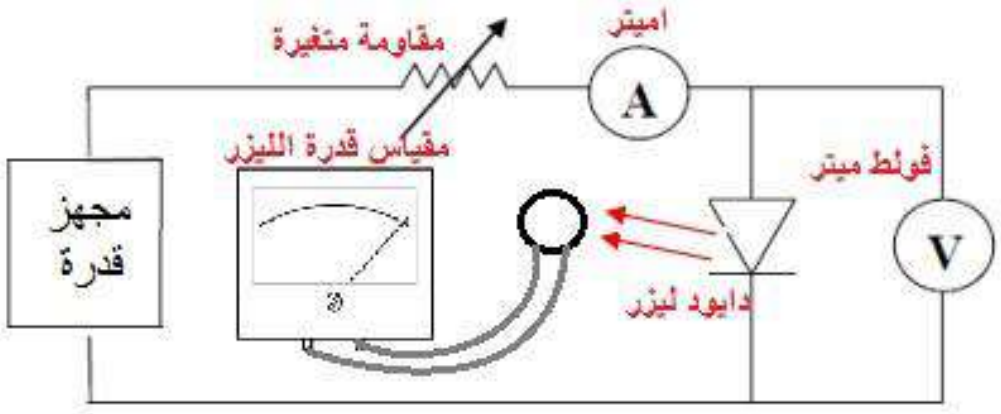
---

2 اربط ليزر ثنائي الوصلة (ليزر دايود) ، كما موضح ادناه.



---

3 اربط الدائرة الكهربائية، كما في الشكل ادناه.

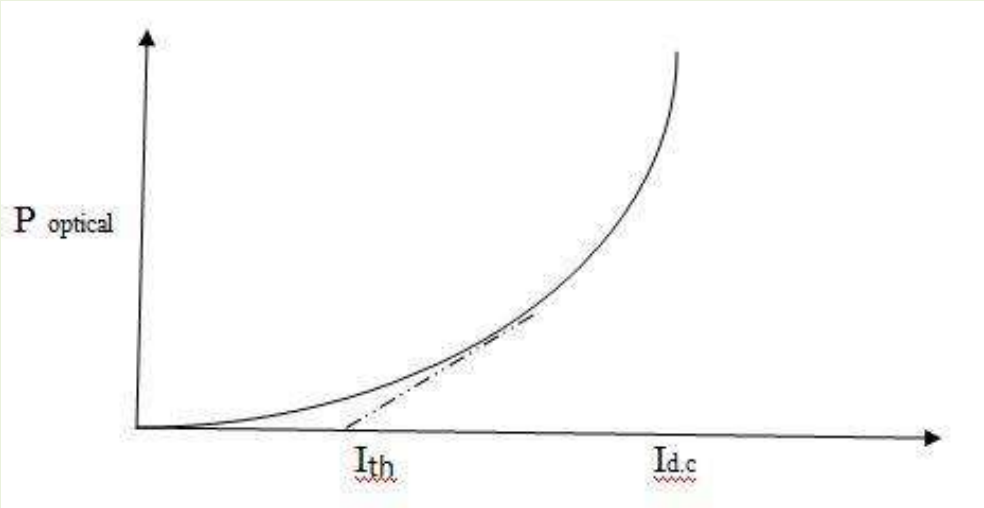


4 اضبط مدى الاميتر على فئة 20 ملي امبير (mA)، ثبت قيمة (الفولطية) في مجهزة القدرة على قيمة 6 فولط (V) .

5 قم بتغيير قيمة المقاومة المتغيرة لتقليل الفولطية وسجل قيمة التيار بوساطة الاميتر وقيمة الفولطية بوساطة الفولطميتر وكذلك قدرة الخرج الليزري بوساطة مقياس قدرة الليزر ثم دون النتائج العملية، كما في الجدول التالي:

R(Ω)	I(d.c)	P (optical)
1000		
900		
800		
700		
600		
500		
400		
300		
200		
100		

6 ارسم العلاقة بين قيم التيار المسجل على المحور السيني (X-axis) وقيم قدرة الليزر على المحور الصادي (Y-axis).



7 احسب قيمة تيار العتبة I_{th} من خلال الخطوة رقم (6) وذلك من نقطة تقاطع المماس للمنحني مع المحور السيني (لاحظ الشكل في الفقرة 6).

الاسئلة

س1: مم يتكون ليزر شبه الموصل؟

س2: كيف تتم عملية الضخ في ليزر شبه الموصل ؟

س3: هل تستعمل المواد شبه الموصلة الاساسية مثل السيليكون والجرمانيوم في الليزرات شبه الموصلة؟

س4: اذكر تطبيقين من تطبيقات الليزرات شبه الموصلة ؟

س5: بماذا تختلف الليزرات شبه الموصلة عن ليزرات الحالة الصلبة الاعتيادية؟

س6: اذكر اربعة مميزات تمتاز بها الليزرات شبه الموصلة (دايود الليزر) ؟

س7: ان لدايود الليزر انتقالات متعددة اي يمكن للالكترونات ان تنتقل بين طبقات عدة وذلك على اختلاف الذرات وتؤدي هذة الانتقالات الى حدوث انبعاث الليزر.اذكر اهم الانتقالات؟

س8: بين برسم بياني العلاقة بين قيم التيار المسجل على المحور السيني وقيم قدرة الليزر على المحور الصادي في هذا التمرين؟

س9: كيف يحدث الفعل الليزري في دايود الليزر؟

س10: مالمقصود بخاصية التنغيم؟

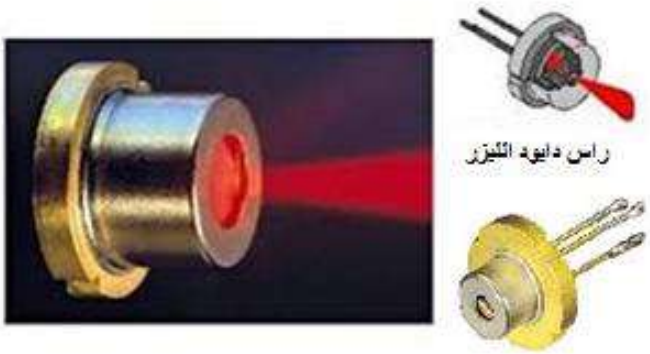
س11: الى اي قيمة قد تصل الكفاءة العالية لدايود الليزر؟

س12: كيف يمكننا التحكم بشدة الشعاع الخارج مباشرة؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة ليزر ثنائي الوصلة.				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

دائرة تسويق التيار لليزرات شبه الموصلة
Driver current circuit for Semiconductor Lasers

يعد ليزر ثنائي الوصلة (الدايود ليزر) او ليزر الدايود في الوقت الحاضر من اهم اجزاء منظومات الاتصالات وقد بدأ استعماله بشكل واسع في سبعينات القرن الماضي في منظومات كثيرة منها المؤشرات الليزرية ومقدرات المدى الليزرية وكذلك في مشغلات الاقراص CD Players وهو كبقية الأجهزة المصنعة من اشباه الموصلات.



الشكل (1) صورة توضيحية لليزر ثنائي الوصلة

ان ليزر أشباه الموصلات (Semiconductor laser) ، ويطلق عليه أحياناً بالليزر دايود أو دايود الليزر او ليزر الصمام الثنائي اوثنائي الوصلة ويصنع من مادة زرنيخ الكاليوم GaAs من المواد شبه الموصلة ويمتاز بحجم واستهلاك طاقة قليلة للغاية (مقارنة بالأنواع الأخرى) ولذلك أصبح يستعمل على نطاق واسع في كافة التطبيقات والأجهزة الدقيقة حتى قدرة 1000 ملي واط (mW) ويتواجد في أجهزة السي دي (CD) والـ دي في دي (DVD) وطابعات الليزر وادوات القياس الدقيقة للمسافات والاطوال والأجهزة البصرية واقلام والعاب الليزر وتعددت اطواله الموجية فمنه الأحمر والأخضر والأزرق .

هناك بعض الخواص المهمة التي يجب تحديدها لليزر دايود لكي يتم استعماله بشكل صحيح ودقيق ومن هذه الخواص:

1. منحني الضوء الخارج مع التيار الداخل (L–I) curve:

اهم خاصية لليزر الدايود التي يجب معرفتها هي كمية الضوء الخارج نسبة الى التيار الداخل. عند زيادة التيار الداخل injected current تبدا عملية الانبعاث التلقائي spontaneous emission الذي يزداد تدريجيا متحولا الى الانبعاث المحفز stimulated emission وهو بداية عمل الليزر.

تيار العتبة threshold current يعتمد على كمية المادة الشبه موصلة الداخلة في تصنيع ليزر الدايود، وعلى التصميم والتركيب الداخلي internal structure لموجه الحزمة waveguide وكذلك على حجم ومساحة المنظومة الليزرية. ان نسبة تغيير الضوء (القدرة الخارجة) الى التغيير في التيار الداخل للمنحني تعطينا بشكل مباشر القدرة لليزر الخارج لكل واحد امبير من التيار الداخل.

2. كفاءة الكم الداخلية (Internal Quantum Efficiency):

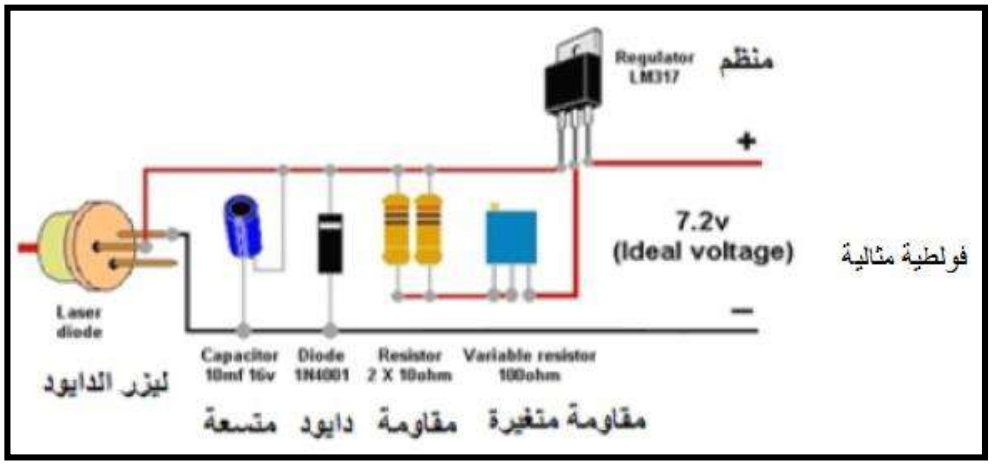
وهي مقياس كفاءة الليزر دايود في تحويل ازواج الالكترونات – الفجوات (التيار الداخل) الى فوتونات ضوئية ضمن البناء الداخل لليزر دايود مثال ذلك حينما نقول ان كفاءة الكم الداخلية تساوي 75% فاننا نقصد ان 75 % من ازواج الالكترونات – الفجوات تتحول الى فوتونات والباقي 25 % يتحول الى نوع اخر من الطاقة مثل الحرارة، وهي لاتعتمدعلى الخواص التصميمية لمنظومة الليزر دايود مثل طول الفجوة او عرض الشق.

3. كفاءة الكم الخارجية (External Quantum Efficiency):

هي كميـة التيـار الداخل الى كمية الضوء الخارج من دون حساب خسائر الحرارة، ويمكن ملاحظة الاختلاف. ان كفاءة الكم الداخليـة هي الكفاءة الحقيقية لتحويل التيار الداخل الى ضوء ضمن البناء الداخلي لليزر دايود، مع الاخذ بنظر الاعتبار الخسائر داخل الوسط الفعال من امتصاص وانعكاس وتشتت وغيرها. نتيجة ذلك تكون كفاءة الكم الخارجية دائما اقل من كفاءة الكم الداخلية.

4. الخسائر الداخلية (Internal Losses):

هو العامل الذي يمثل خسائر الموجة الضوئية ، حيث يعاني الضوء داخل الوسط الفعال من امتصاص وانعكاس وتشتت وغيرها. ولو سألنا السؤال التالي: ما مصدر ضخ ليزر الدايود؟ والجواب: هو مصدر تيار مستمر يعمل على تجهيز ليزر الدايود بالتيار الكهربائي الذي يحتاج للعمل لتطبيق معين. تستطيع منه التحكم بمستوى القدرة الخارجة لليزر الثنائي. ويمكن ايضا المحافظة على كفاءة الدايود.



الشكل (2) المكونات الاساسية لدائرة مشغل الليزر دايود

الشكل (3) دائرة مشغل الليزر مع رأس الليزر

اسم التمرين: دائرة تسويق التيار لليزرات شبه الموصلة. **رقم التمرين:(14)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- عمل مشغل ليزر اشباه الموصلات.
- التعرف على المكونات الاساسية لدائرة تسويق التيار.
- صيانة دائرة مشغل ضخ ليزر اشباه الموصلات.
- معرفة العوامل الاساسية المؤثرة على قيمة التيار والفولطية المجهزة.
- دراسة خصائص (تيار –قدرة)(I-P) او خصائص منحي (تيار – ضوء) (L-I) .

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- لوحة الكترونية لتثبيت مكونات الدائرة.
- العناصر الاساسية للدائرة (ترانزستور ، متسعات بقيم مختلفة ، مقاومة متغيرة وليزر الدايود).
- اسلاك توصيل.
- مجهز قدرة مستمر.
- ادوات وعدد الكترونية.

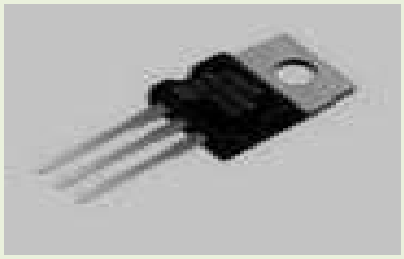
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 رف على المكونات الاساسية للدائرة الالكترونية، ترانزستور منظم الفولطية LM317T.

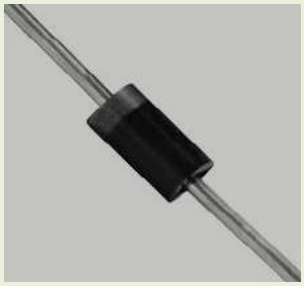


---

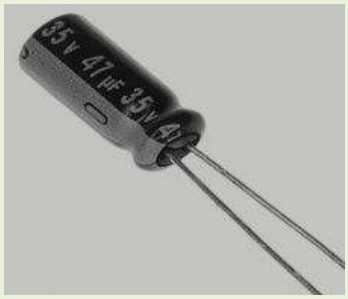
3 مقاومة 10 اوم (Ω) عدد اثنان

مقاومة متغيرة 100 اوم (Ω)

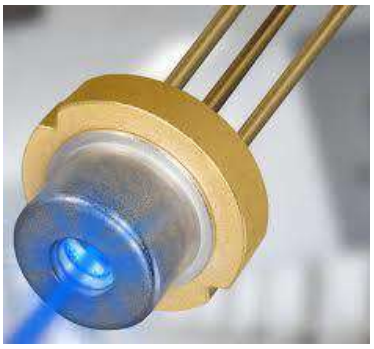
4 دايود 1N4001



متسعة 47 مايكروفاراد (µF) ، 35 فولط (V)



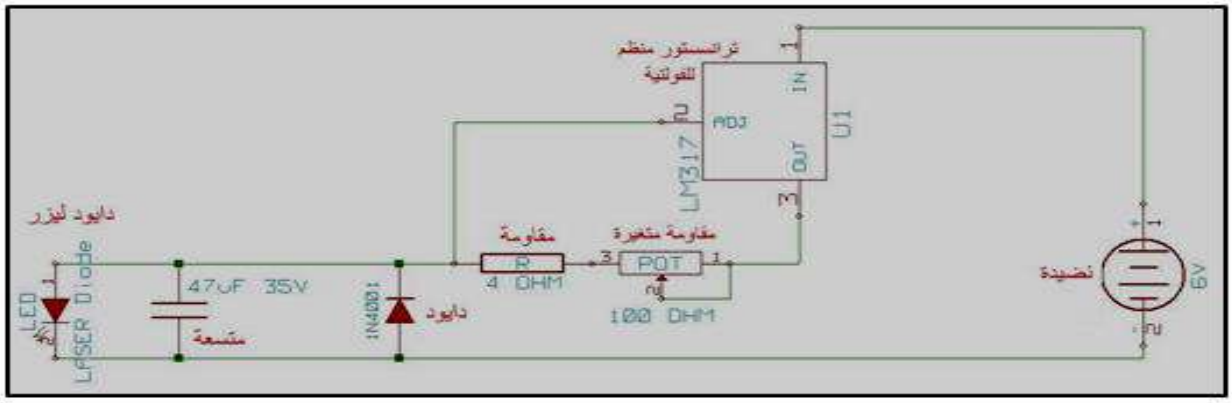
5 ليزرالدايود

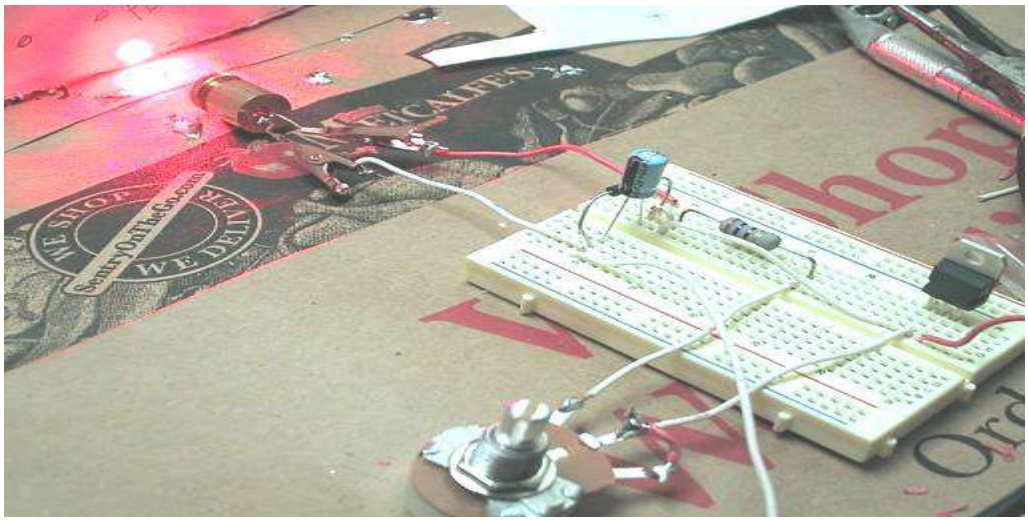


لوحة لتثبيت العناصر الالكترونية

6 قـم بفحـص قيمـة كـل مـن الاجـزاء الالكترونيـة اعـلاه بواسـطة جهـاز المتعـدد الاغـراض **(multimeter source).**

7 اربط الدائرة، كما في الشكل ادناه.





الشكل يوضح ربط المكونات الاساسية لدائرة مشغل الليزر دايود

8 وصل مصدر الجهد الى دائرة المشغل ثم تحكم بقيمة المقاومة المتغيرة وتأكد من عدم تجاوز القيمة القصوى للتيار المحدد من قبل الشركة المصنعة لليزر الدايود.

9 وجه حزمة الليزر الخارجة الى مقياس القدرة وسجل قيمة قدرة الخرج الليزري بواسطة قياس القدرة.

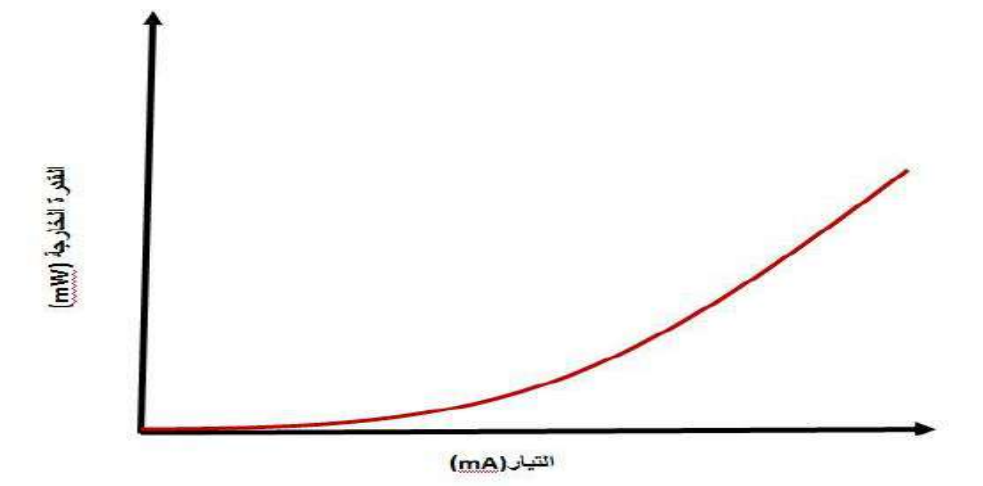
10 سجل درجة الحرارة (T) ولنفترض انها تساوي ($25^{\circ}C$).

11 ضع النتائج المستحصلة من الخطوة رقم 8 في الجدول التالي:

	$T=25^0C$
I(mA)	**P_0(mW)**

P_0: قيمة القدرة المسجلة بالملي واط (mW) و I: قيمة التيار المار في الدائرة الكهربائية بالملي أمبير (mA).

12 ارسم علاقة بيانية بين كل من قيمة التيار المار في الدائرة وقيمة القدرة المسجلة.



الاسئلة

س1: ما اهم خاصية لليزر الدايود التي يجب معرفتها؟

س2: علام يعتمد تيار العتبة ؟

س3: ماذا نقصد بقولنا (ان كفاءة الكم الداخلية تساوي 75%) ؟

س4: ماذا تمثل كفاءة الكم الداخلية ؟

س5: ما التسميات التي احيانا تطلق على ليزر اشباه الموصلات؟

س6: مالمقصود بكفاءة الكم الخارجية ؟

س7: هل تكون كفاءة الكم الخارجية دائما اقل من كفاءة الكم الداخلية ؟

س8: ما مصدر ضخ ليزر الدايود؟

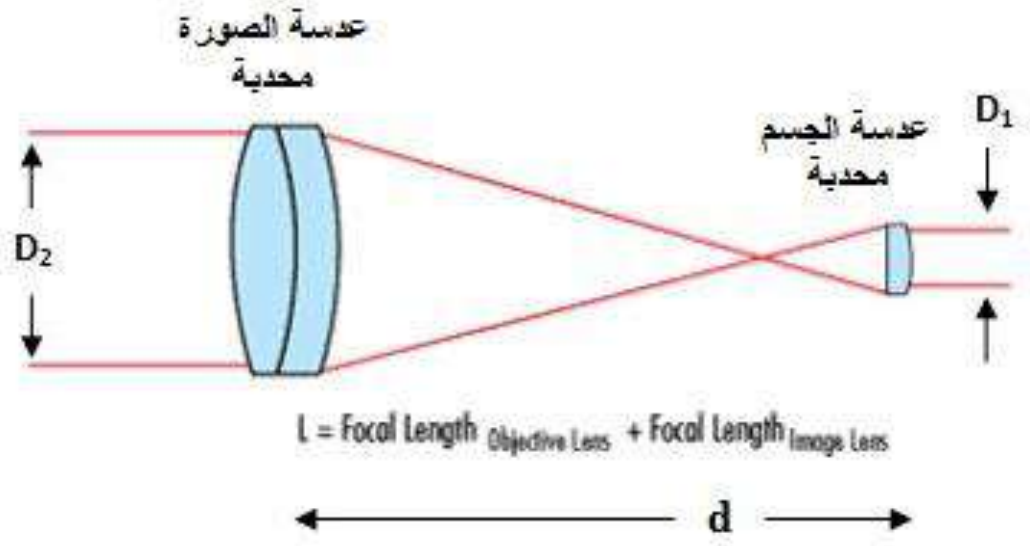
استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: دائرة تسويق التيار لليزرات شبه الموصلة .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

منظومة موسع الحزمة (تقليل انفراجية حزمة الليزر)
Beam Expander System

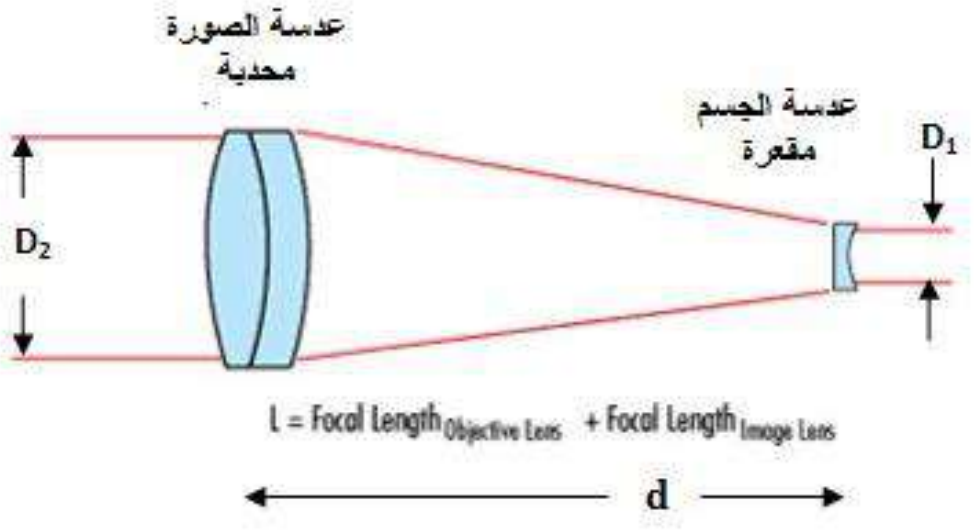
يصمم موسع حزمة الليزر لزيادة قطر الحزمة الموجهة الداخلة وتحويلها الى حزمة موجهة ذات قطر اكبر.

يستعمل موسع الحزمة في تطبيقات عدة منها: المسح الليزري، التداخل، التحكم عن بعد. في مثل هذه الانظمة، الاشعة الصادرة من جسم موضوع في المالانهاية والموازية للمحور البصري عند دخولها موسع الحزمة تخرج منه هذه الاشعة موازية للمحور البصري ايضا.

في تصميم موسع حزمة الليزر يكون موضع العدسات للجسم والصورة عكسي. فمثلا في تصميم موسع الحزمة (كبلر او كبليرين Keplerian) يكون تركيز الحزمة الداخلة في نقطة واقعة بين عدستي الجسم والصورة مكونة نقطة داخل النظام الذي تتركز فيه طاقة حزمة الليزر كما في الشكل (1). عند نقطة التركيز يسخن الهواء بين العدستين مما يؤدي الى انحراف الاشعة الليزرية عن المسار البصري، لهذا السبب فان اغلب التصاميم تستعمل تصميم موسع الحزمة (غاليلو او كاليلين Galilean) والموضح في الشكل (2).



الشكل (1) موسع الحزمة (كبلر او كبليرين)



الشكل (2) موسع الحزمة (غاليلو او كاليلين)

اما بالنسبة للتكبير لنظام متكون من عدستين فانه يساوي النسبة بين الابعاد البؤرية للعدستين، ويساوي النسبة بين انصاف تكور العدستين ، وكذلك يساوي النسبة بين ارتفاع الصورة الى ارتفاع الجسم:

اي ان:

$$M = f_2/f_1 = R_2/R_1 = D_2/D_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

اذ ان:

M: قوة تكبير موسع حزمة الليزر.

f_2: البعد البؤري لعدسة الحزمة الخارجة (العدسة العينية).

f_1: البعد البؤري لعدسة الحزمة الداخلة (العدسة الشيئية).

R_2: نصف قطر تكور عدسة الحزمة الخارجة.

R_1: نصف قطر تكور عدسة الحزمة الداخلة.

D_2: قطر حزمة شعاع الليزر الخارج.

D_1: قطر حزمة شعاع الليزر الداخل الى الموسع.

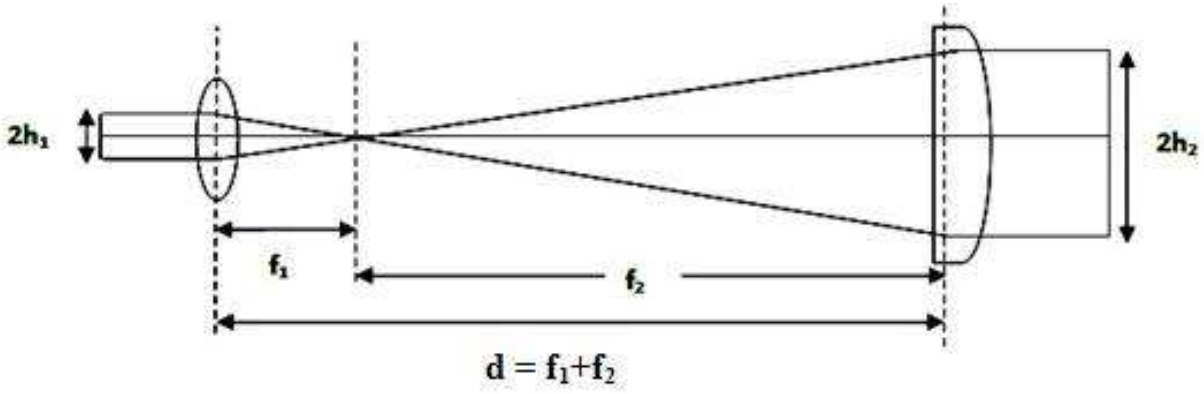
ان المسافة بين العدستين (d) والتي تساوي مجموع الابعاد البؤرية للعدستين فانها تعطى حسب العلاقة الاتية:

$$d = f_1 + f_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

يمكن ايضا ان يستعمل موسع الحزمة لتقليل قطر الحزمة الداخلة اذا كان قطرها اكبر من قطر الحزمة الخارجة.

1. موسع الحزمة (كبلر او كبليرين):

في نموذج تلسكوب كبلر يكون البعد البؤري لكلا العدستين موجب ، اضافة الى ذلك تمثل النقطة البؤرية نقطة التقاء الابعاد البؤرية للعدستين والتي تكون بين العدستين كما موضح في الشكل (3). وبسبب القدرة العالية والناتجة من تركيز حجم البقعة في النقطة البؤرية بين العدستين، لا يمكن استعمال موسع الحزمة كبلر مع طاقات النبضة العالية.



الشكل (3) يمثل الابعاد البؤرية لموسع الحزمة (كبلر او كبليرين)

ان قدرة التكبير (M) في تلسكوب كبلر يعطى بالعلاقة:

$$M = \frac{f_2}{f_1} \qquad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (3)$$

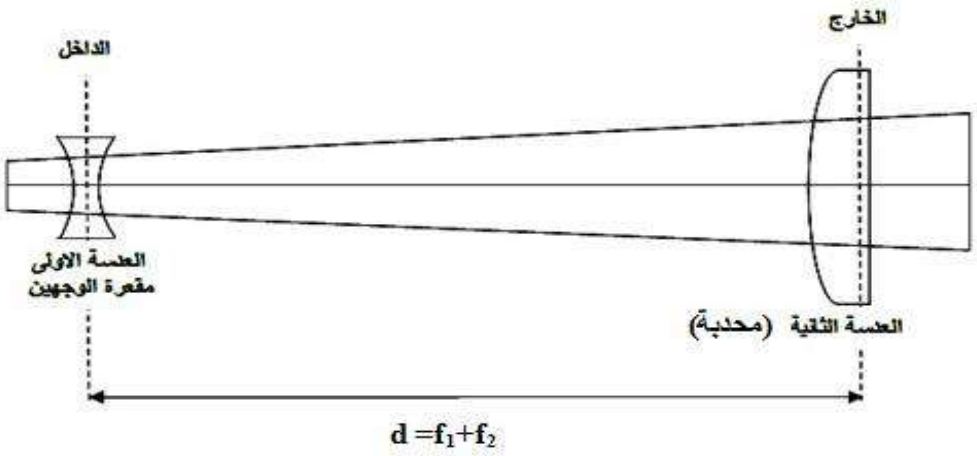
اذ ان:

f_1: البعد البؤري للعدسة (1) والذي يكون موجب (عدسة الحزمة الداخلة).

f_2 : البعد البؤري للعدسة (2) والذي يكون موجب (عدسة الحزمة الخارجة).

2.موسع الحزمة (غاليلو او كاليلين):

يحتوي تلسكوب غاليلو على عدستين ايضا احدهما ذات بعد بؤري موجب (محدبة) والاخرى ذات بعد بؤري سالب (مقعرة)، ولا توجد نقطة مشتركة بؤرية بينهما بسبب اختلاف الاشارة بين ابعادهم البؤرية وكذلك تكون المسافة بين العدستين اقصر من تلك الموجودة في نموذج كبلر، كما تكون الصورة الخارجة مركبة ولا تحتاج الى عدسة معدلة كما موضح في الشكل (4).



الشكل (4) يوضح الابعاد البؤرية لموسع الحزمة (غاليلو أو كاليلين)

ان قدرة التكبير (M) في تلسكوب غاليلو تعطى بالعلاقة:

$$M = -f_2/f_1 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (4)$$

اذ ان:

f_1 : البعد البؤري للعدسة 1 والذي يكون سالب (عدسة مقعرة للحزمة الداخلة) .

f_2 : البعد البؤري للعدسة 2 والذي يكون موجب (عدسة محدبة للحزمة الخارجة).

اسم التمرين: منظومة موسع الحزمة (تقليل انفراجية حزمة الليزر). **رقم التمرين:(15)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- عمل منظومة موسع الحزمة.
- تقليل انفراجية حزمة الليزر.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- عدسة عدد 2.
- ليزر ثنائي اوكسيد الكربون.
- شاشة مثبت عليها ورقة بيانية.
- مسطرة مترية.

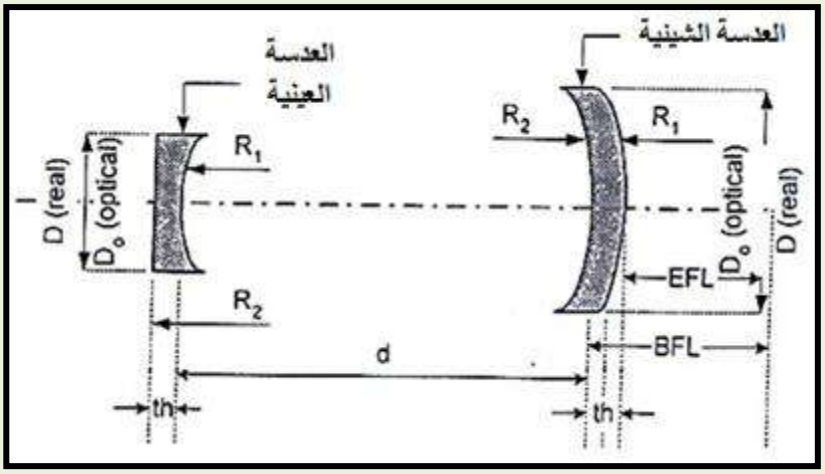
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 رتب موسع الحزمة من نوع غاليلو والذي يتكون من عدستين احداهما شيئية ذات بعد بؤري موجب والاخرى عينية ذات بعد بؤري سالب ، كما في الشكل.



---

3 ادخل العدسة العينية والتي نصف قطر تكورها يساوي (R_1=16.065mm) ذات بعد بؤري قصير سالب يساوي (f = -11.44mm) وسمك يساوي (1.7mm) وبعد بؤري فعال (EFL= -11.44mm) . نظم العدسة وذلك بتحريكها بوساطة الماسك الى الاعلى والاسفل.

4 ادخل العدسة الشيئية والتي نصف قطر تكورها يساوي (R_2=121.294mm) ذات البعد البؤري الطويل والموجب والذي يساوي (f =61.44mm) وسمك يساوي (3mm) وبعد بؤري خلفي (BFL= 59.33mm) مع مراعاة وضعها على بعد (47.86mm) عن العدسة الاولى ، البعد بين العدستين (d) نجده من العلاقة الاتية:

d=BFL+EFL=59.3+ (-11.44) =47.86 mm

اذ ان:

BFL : البعد البؤري الخلفي للعدسة الشيئية.
EFL: البعد البؤري الفعال للعدسة العينية.

5 اضبط موقع العدسة الشيئية وذلك بتحريكها الى الامام والخلف من اجل الحصول على حزمة مرتدة بنفس حجم الحزمة الخارجة من فتحة الليزر.

6 - قم بقياس قطر الحزمة بعد توسيعها وذلك بتحريك الشاشة على طول مسار الحزمة ولعدة مواقع.
- ادرج قياساتك في جدول كالاتي:

الموقع	المسافة	القطر
A		
B		
C		

الاسئلة

س1: ما الغرض من تصميم موسع حزمة الليزر؟

س2: اذكر تطبيقين عمليين يستعمل فيها موسع الحزمة؟

س3: في نموذج تلسكوب كبلر، ما اشارة البعد البؤري لكلا العدستين؟

س4: في نموذج تلسكوب غاليلو، ما اشارة البعد البؤري لكلا العدستين؟

س5: فـــي نموذج تلسكوب غاليلو، هل تكون المسافة بين العدستين اقصر أم اكبر من تلك الموجودة في نموذج كبلر؟

س6: اكتب علاقة قدرة التكبير في تلسكوب غاليلو موضحا المعنى الفيزيائي لكل رمز؟

س7: في تصميم موسع حزمة الليزر كيف يكون موضع العدسات للجسم والصورة ؟

س8: اكتب علاقة قدرة التكبير في تلسكوب كبلر موضحا المعنى الفيزياوي لكل رمز؟

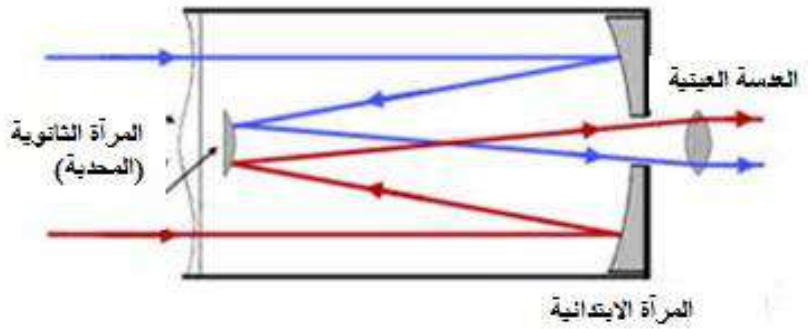
س9: هل يمكن استعمال موسع الحزمة كبلر مع طاقات النبضة العالية ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: المرحلة: الثالثة التخصص: قسم الليزر				
اسم التمرين: منظومة موسع الحزمة (تقليل انفراجية حزمة الليزر).				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب توقيع المدرب توقيع رئيس القسم				

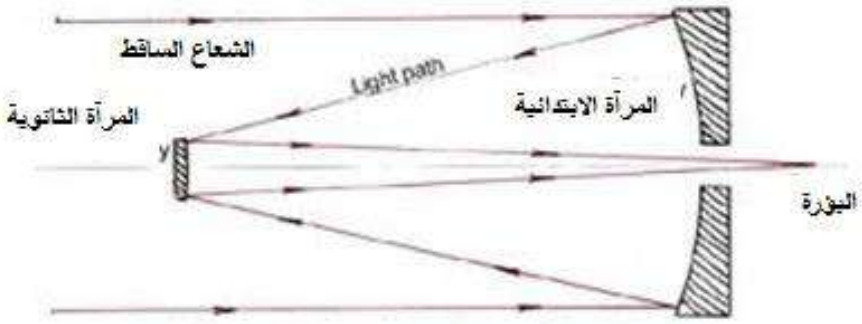
منظومة التلسكوب (التبئر لحزمة الليزر)

(Telescope System)

يستعمل نظام المرايا والعدسات عادة لتركيز الشعاع الساقط على الكاشف الضوئي وبالامكان تجميع الحزمة المستلمة على الكاشف كما مبين في الشكل (1a)، أو ادخال الكاشف عند نقطة التبؤر لعدسة المستلم كما مبين في الشكل (1b)، وهذا في حالة استعمال العواكس (المرايا) في تصميم التلسكوب البصري. في حالة استعمال العدسات، فهناك تصاميم عديدة منها بسيط كما في الشكل (2a) وذلك باستعمال عدسة شيئية منفردة تستعمل لتجميع الاشعة على الكاشف ، او باستعمال عدسة شيئية مع مرشح كما في الشكل (2b)، او باستعمال مجموعة من العدسات الشيئية لتجميع الاشعة من خلال صفيحة مثقوبة على عدسات الكاشف (مجموعة من العدسات)، وكما موضح في الشكل (2c).

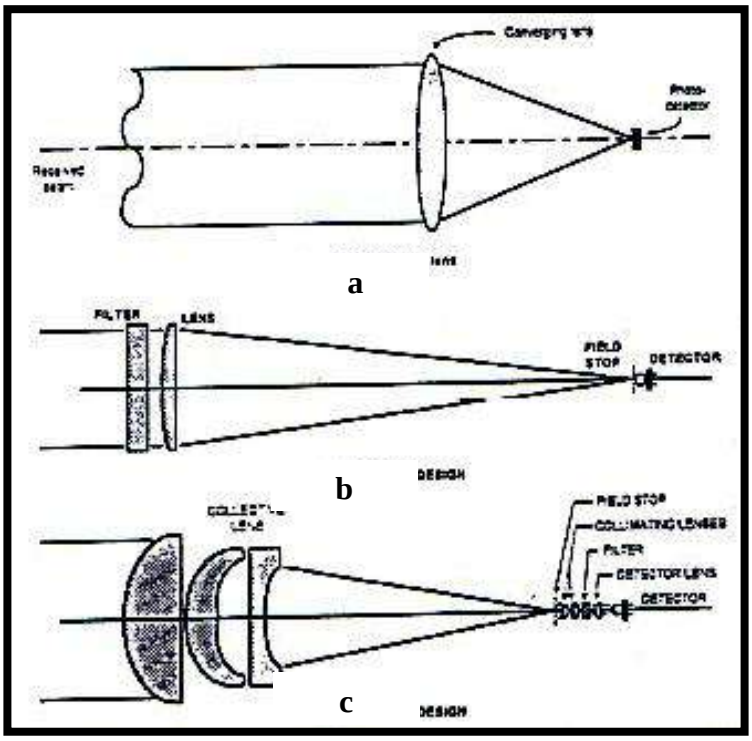


(a)



(b)

الشكل (1) التلسكوب البصري باستعمال العواكس (المرايا) لتركيز الشعاع الساقط



الشكل (2) التلسكوب البصري باستعمال العدسات لتركيز الشعاع الساقط

ان مبدأ عمل التلسكوب البصري معاكس لمبدأ عمل موسع الحزمة الذي يعمل على زيادة قطر الشعاع الخارج منه بينما يعمل التلسكوب البصري على تجميع الاشعة وتركيزها ضمن مساحة ضيقة. أما اجزاءه فانها مشابهة الى اجزاء موسع الحزمة المذكور في التمرين السابق مع وجود عدسة ثالثة تعمل على تركيز الحزمة في بؤرتها. ومما تقدم يتضح ان اتجاه التلسكوب البصري في المنظومة معاكس لاتجاه موسع الحزمة اعتمادا على الغاية المطلوبة لكل منها او يتم استعمال عدسة شيئية واحدة ومواصفاتها نفس مواصفات العدسة الشيئية المذكورة في موسع الحزمة سابقا. يمكن حساب مقدار قطر الدائرة المضيئة المركزية الساقطة (β) من العلاقة:

$$\beta = \frac{2.44 f \lambda}{D} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

اذ ان:

D : قطر العدسة المستلمة.

f : البعد البؤري للعدسة المستلمة.

λ: الطول الموجي لليزر المستعمل.

اسم التمرين: منظومة التلسكوب (التبئر لحزمة الليزر). **رقم التمرين:(16)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- تنفيذ عمل التلسكوب (التبئر لحزمة الليزر).

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- عدسة شيئية عدد 2.
- عدسة عينية.
- مسطرة مترية.
- شاشة.

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 استعمل عدسة شيئية بالمواصفات المذكورة في التمرين السابق او عدسة ذات بعد بؤري (5cm) وضعها امام الشعاع الخارج من مصدر الليزر وعلى مسافة مناسبة بحيث تحصل على حزمة ليزر مبئرة بانفراجية (3^o) اذا كان الليزر المستعمل هو ليزر هيليوم – نيون اي بشكل نقطة مضيئة مصغرة ويمكنك رؤيتها على شاشة موضوعة خلف العدسة الشيئية (اللامة). استعمل العلاقة الآتية لمعرفة قطر اقل بقعة لضوء الليزر(r_s).

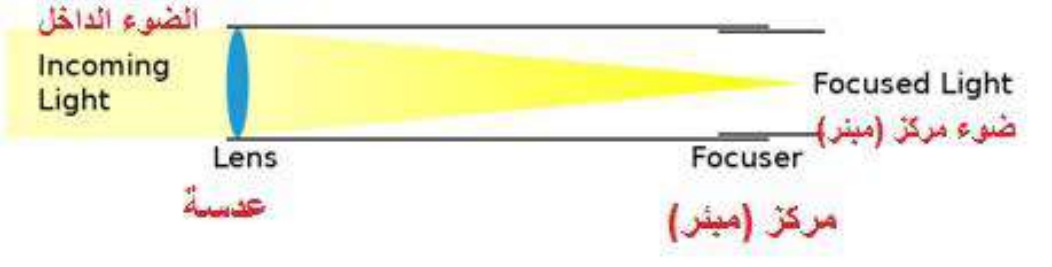
$$r_s = f\theta_{div}$$

اذ ان:

f **:**البعد البؤري للعدسة الموجبة المستعملة **(مثلا 5cm).**

θ_{div}**:**انفراجية حزمة الليزر.

ملاحظة: اذا كان الليزر المستعمل هو ليزر هيليوم- نيون He-Ne فان ($\theta=3^{o}$) وتحول الى (rad) او تستخرج من الجداول†



3 يمكن الحصول على تلسكوب مبئر لحزمة الليزر باستعمال العدستين اللتين استعملتهما في تصميم موسع الحزمة (التمرين السابق) ووضعهما عكس الترتيب المذكور سابقا وبنفس الابعاد وبالامكان اضافة عدسة ثالثة (لامة) بقطر اصغر او نفس قطر العدسة العينية .

4 ضع العدسة الثالثة امام العدسة العينية وبتحريكها الى الامام والى الخلف لحين الحصول على ضوء ليزر ذو بقعة صغيرة جدا (نقطة مضيئة) ساقطة على الشاشة الموضوعة خلف العدسة اللامة الثالثة.

† $rad = \frac{Deg \times \pi}{180}$; $\pi = 3.14 \; or \; \frac{22}{7}$

الاسئلة

س1: ما الانظمة الاكثر شيوعا والتي تستعمل لتركيز اشعة الليزر الساقطة؟

س2: اكتب العلاقة التي منها يمكن حساب قطر الدائرة المضيئة المركزية؟ مع ذكر المعنى الفيزياوي لكل رمز

س3: ما مبدأ عمل كل من موسع الحزمة والتلسكوب البصري؟

س4: ما العلاقة الرياضية التي يمكن منها ايجاد قطر اقل بقعة لضوء الليزر والتي استعملتها في هذا التمرين؟ مع ذكر المعنى الفيزياوي لكل رمز.

س5: ما الطريقة العملية التي استعملتها للحصول على تلسكوب مبئر لحزمة الليزر في هذا التمرين ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: منظومة التلسكوب (التبئر لحزمة الليزر).				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة منظومات التفريغ من التسريب
Maintenance of Vacuum Systems from Leak

تم حديثا اكتشاف اجهزة متخصصة لفحص التسريب (Leak). هناك قواعد اساسية في الفحص الجيد والسريع للثقب. حيث تعتمد الطريقة أو التقنية في تعقيب التسريب على حجم النظام ، الضغط المطلوب، مقدار التسريب داخل حجرة التفريغ والتوصيلات الملحقة بها وسرعة التفريغ المتوفرة. سنتناول في هذه التجربة الطرق التي تمكننا من الكشف عن التسريب (Leak) كبيرا كان او صغيرا لكي نصل الى اقل الضغوط.

يمكن تقسيم طرق فحص التسريب الى قسمين هما:

1. تقسيم التراكيب الكبيرة المعقدة الى تراكيب صغيرة الحجم .
2. استعمال الاجهزة المتخصصة او المقاييس في تحديد الثقوب الصغيرة في التراكيب المجزئة.

اختبارات العزل:

عند احتواء النظام المطلوب اختباره على مقاطع عديدة حيث يمكن عزلها بوساطة صمامات وتكون هذه المقاطع مزودة بمقاييس، يمكن تقليل المساحة المفحوصة وذلك لايجاد الثغر في مقطع محدد. وبهذا يمكن قياس معدل الثغر في كل مقطع. اذا لم يحوي المقطع على مقياس، فيمكن ايجاد الثغر بتفريغ النظام جزء فجزء. عندما يكون موقع المقياس قريبا من المضخة الدوارة، فيتم تفريغ كل قسم على التوالي وابتداء من المضخة وبأتجاه القسم الذي يمنع حصول الفراغ الجيد فيه.

طرق الفحص:

غالبا ما يظهر ثغر كبير ويكون من المستحيل نقصان الضغط بمقدار يكفي لاستعمال مقياس الفراغ او الاجهزة المتخصصة لفحص الثغر. ويكون سبب هذا في الغالب اما نسيان وضع حلقة المطاط (o) في الفلنجة، او وجود شق كبير في زجاج المقياس او في احد المقاطع او انفكاك اللحام. وفي هذه الحالات يكون الثغر مقلقا وخاصة عندما لا يسمع له صوت مميز(ازيز). وغالبا ما يتم كشف مثل هذا الثغر بملاحظة عدم ثبوت قراءة الاجهزة القياسية. وهنالك عددا من التقنيات التي يستعملها التقنيين والتي تعتمد على خبرتهم في الكشف عن الثغر، نذكر منها :

1. الطين اللدائني Plasticine Clay:

يكون الضغط البخاري لهذه المواد قليل، وهي متوفرة تجاريا. غالبا ما يغلق الثغر عند تغطية اللحام او المفاصل الملحومة بهذا الطين اللدائني ويقل الضغط . وبعد ايجاد الثغر يجب اتخاذ العناية الكاملة وذلك بأزالة الطين اللدائني بوساطة مذيب مناسب. ومن الضروري ازالة الطين اللدائني مباشرة من اي مفصل عند عدم وجود ثغر فيه.

2. صمام تفريغ الغاز– Gas Discharge Tube:

يمكن استعمال صمام تفريغ الغاز في تحديد مكان الثغر وذلك بملاحظة تغير لون التفريغ عند تسرب الهواء الى داخل الوعاء وتغيره مع غاز اخر او بخار. ويتم هذا بتسليط الغاز من فتحة صغيرة جدا على الاماكن المشكوك فيها او تغطيته بمذيب الاسيتون (Aceton) او الميثانول (Methanol) او ثنائي اوكسيد الكاربون (Carbon Dioxide) او الهيدروجين. لا تكون هذه الطريقة دقيقة وذلك لصعوبة ايجاد الثغر عند وجود غازات متبقية (Residual Gases). وقد يرافق استعمال السوائل المتطايرة Volatile خطورة وذلك لانه اثناء الغسيل قد تذهب الجسيمات الغريبة او التراب الى داخل الثقوب مما تسبب انسداد وقتيا .

فحص الثغر باستعمال المقاييس والاجهزة الخاصة:

تكمن قاعدتين اساسيتين في استعمال المقاييس لفحص التسريب هما:

1. تغير الضغط داخل الحجرة والتوصيلات الملحقة بها.
2. تغير تركيب الغاز داخل الحجرة.

ربما يتغير كلاهما او احدهما نتيجة تغير الهواء المار خلال الثغر الى داخل النظام من غاز الى اخر او البخار الذي له عامل انتقال مختلف. وهذا يشير بان زيادة او نقصان كمية الغاز المار عما هو عليه لو كان الهواء والسبب يعود الى اختلاف اللزوجة. وتكون الغازات الخفيفة مثل الهيدروجين او الهيليوم اكثر استعداد للمرور خلال الثغر وبالتالي تسبب زيادة الضغط داخل الحجرة. وتكون الغازات الثقيلة اقل استعدادا للمرور. ويمكن زيادة التحسس بوجود التسرب بوضع الباثق (فوهة رش الغاز) على الوعاء المطلوب فحصه ومن ثم احاطة الوعاء كليا بغاز الفحص. والقصور الرئيس في هذه الطريقة هو عدم الاستطاعة في تحديد محل الثغر الحقيقي بدقة بالغة.

يمكن ان يختفي الثغر عندما لا يكون زمن الفحص كافيا وان اختفائه يكون متناسباً مع سرعة المضخة ونوع النظام. ويجب الاخذ بنظر الاعتبار طبيعة الثغر. وكذلك يجب ان يكون غاز الفحص مختلفا عن الغاز او البخار الموجود في الوعاء او الغاز الذي يحيط به ، وكذلك ليس له تأثير كيمياوي مثل التأكل.

هنالك طريقتان في استعمال المقاييس او الفواحص، تعتمد على الانظمة المطلوب فحصها. فعند تفريغ النظام بالمضخة الميكانيكية الدوارة فقط، يوضع غاز الفحص على الخط الواصل بين الوعاء والمضخة. اما في الاجهزة المستعملة للفراغ العالي باستعمال المضخة الانتشارية، فيوضع المقياس في الخط الخلفي للمضخة. وهذا الوضع يكون افضل من وضعه مغمورا في الوعاء نفسه، لان في هذه الحالة سيحصل تضخيم لضغط غاز الفحص بوساطة المضخة الانتشارية.

اسم التمرين: صيانة منظومات التفريغ من التسريب. **رقم التمرين:(17)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- العمل على مقاييس فحص التسريب.
- التعرف على طرق فحص التسريب.
- صيانة المنظومة من التسريب.
- معرفة العوامل الاساسية المؤثرة على معدل التفريغ .

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- مقاييس فحص التسريب.
- انابيب وتوصيلات خاصة بمنظومات التفريغ.
- صمامات ومقاييس الضغط والفراغ.
- مضخات تفريغ.
- مواد رغوية ومواد متطايرة.
- ادوات وعدد يدوية.

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

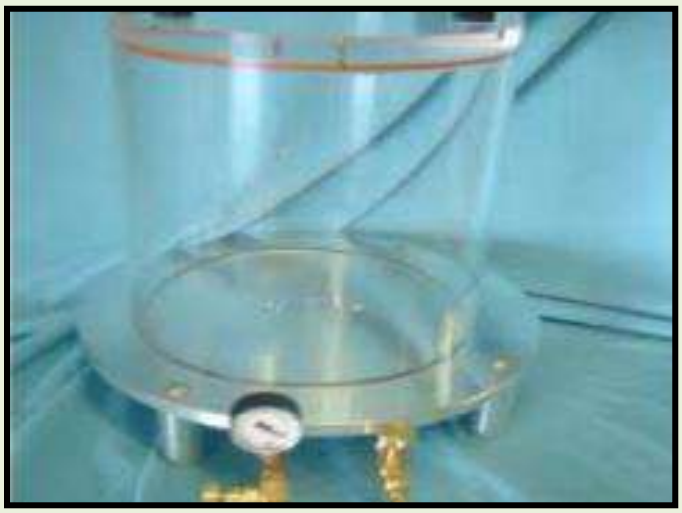
---

2 تأكد من نظافة جميع الأجزاء الرابطة وقم بتنظيفها دوريا.

انواع متنوعة من التوصيلات .. احجام مختلفة من انابيب التوصيل .. احجام مختلفة لحلقات ربط

3 تاكد من سلامة انابيب التوصيل.

4 تاكد من احكام الحاوية الرئيسية وارتباطها بصورة جيدة.



5 قم بفحص التسريب بوساطة جهاز كشف التسريب (وكذلك يمكن فحص التسريب بوساطة رغوة ايضا).

فحص التسريب بوساطة رغوة

جهاز كشف التسريب مع السماعة

الاسئلة

س1:علام تعتمد الطريقة او التقنية في تعقيب التسريب ؟

س2: ما طرق فحص التسريب؟

س3: ما القاعدتان الاساسيتان المتبعة في استعمال مقاييس فحص التسريب؟

س4: في هذا التمرين، كيف يتم فحص التسريب ؟

س5:عند تفريغ النظام بالمضخة الدوارة فقط ، اين يوضع الفاحص؟

س6: في الاجهزة المستعملة للفراغ العالي باستعمال المضخة الانتشارية ،أين يوضع الفاحص ؟

س7: لماذا قد يرافق استعمال السوائل المتطايرة خطورة ؟

س8: في اختبارات العزل، واذا لم يحوي كل مقطع على مقياس، كيف يمكننا في الغالب ايجاد الثغر ؟

س9:غالبا ما يظهر الثغر كبير ويكون من المستحيل زيادة الضغط بمقدار يكفي لاستعمال مقياس الفراغ او الاجهزة المتخصصة لفحص الثغر، في الغالب ما سبب ذلك ؟

س10: ما طرق فحص الثغور التي تعتمد على خبرة التقنيين؟ وضحها؟

س11: لماذا لاتكون طريقة استعمال صمام تفريغ الغاز في تحديد مكان الثغر وذلك بملاحظة تغير لون التفريغ عند تسريب الهواء الى داخل الوعاء وتغيره مع غاز اخر او بخار طريقة دقيقة؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة منظومات التفريغ من التسريب .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة مضخات التفريغ ومقاييسها
Vacuum systems and their Gauges maintenance

الفراغ (Vacuum):

ان الفراغ من الناحية التطبيقية يمكن ان يعرف على انه ظروف الغاز(ضغط وحجم ودرجة حرارة) تحت ضغط اقل من الضغط الجوي.

الضغط:

يعرف الضغط على انه القوه المسلطة عمودياً على وحدة المساحات من السطح وياخذ المعادلة الاتية:

$$P = \frac{F}{A}$$

اذ ان:

P هو الضغط و F هي القوة و A هي المساحة .

وحدات قياس الضغط :

وحدة قياس الضغط في النظام الدولي للوحدات هى الباسكال (Pascal) وتعادل نيوتن لكل مترمربع (N/m^2) ويمكن ايضا تحويلها الى تور(Torr) والبار (bar).

حيث (ملم زئبق 1Torr =1mmHg) .

مضخات التفريغ:

نفرض ان لدينا غرفة معينة نريد ان نفرغ ما بها من جزيئات فهناك مضخات عديدة ومختلفة من حيث النوع وطريقة التشغيل.

يقسم التفريغ الى ثلاث مناطق وهي:

1.التفريغ المنخفض Low vacuum:

وهذا التفريغ يكون به الضغط فى حدود من 760 الى 10^{-3} تور Torr ويمكن الحصول على هذا الضغط من المضخات الميكانيكية mechanical pump مثل مضخة الزيت الدوارة rotary oil pump وغيرها .

2.التفريغ العالي High vacuum:

وهذا التفريغ يكون به الضغط فى حدود من 10^{-3}الى 10^{-6} تور (Torr) ويمكن الحصول على هذا الضغط من مضخة التربو الجزيئية turbo molecular pump والمضخة الانتشارية Oil diffusion pump.

3.التفريغ العالي جدا" Very high vacuum:

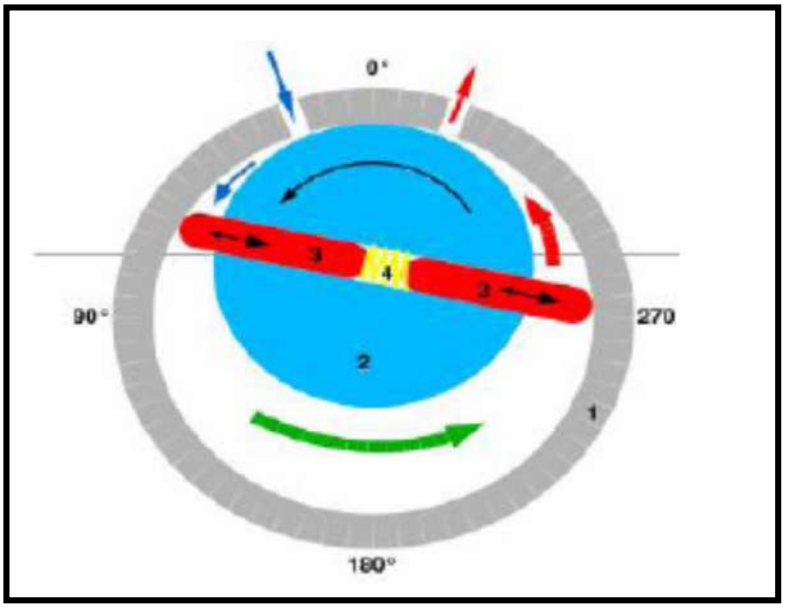
وهذا التفريغ يكون به الضغط اقل من 10^{-6} تور (Torr) ويمكن الحصول على هذا التفريغ من اجهزة متخصصة عالية التقنية.

وسنحاول هنا ان نقدم شرحا مبسطا عن تركيب وطريقة عمل هذه المضخات.

مضخة الزيت الدوارة Rotary oil pump:

هي عبارة عن ريشة دوارة vanes متصلة بدائرة تقوم بالدوران داخل تجويف اكبر من الداخل واثناء الدوران تلامس الغرفة من الداخل ونلاحظ ان هناك مدخل ومخرج لجزيئات الغاز المفرغ كما في الشكل (1).

عند دخول جزيئات الغاز من المدخل inlet ودوران الريشة تضغط معها جزيئات الغاز الى الخارج outlet ويحدث هذا مع كل دورة، ولمنع تآكل جزيئات المضخة يوضع زيت حيث يمنع احتكاك هذه الجزيئات بعضها ببعض. وتندرج هذه المضخة تحت اسم المضخات الميكانيكية وذلك لان اساس عملها يقوم على الحركة الميكانيكية وتعطى ضغط فى حدود 10^{-3} تور(Torr).



الشكل (1)مقطع من مضخة الزيت الدوارة

المضخة الانتشارية Diffusion pump:

تستعمل هذه المضخة فى الحصول على ضغط فى حدود 10^{-6} تور(Torr) وتقوم فكرة عملها على الاتي:

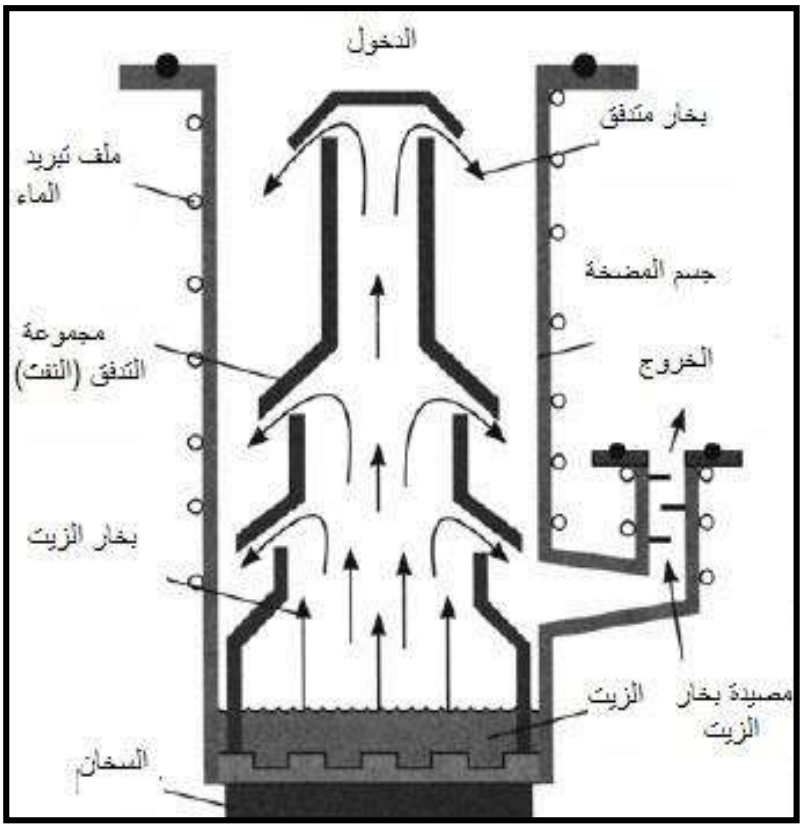
1- قبل البدء فى تشغيل هذه المضخة نقوم اولا بتشغيل مضخة ميكانيكية لتفريغ المضخة الانتشارية الى ضغط مناسب (10^{-3} تور) لكي تستطيع ان تقوم بعملها على اكمل وجه، تسمى هذه الحالة بالمساعدة backing كماهو موضح بالشكل(2).

2- تقوم سخانات اسفل المضخة بتسخين الزيت حتى درجة التبخير.

3- بعد وصول الزيت الى درجة التبخير يصعد الى اعلى واثناء ذلك يقوم بسحب جزيئات الغاز الموجودة الى اعلى.

4- بعد ذلك تتصادم جزيئات الزيت ومعها جزيئات الغازمع بعضها البعض بحيث يتم تغيير اتجاهها.

وبمرور ماء بارد فى انابيب حول المضخة من الخارج يتم تكثيف جزيئات الزيت على جدار المضخة من الداخل وتعود الى الغلاية من جديد لاستمرار العملية اما جزيئات الغاز فيتم سحبها بوساطة مضخة ميكانيكية متصلة معها عن طريق فتحة خروج الغاز.

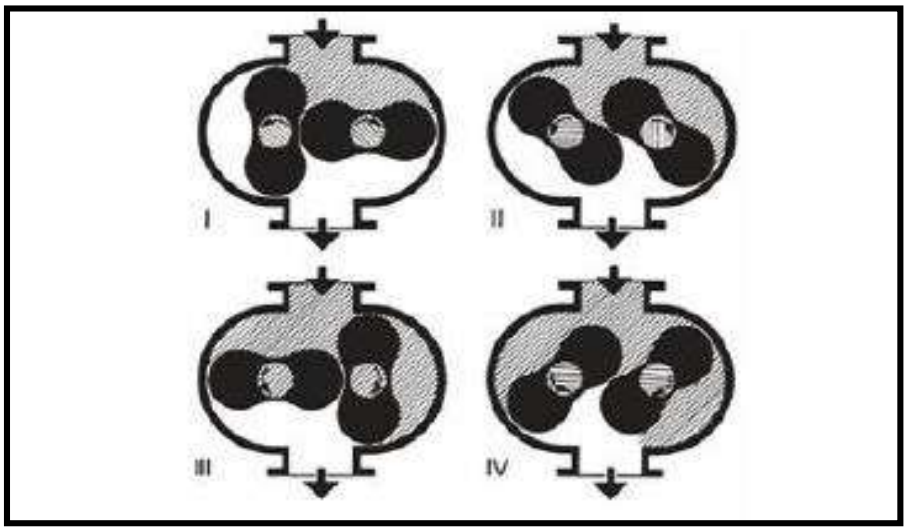


الشكل (2)مخطط المضخة الانتشارية

مضخة الجذور Roots pump:

تقوم فكرة عمل هذه المضخة اساسا على دخول جزيئات الغاز من المدخل inlet pump اثناء دوران الريش الموجودة داخل المضخة باتجاهين متعاكسين فيتم سحب هذه الجزيئات مع غلق الفتحة التى دخلت منها وفى نفس هذه اللحظة يقوم بفتح فتحة الخروج outlet pump لخروج جزيئات الغاز، وهكذا تستمر عملية التفريغ. تصنف هذه المضخات من المضخات الميكانيكية الجافة Dry mechanical vacuum pump كما في الشكل (3).

تملك هذه المضخات ميزة كبيرة حيث يمكنها تفريغ كمية كبيرة من الاوكسجين وبامان دون الخوف من الانفجار بجانب هذه الميزة الكبيرة لها عيوب هو انها ذات تكلفة عالية جدا مقارنة بالمضخات الاخرى التي يستعمل فيها زيت خمس مرات اكثر من المضخات الزيتية ولنفس السعة بالاضافة الى الضوضاء العالية.



الشكل (3)يوضح اجزاء ومراحل عمل مضخة الجذور

مضخة التربو الجزيئية Turbo molecular pump:

مبدأ عمل هذه المضخة هو ان جزيئات الغاز يمكن ان تتحرك فى الاتجاه المطلوب وذلك عن طريق التصادم مع جسم صلب متحرك. وفي هذه المضخة يحدث دوران سريع لمحرك التوربينات فيضرب جزيئات الغاز الاتية من مدخل المضخة وبذلك تتجه نحو مخرج المضخة كما هو موضح في الشكل (4) تتكون اساسا هذه المضخة من توربينات متحركة واخرى ساكنة والتى تستعمل للحفاظ على التفريغ العالي.

الشكل (4) مضخة التربو الجزيئية

مقاييس الضغط :

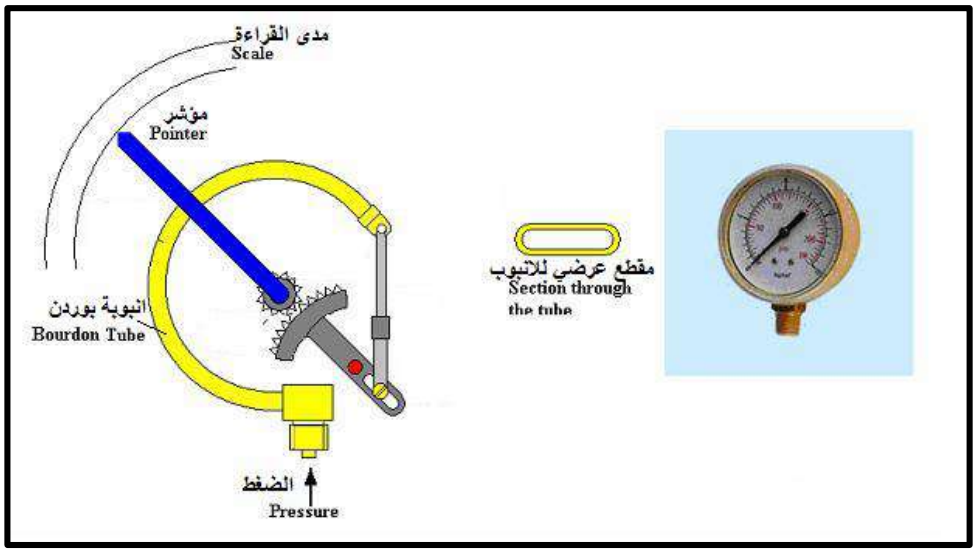
تستعمل مقاييس الضغط لمراقبة البيئة في حاوية الفراغ وذلك لفهم العمليات التي تجرى تحت ظروف ضغط واطئ ، يمكن تصنيف اجهزة قياس الضغط او الفراغ الى اربعة انواع :

1. اجهزة تقيس تاثير القوة الفيزياوية على السطح .
2. اجهزة تقيس انتقال العزم بوساطة جزيئات الغاز.
3. اجهزة تقيس انتقال الحرارة.
4. اجهزة تقيس كثافة الغاز بعملية تأين جزيئات الغاز.

مقياس انبوب بوردون (Bourdon tube gauge):

يتكون هذا المقياس من انبوب بوردون وهي انبوبة ذات مقطع عرضي بيضوي وتكون الانبوبة على شكل منحني مفرغ محكم من نهاية واحدة والطرف الاخر يتصل بمنظومة الفراغ وحاوية معدنية مع نافذة زجاجية امامية تسمح برؤية الموشر المتحرك (indicator dial) وقراءات الضغط (Pressure scale).

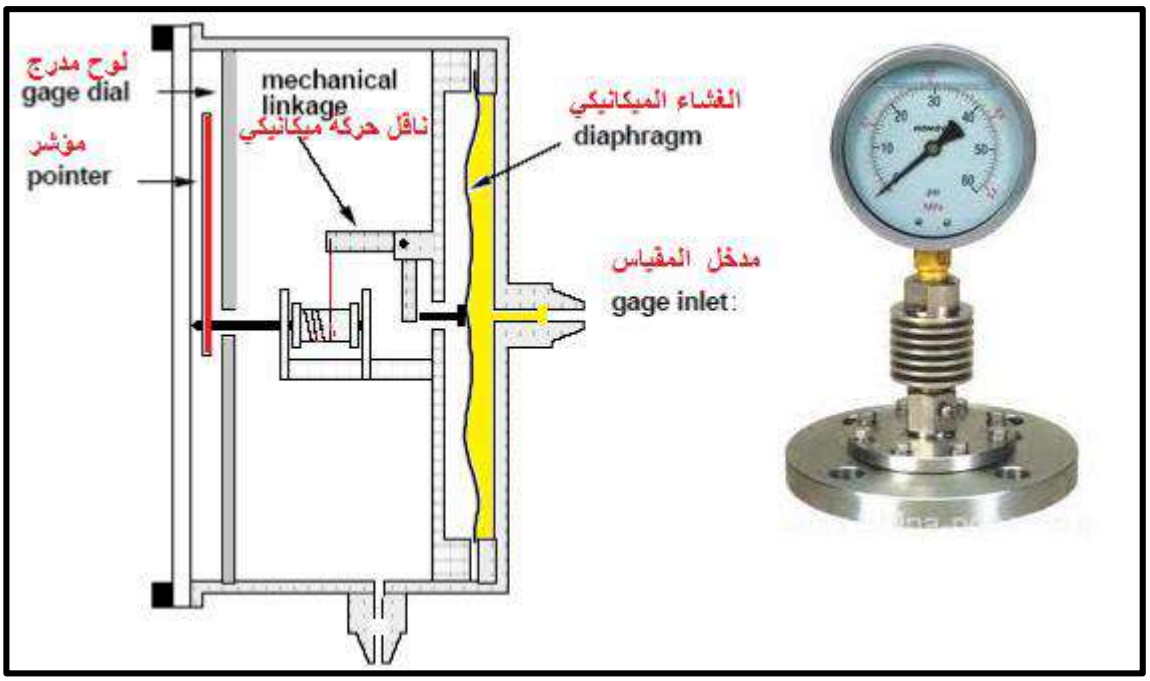
ان الانبوب المعدني المنحني يحصل فيه تشوه مرن وان التواء نهايته يتناسب مع فرق الضغط خلال جدرانه هذا الالتواء ينتقل بشكل ميكانيكي الى دوران المؤشر بوساطة. حركة ميكانيكية على لوح مدرج، كما في الشكل(5).



الشكل (5) مخطط مقياس انبوب بوردون (Bourdon tube gauge)

مقياس الغشاء الميكانيكي (Mechanical diaphragm gauge):

يعتمد مبدأ عمل هذا النوع من المقاييس على استخدام غشاء معدني رقيق، ينحرف نسبة الى وجود فرق ضغط ويتم تضخيم هذا الانحراف بوساطة مجموعة من العتلات والبكرات ويحول الى حركة دورانية للمؤشر امام وجه تأشير معير. حيث يربط الطرف الثاني للمقياس الى منظومة الفراغ مباشرة، الشكل (6) يوضح نموذج تخطيطي لهذا المقياس.

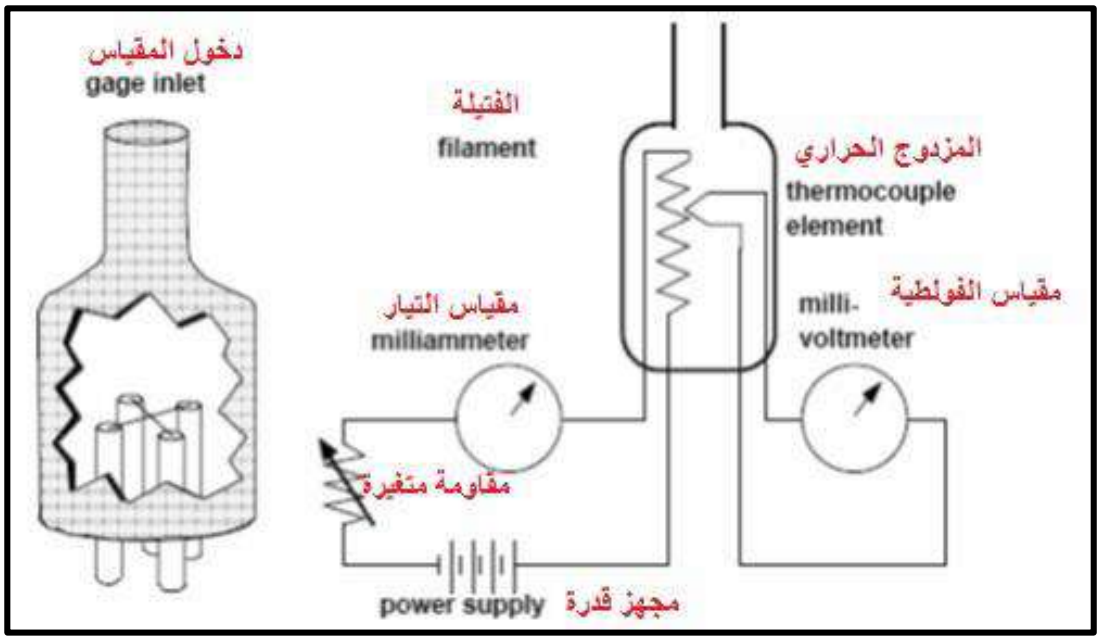


الشكل (6) مخطط مقياس الغشاء الميكانيكي (Mechanical diaphragm gauge)

مقاييس التوصيلة الحرارية (Thermal conductivity gauges):

مقياس المزدوج الحراري (Thermocouple gauge):

يعد هذا النوع احد اكثر اجهزة قياس الضغط الاساسية المستعملة يعتمد في القياس على التغير في التوصيلية الحرارية للغاز للاستدلال على الضغط ، حيث يتم تجهيز تيار كهربائي ثابت الى فتيلة (Filament) من معدن مقاومتة الكهربائية كبيرة مثل التنكستن او البلاتينيوم توضع داخل الجهاز حيث هناك مزدوج حراري ملحوم بلحام النقطة. عندما يتم تقليل الضغط بعملية التفريغ، فان عدد قليل من جزيئات الغاز سترتطم مع الفتيلة المسخنة لوحدة الزمن، والفتيلة بالتالي ستعمل عند درجات حرارة عالية .يتم معاينة درجة حرارة الفتيلة باستعمال المزدوج الحراري، وتحول الى وحدات الضغط في قارئ الجهاز. بما انه بعض الجزيئات تتفاوت في خاصية التبادل الحراري مع الاجسام الساخنة فان هذه الاجهزة تكون حساسة لنوع الغاز. الشكل (7) يوضح المخطط التوضيحي لمقياس المزدوج الحراري.



الشكل (7) مخطط مقياس المزدوج الحراري (Thermocouple gauge)

تستعمل مقاييس المزدوج الحراري بشكل واسع في صناعة الفراغ وذلك بسبب كلفتها الواطئة، سهولة نصبها، سهولة استعمالها، تحملها للصدمات وحجمها الصغير. اهم المساوئ لهذه الاجهزة هي الاستجابة البطيئة الملازمة الى تغير الضغط.

مقياس بيراني (Pirani Gauge):

يعتمد مبدأ عمل هذا النوع من المقاييس على خاصية تغير المقاومة الكهربائية للفتيلة (Filament) مع تغير كثافة الغاز داخل الحاوية نتيجة لعملية التفريغ حيث يتكون هذا المقياس من فتيلتين احداهما توضع داخل حجرة مفرغة ومحكمة وتعد مرجع (Reference) والفتيلة الثانية توضع في حاوية مفتوحة النهاية لكي تربط مع حاوية التفريغ الرئيسة. عندما يمر تيار كهربائي خلال الفتيلة ستسخن وعندما تتغير كثافة الغاز نتيجة انخفاض الضغط سترتفع درجة حرارة الفتيلة وبالتالي تتغير قيمة التيار المار خلال الفتيلة ويتم حساب قيمة المقاومة الكهربائية للفتيلة من دائرة قنطرة وتستون (ويطستون)، حيث يتم معايرة المقياس مع نوعية الغاز المفرغ وتتم قراءة وحدات الضغط من قارىء الكتروني خارجي كما موضح في الشكل (8).

الشكل (8) يوضح قنطرة ويطستون ومقياس بيراني Pirani Gague

مقاييس تأين الغاز (Gas ionization gauges):

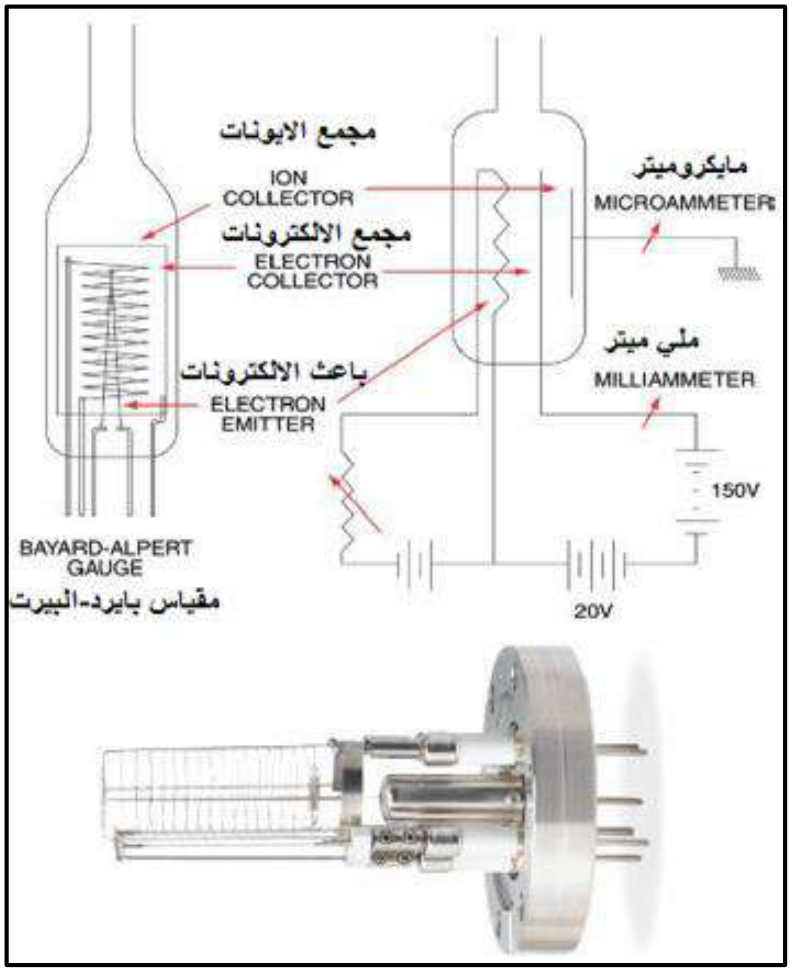
يعتمد اساس عمل هذا النوع من المقاييس على قدرة الغاز على التأين المتسبب من تصادم الالكترونات مع جزيئات الغاز وقياس كمية تيار التأين الذي ينتج عن عملية التأين ويلاحظ ان هذا التيار الناتج يعتمد على كثافة الغاز وبالتالي الضغط اي هنالك علاقة بين الضغط والتأين. ويمكن قياس كمية التيار من عملية التأين بضغط معين.

وان عملية التأين تحدث في ضغوط واطئة محصورة بين Torr(10^{-3}-10^{-6})، لذلك لغرض الحصول علـى عملية التأين فانه من الضروري تفريغ المقياس الى مالايقل عن 10^{-3} Torr لكي تبدأ عملية التأين .

ومن اهم انواع مقاييس تأين الغاز:

مقياس تأين الكاثود البارد (Cold cathode ionization gauge):

ويسمى ايضا مقياس بيننك (pining Gauge) وهوعبارة عن انبوبة تفريغ كهربائي (Discharge tube) حيث يتكون من صفيحتين متوازيتين تمثلان الكاثود أما الانود يكون على شكل حلقة بين الصفيحتين، يعمل هذا المقياس عندما تنشأ الكترونات من الكاثود، وتتعجل نحو الانود حيث تمر الالكترونات خلال حلقة الانود وبعد ذلك تعود الى الكاثود الاخر. يتم أثناء انتقال الالكترونات عملية تصادم مع ذرات الغاز وينتج من عملية التصادم ايونات تنجذب نحو الكاثود فيتولد تيار التأين، ويتم قياس قيمة هذا التيار من اميتر ويتم معايرته لقراءة الضغط حيث تعتمد قيمة التيار على قيمة الضغط الاولي. ويعمل هذا المقياس بمدى ضغط يتراوح بين Torr (10^{-3}-10^{-9}).



شكل يوضح مقياس جهاز تأين الكاثود البارد Pining Gauge

اسم التمرين: صيانة مضخات التفريغ ومقاييسها. **رقم التمرين:(18)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:

- التعرف على اساسيات التفريغ وعلى منظومات ومضخات التفريغ بأنواعها ومقاييسها والاجزاء الملحقة بها.
- كيفية ربط اجزاء منظومة التفريغ و تشغيلها و صيانتها.
- التعرف على صيانة مضخات التفريغ وكيفية تلافي حصول التسريب فيها .

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):

- مضخة تفريغ نوع (مضخة دوارة Rotary pump).
- حاويات التفريغ (Vacuum chambers).
- ملحقات منظومة التفريغ (مكونات الربط السريع Quick connect hardware).
- انابيب مرنة (Bellows).
- صمامات (Valves).

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

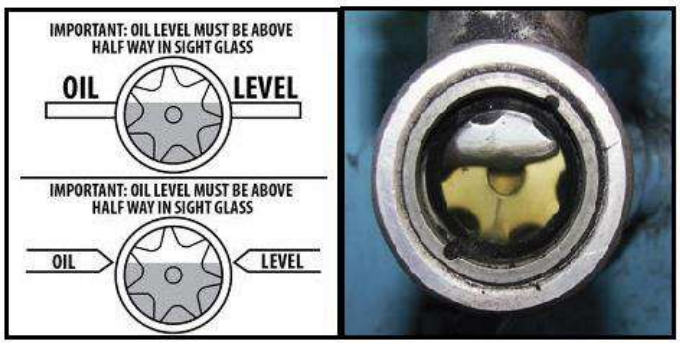
---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 قم بتوصيل المضخة الدوارة بالحاوية الرئيسة بوساطة مكونات الربط السريع .

3 قم بفحص كمية الزيت في المضخة بالعين المجردة.



4 قم بتوصيل المضخة مع المقياس من نوع بيراني لغرض معرفة قيمة التفريغ داخل المنظومة.

مقياس التفريغ

5 قم بتوصيل مصدر التيارالكهربائي الى المضخة وقم بتشغيلها للتاكد من عمل المحرك الكهربائي بصورة جيدة .

6 يجب توفير تهوية كافية في المختبر وذلك للتخلص من الغازات التي تخرج من المنظومة.

7 يجب توفير مضخة تفريغ احتياطية بديلة تستعمل في حالة حصول عطل مفاجيء.

8 عند التوصل الى الضغط المطلوب قم بغلق الصمام الذي يربط الحجرة مع المضخة.

الاسئلة

س1: ماذا نعني بالتفريغ من الناحية التطبيقية ؟

س2: عند وضع قنينة بلاستيكية حجمها لتر مثلا مملؤة الى نصفها بالماء في فريزر الثلاجة، ماذا يحدث للقنينة، لماذا؟

س3: عرف الضغط ؟

س4: الى كم منطقة يقسم التفريغ ؟

س5: ما فائدة وجود الزيت في مضخة الزيت الدوارة ؟

س6: ما حدود الضغط الذي يمكننا الحصول عليه عند استعمالنا مضخة الزيت الدوارة ؟

س7: ما حدود الضغط الذي يمكننا الحصول عليها عند استعمالنا المضخة الانتشارية ؟

س8: ما اساساً فكرة عمل مضخة الجذور ؟

س9: لماذا يجب علينا توفير مضخة تفريغ احتياطية بديلة في هذا التمرين ؟

س10: يمكن تصنيف اجهزة قياس الضغط والتفريغ الى اربعة انواع ،اذكرها؟

س11: ما اهم مساوىء مقياس المزدوج الحراري ؟

س12:علام يعتمد مبدأ مقياس بيراني؟

س13: ما اساس عمل مقياس تأين الغاز؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة مضخات التفريغ ومقاييسها .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة منظومات التبريد
(Cooling Systems Maintenance)

يعرف التبريد بصورة عامــة بأنه اجراء لازالة الحرارة، او خفض لدرجــة حرارة الوسط المراد تبريده (هواء - سائل – مواد صلبة) لأقل من درجة حرارة المحيط .
ولفهم عملية التبريد لابد من فهم مبادىء الحرارة وطرق انتقالها ويمكن تعريف الحرارة: بانها صورة من صور الطاقة المختلفة في حالة انتقال وسريان . وكمبدأ عام يمكن تحويل الطاقة من صورة الى اخرى.

انتقال الحرارة:

تنتقل الحرارة من المادة ذات درجة الحرارة الاعلى الى المادة ذات درجة الحرارة الاوطأ وتتوقف عملية الانتقال بين المادتين عند الوصول الى حالة الاتزان الحراري. ان عملية انتقال الحرارة لا تعتمد على كمية الحرارة او كتلة الجسم ولكن تعتمد على مستوى الحرارة والذي يعرف بدرجة الحرارة.
ويمكن تعريف درجة الحرارة: بانها المؤشر او المستوى الذي يبين حالة الجسم الحرارية من حيث انتقال الحرارة منه او اليه اذا تلامس مع جسم اخر .

الأجهزة التي تستعمل آلية التبريد:

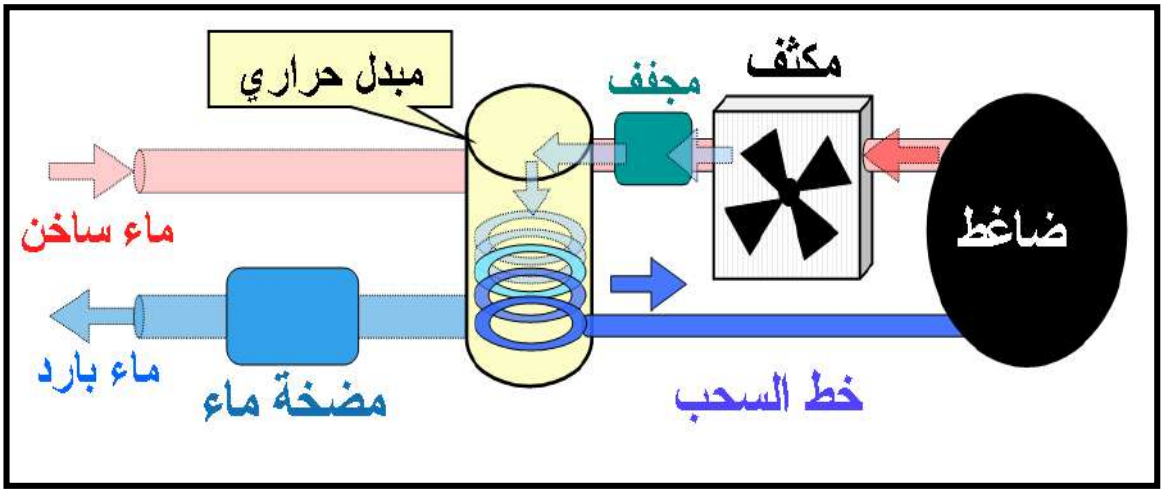
أجهزة التبريد بالهواء:

استعملت آلة التبريد بالهواء قديماً على نطاق واسع قبل أنتشار آلات التبريد البخارية العاملة على الأمونيا والفريونات، وسميت بالهوائية لأنها تستعمل الهواء كوسط تبريد، وتتألف الدورة المبسطة لآلة التبريد الهوائية من أربعة عناصر رئيسة وهي: براد (غرفة تبريد)ـ ضاغط ـ مبّرد ـ ممدد توربيني. ويستفاد من آلة التبريد بالهواء على نطاق واسع في عملية تكييف الهواء داخل الطائرات التجارية. وقد تم حالياً رفع أداء هذه الآلات بعد استعمال المبادلات الحرارية الإرجاعية فيها.

أجهزة التبريد بالامتصاص:

يتم في آلة التبريد بالامتصاص نقل الحرارة من الوسط المبرد ذي درجة الحرارة المنخفضة إلى الوسط الخارجي ذي درجة الحرارة المرتفعة عن طريق صرف طاقة حرارية في حين يتم في آلة التبريد الضاغطة البخارية صرف قدرة ميكانيكية. ويستعمل في تشغيل هذه الآلة وسيط التبريد والمادة الماصة له. ولقد انتشر في الوقت الحاضر استعمال آلات التبريد العاملة على الماء مع الأمونيا أو الليثيوم.
تتكون آلة التبريد بالامتصاص من: وعاء الامتصاص، المضخة، المكثف، صمام التمدد، المبخر ومولد البخار.هناك أنواع عدة من آلات التبريد بالامتصاص منها ما يعمل بوجود مضخة مع ضاغط ناظم بخاري والتي تستعمل حينما تكون درجة حرارة المنبع الحراري للمولد منخفضة كما في آلة التبريد بالامتصاص.

تستعمل دورات التبريد بالامتصاص التي تعمل من دون مضخة في البرادات المنزلية والمكيفات، وتمتاز هذه الآلات بعدم وجود أي أجزاء متحركة فيها، مما يساعدها على العمل مدة طويلة من الزمن من دون الحاجة إلى أي صيانة تذكر.



الشكل (1) يوضح المكونات الاساسية لمنظومة التبريد

وسائل تبريد ليزر الدايود:

الطريقة المتبعة في تبريد ليزرات اشباه الموصلات هي:

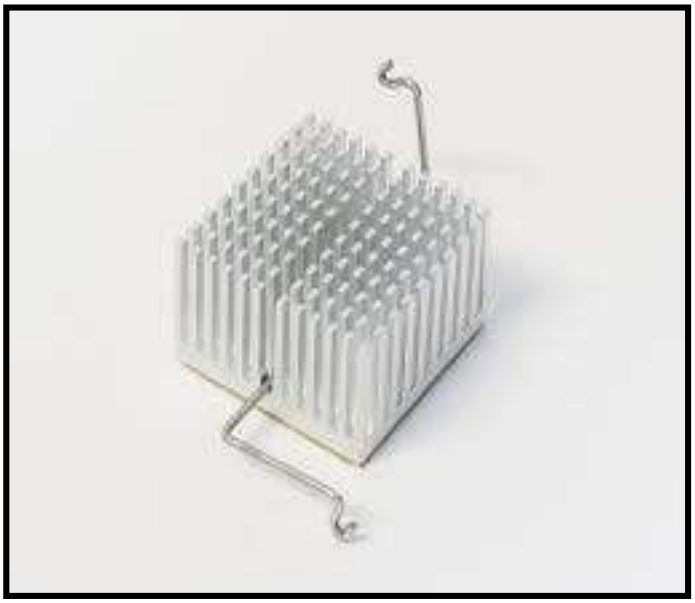
1. المبدد الحراري:

هو عبارة عن شريحة من المعدن تلتصق بسطح الدايود، مربعة الشكل أو مستطيلة عادة إلا أن بعضها شبه دائري يخرج منها بشكل عمودي عدد كبير من العواميد المعدنية، وفائدة هذا المبدد الحراري هو إنتشار الحرارة الناتجة من المعالج بين القضبان العمودية ذات المساحة السطحية الكبيرة فتقوم بتبديد الحرارة. يصنع المبدد الحراري عادة من الالمنيوم لأنه موصل جيد للحرارة، ويجب أن يكون مدخل الهواء أبعد ما يمكن عن المخرج حتى لا يعود الهواء الساخن الخارج من المبدد للدخول مرة ثانية.

يجب أن يكون المبدد الحراري ملتصقاً بسطح الدايود تماماً، أن حرارة الدايود أثناء العمل تعتمد على كفاءة المبدد الحراري وعلى كمية الحرارة التي ينتجها الدايود وأيضاً على درجة حرارة النظام ولا يمكن لأي مبدد حراري أن يحفظ درجة حرارة الدايود إلى أقل من درجة حرارة النظام لأن الهواء الذي يدفع بين عواميد المبدد الحراري مأخوذ من النظام نفسه. أحد أسباب ارتفاع درجة حرارة الدايود هو وجود الأتربة داخل المبدد الحراري مما يمنع الهواء من المرور فيه ويسمح بارتفاع درجة الحرارة ومن المفيد تنظيف المبدد الحراري من الداخل.

2. مروحة التبريد:

عملها هو دفع الهواء بين العواميد المعدنية للمبدد الحراري بحيث يمكن تبديد قدر أكبر من الحرارة، وقد يستعمل المبدد الحراري بدون مروحة تبريد وهذا يقلل التكلفة ويجعل الدايود غير معرض للتلف بسبب توقف المروحة عن العمل ولكن استعمال المروحة يجعل التبريد أفضل ، كما موضح في شكل(2).



الشكل (2) يوضح المبدد الحراري

اسم التمرين: صيانة منظومات التبريد . **رقم التمرين:(19)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- التعرف على انواع المنظومات المستعملة في تبريد منظومة الليزر.
- التعرف على المكونات الاساسية لمنظومة التبريد.
- صيانة منظومة التبريد الملحقة.
- معرفة العوامل الاساسية المؤثرة على كفاءة المنظومة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- منظومة تبريد موجودة في المختبر.
- سائل تبريد او منظومة لتقطير الماء.
- ادوات وعدد الكترونية.

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

2 تأكد من منسوب سائل التبريد او الماء غير الأيوني داخل منظومة التبريد، لتجنب ارتفاع درجة الحرارة في حالة نقصان مستوى السائل. يجب استعمال سائل خاص بالتبريد او ماء غيرأيوني لتجنب مشاكل التوصيل الكهربائي أثناء دورة التبريد.

3 الحفاظ على معدل جريان ثابت لسائل التبريد أثناء تشغيل منظومة الليزر وذلك لتجنب الاهتزازات الناتجة وتاثيرها على الخرج الليزري.

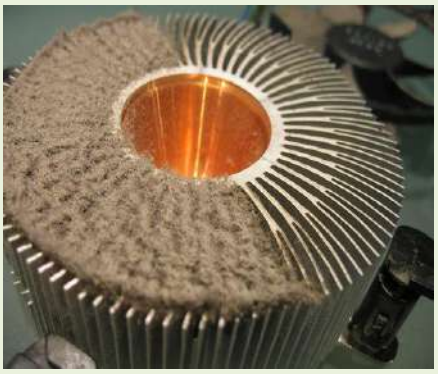
4 احرص على معاينة التوصيلات من منظومة التبريد الى منظومة الليزر وبالعكس وخلوها من اي تسريب لانه يؤثر على كفاءة التبريد.

5 ضبط معدل ضغط سائل التبريد بالقيمة التي تتناسب مع الانابيب المستعملة وذلك لتجنب تلف انابيب التوصيل و(الواشرات).

6 تأكد من عمل ضاغطة غاز التبريد داخل منظومة التبريد التي تقوم بتيريد الماء بصورة جيدة، وفي حالة ارتفاع درجة الحرارة او نقصان الكفاءة فالسبب يعود الى وجود تسريب في غاز التبريد اوعدم عمل الضاغط بشكل جيد.

7 احرص على وضع منظومة التبريد في مكان مفتوح ووجود مكان للتهوية لزيادة كفاءة المنظومة ويحصل تبادل حراري بشكل جيد.

8 اما في حالة أجهزة التبريد بالهواء فان أحد أسباب ارتفاع درجة الحرارة هو وجود الاتربة والغبار داخل المبدد الحراري مما يمنع الهواء من المرور فيه ويسمح بارتفاع درجة الحرارة كذلك يجب التأكد من عمل المروحة بشكل جيد وعدم وجود اهتزازات عالية .



الاسئلة

س1:عرف مايلي:

التبريد، درجة الحرارة، المبدد الحراري، الحرارة.

س2:علام تتوقف عملية انتقال الحرارة بين مادتين وضح ذلك ؟

س3: ما الطريقة المتبعة في تبريد ليزرات اشباه الموصلات؟

س4: ما فائدة المبدد الحراري ؟

س5: ما فائدة مروحة التبريد في المبدد الحراري؟

س6: من اي مادة عادة يصنع المبدد الحراري ؟

س7: في هذا التمرين، لماذا يجب علينا الحفاظ على معدل جريان ثابت أثناء تشغيل منظومة الليزر؟

س8: هناك نوعان من الاجهزة تستعمل الية التبريد،اذكرهما ؟

س9: تتألف الدورة المبسطة لألة التبريد الهوائية من اربعة عناصر رئيسة ،اذكرهم؟

س10: ما مكونات ألة التبريد بالامتصاص؟

س11: في هذا التمرين، لماذا يجب علينا ان نحرص على معاينة التوصيلات من منظومة التبريد الى منظومة الليزر وبالعكس وخلوها من اي تسريب؟

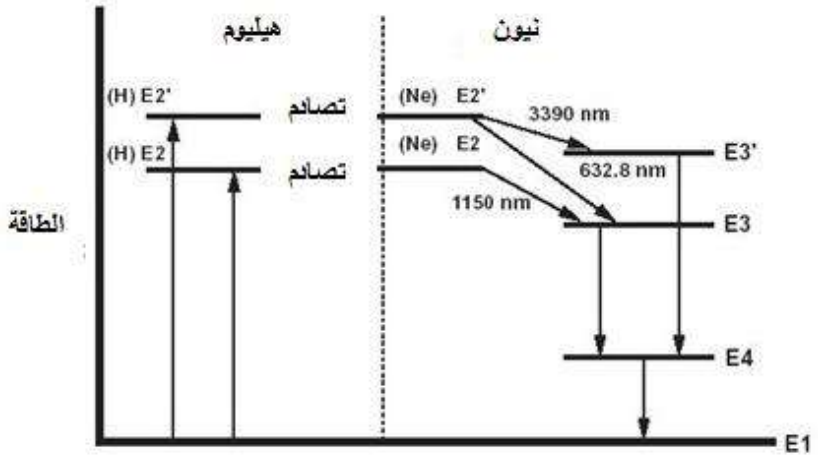
استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة منظومات التبريد .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة ليزر هيليوم – نيون
Helium-Neon Laser System(He-Ne Laser) maintenance

وهو من الليزرات الغازية، ويتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من خليط من غـــاز النيون وغاز الهيليوم بنسبة 10:1 . يوضع الخليط في انبوبة مغلقة وتحت ضغط واطئ وتتم عملية الضخ بوساطة تسليط فرق جهد عال يقدر بعدة الآف من الفولطات (V) وتيار قليل (عدة ملي امبير mA) يسلط بين الكاثود والانود لاحداث عملية التفريغ الكهربائي. تتم العملية بتصادم الالكترونات (الناتجة عن مرور التيار بوساطة التفريغ الكهربائي) مع ذرات الهيليوم حيث تتهيج الى مستوى الطاقة n=4 ولكون مستويات الطاقة العليا للهيليوم تجاور (تقارب) المستويات العليا للنيون، بذلك يمكن للطاقة ان تنتقل من ذرات الهيليوم الى ذرات النيون نتيجة اصطدامها بها لتنقلها من المستوى الارضي الى مستوى اعلى n=3 وبهذا يتم تحقيق التوزيع المعكوس لذرات النيون. عندئذ يحصل الانبعاث المحفز في المستوى n=3 لذرة النيون لتنتقل الذرة الى المستوى n = 2 باعثة حزمة الليزر ذات اللون الاحمر بطول موجة 633 نانومتر(nm) كما موضح في الشكل (1).

وتهبط الذرات بصورة سريعة وتلقائية الى المستوى n=1 وقد تهبط الذرات الى المستوى الارضي عن طريق تصادمها مع جدران الانبوبة.

تعد كفاءة هذا الليزر واطئة جدا ولا تتعدى اقصى قدرة يمكن الحصول عليها من هذا النوع من الليزرات بحدود (50mW)، اما استعمالاته فتكون كثيرة جدا وبخاصة في عمليات الترصيف في الانشاءات وبناء الطائرات والسفن ومد الانابيب النفطية وشق الطرق والجسور ويستعمل ايضا لاغراض قراءة الرموز. وكل هذا يعود الى طوله الموجي المرئي وانفراجيته الصغيرة وتشاكهه العالي.



الشكل (1) مستويات الطاقة لليزر هيليوم – نيون

- **تركيب الجهاز:**

يتكون الجهاز من انبوبة من زجاج الكوارتز بها خليط من غازي الهيليوم والنيون بنسبة 10:1 تحت ضغط (0.6mm Hg) ، ومرآتان مستويتان متوازيتان ومتعامدتان على محور الانبوبة إحداهما عاكسة والأخرى شبه منفذة بالإضافة إلى مجال كهربائي عالي التردد أو فرق جهد عالي مستمر يسلط على الغاز داخل الانبوبة لإحداث تفريغ كهربائي وإثارة ذرات الغاز كما في الشكل (2).

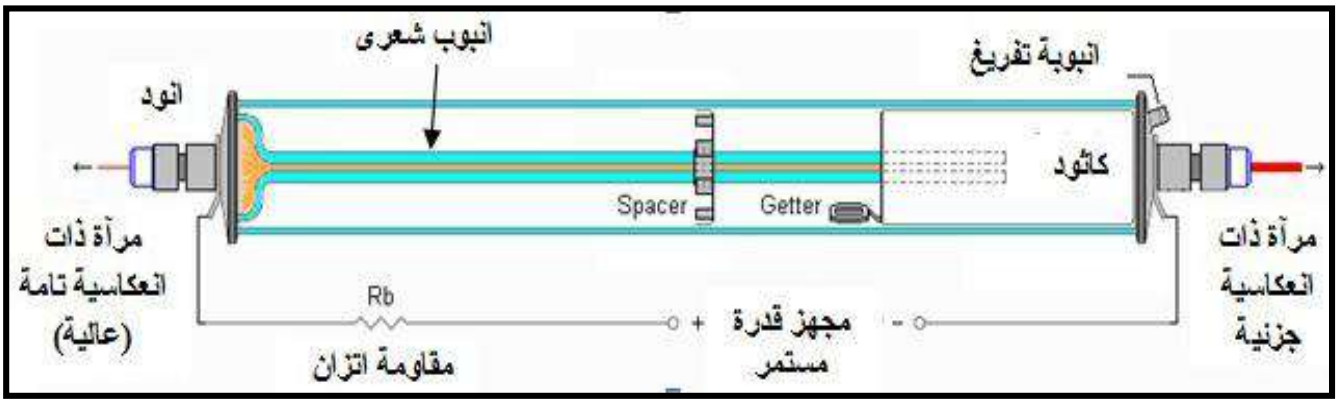
- **عمل الجهاز:**

1. يعمل فرق الجهد المسلط على إثارة ذرات الهيليوم إلى مستويات طاقة أعلى.
2. عند تصادم ذرات الهيليوم المثارة مع ذرات النيون غير المثارة تحدث إثارة لذرات النيون ويتحقق وضع التوزيع المعكوس لذرات النيون حيث تتراكم في مستوى الإثارة شبه المستقر (فترة العمر له كبيرة نسبيا حوالى (0.001s)).
3. تهبط بعض ذرات النيون تلقائيا إلى مستوى ادنى وتنتج فوتونات طاقتها تساوى الفرق بين طاقتي المستويين تقوم بحث ما بقى من ذرات النيون في المستوى شبه المستقر لكى يحدث انبعاث مستحث.
4. تحدث انعكاسات متكررة تبادلية للفوتونات التي تتحرك موازية لمحور الانبوبة على المرآتين في نهايتي الانبوبة (التجويف الرنيني) فيحدث تضخيم لهذا الإشعاع.
5. عندما تصل شدة الإشعاع إلى حد معين يخرج جزء منه من خلال المرآة شبة المنفذة على شكل شعاع ليزر ويبقى باقي الإشعاع داخل الانبوبة لتستمر عملية الانبعاث وإنتاج الليزر.
6. ذرات النيون تعود لتثار بالتصادم مع ذرات الهيليوم التي بدورها تثار بفعل التفريغ الكهربائي داخل الانبوبة وهكذا..

أما كون ليزر هيليوم- نيون سيتذبذب بهذا الانتقال او بذاك فيعتمد على اختيار مرايا المرنان ولتذبذب طول موجة معينة. يستعمل طلاء المرآتين بحيث يكون لهما أعظم قدرة أنعكاسية عند طول الموجة المطلوب .

ان القدرة الخارجة لشعاع الضوء المرئي من أنبوب تفريغ اسطواني الشكل بطول متر واحد وقطر (6mm) تكون في حدود (0.1W) .ان معظم انابيب ليزر هيليوم- نيون المختبرية تكون بقطر يتراوح بين 1 الى 6mm وبطول يقع بين 15 الى 20cm فقدرة النتاج لاتتجاوز (1mW).

على غرار استعمال ذرة الغاز النادر النيون لتوليد اشعة الليزر كذلك تم استعمال غازات نادرة اخرى كالكربتون والاركون والزينون بنفس الطريقة للحصول على الليزر . لهذا السبب تعمل معظم ليزرات هذه الحالة في المدى الاحمر او قرب ألاشعة تحت الحمراء (10µm).



الشكل (2) يوضح مكونات انبوبة ليزر هيليوم – نيون

اسم التمرين: صيانة ليزر هيليوم – نيون . **رقم التمرين:(20)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- كيفية ضبط ليزر هيليوم – نيون.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- انبوبة ليزر هيليوم - نيون.
- ليزر تجريبي.
- مجهز قدرة.
- مجموعة المرايا.
- نافذة بروستر الزجاجية.
- كيبل للفولطية العالية وكيبل ارضي.
- ورق خاص للتنظيف.
- شاشة.
- سكة ضوئية.

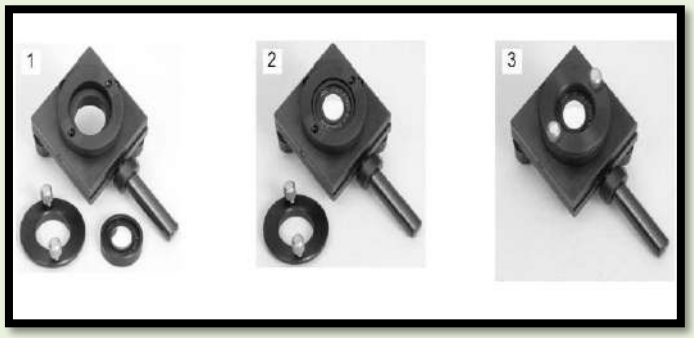
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

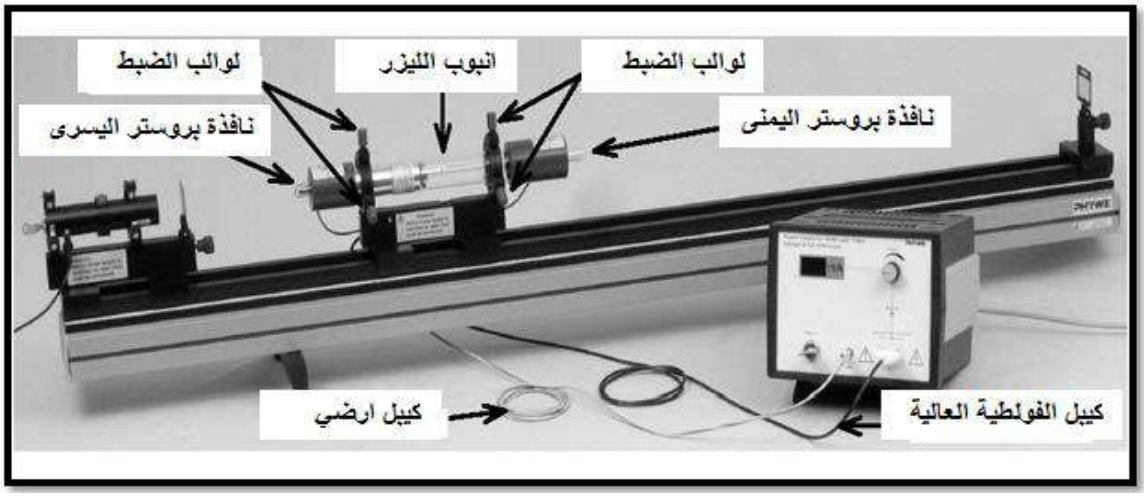
1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

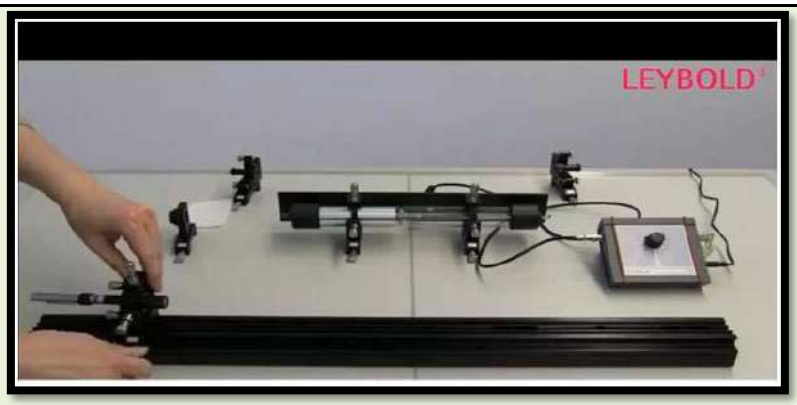
2 ضع المواد المستعملة لضبط ليزر هيليوم – نيون على منضدة وهي: الليزر التجريبي ، السكة الضوئية ، القزحية ، المرآتين اليمنى واليسرى، الشاشة ، ورق خاص للتنظيف، كما في الشكل.



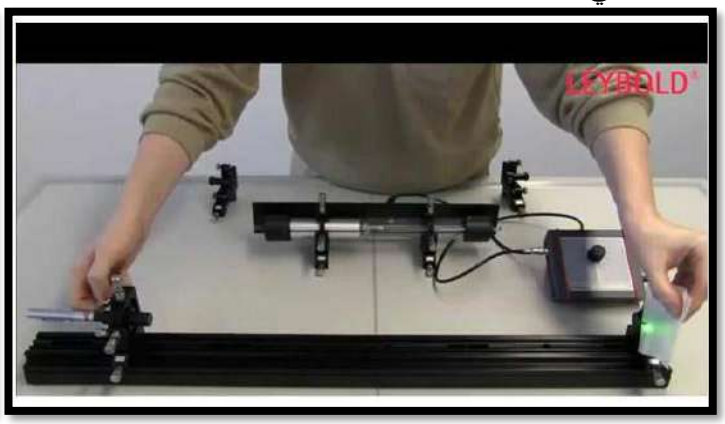
3 مكونات ليزر هيليوم – نيون هي : انبوبة الليزر، نافذة بروستر اليمنى واليسرى، لوالب الضبط، مجهز قدرة عالي الفولطية ، كيبل عالي الفولطية، كيبل ارضي، كما في الشكل.



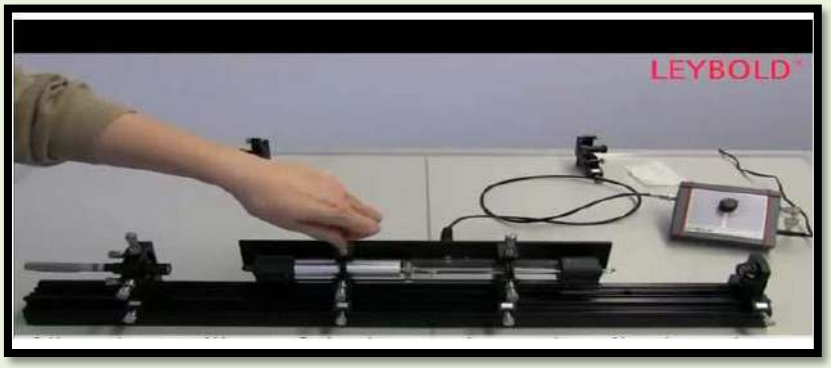
4 ضع الليزر التجريبي فوق السكة الضوئية، وقم بتثبيته ثم شغله، كما في الشكل.



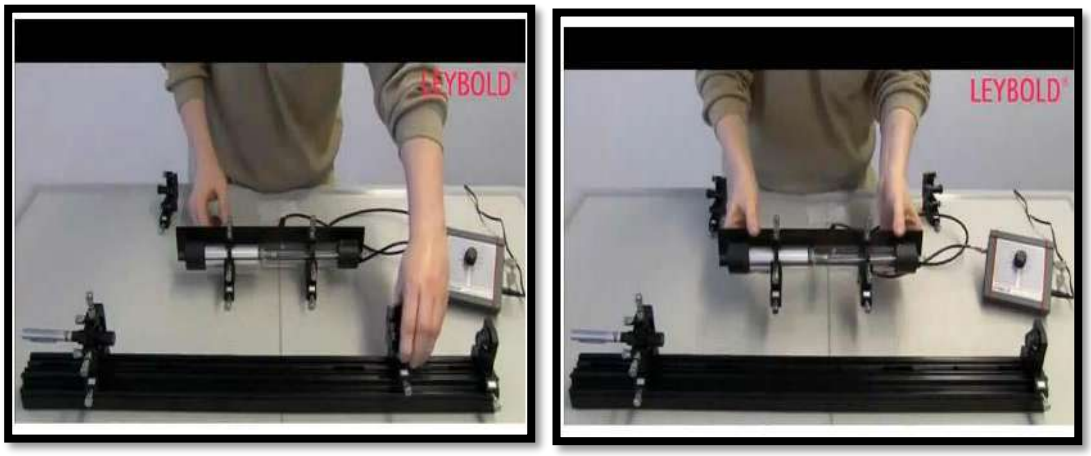
5 ضع القزحية فوق السكة الضوئية ثم اضبط شعاع الليزر التجريبي ليمر من خلال القزحية ، كما في الشكل.



6 ضع انبوبة الليزر على السكة الضوئية ، وقم بتثبيتها ثم اضبط الانبوب الشعري لانبوبة الليزر الى شعاع الليزر التجريبي ، كما في الشكل.



7 قم بازالة انبوبة الليزر من السكة الضوئية واضافة المرآة اليمنى وتثبيتها بحيث يكون الشعاع المنعكس عنها بمحاذاة الشعاع الساقط ويتجه نحو مركز الليزر التجريبي، كما في الشكل.



8 قم باضافة المرآة اليسرى، ولاحظ الانعكاسات المتعددة في المركز عن طريق ضبط المرآة اليمنى ولاحظ اهداب التداخل الناتجة من الانعكاسات المتعددة ، كما في الشكل.

9 قم بايقاف تشغيل الليزر التجريبي ثم ضع انبوبة الليزر مرة اخرى داخل التجويف وادر برفق لوالب الضبط حتى نحصل على شعاع الليزر، كما في الشكل.

10 قم بتنظيف المرآة باستعمال الاسيتون او الايثانول ، اثن ورقة رقيقة خاصة بتنظيف العدسات والمرايا دون لمس المنطقة في المنتصف، ثم بلل هذه الورقة بالمذيب وامسح الغبار والاوساخ، كما في الشكل.

الاسئلة

س1: مم يتكون الوسط الفعال لليزر هيليوم – نيون؟
س2: هل ان ليزر هيليوم – نيون من ليزرات الحالة الصلبة أم من الليزرات الغازية؟
س3: هل ان كفاءة ليزر هيليوم – نيون عالية جدا أم واطئة جدا؟
س4: ما ذا يحصل عند تصادم ذرات الهيليوم المثارة مع ذرات النيون غير المثارة؟
س5: أذكر اسمين لغازين نادرين آخرين بالاضافة الى غازي النيون والهيليوم؟
س6: تحت اي ضغط يكون خليط غازي الهيليوم والنيون؟
س7: ما لون ليزر هيليوم – نيون؟
س8: اذكر ثلاث استعمالات عملية الى ليزر هيليوم – نيون؟
س9: ما طول موجة ليزر هيليوم – نيون؟
س10: ما هي حدود اقصى قدرة يمكن الحصول عليها من ليزر هيليوم – نيون؟
س11: ما نسبة خليط غازي الهيليوم والنيون؟
س12: كيف تثار ذرات الهيليوم؟
س13: في هذا التمرين، اذكر اسماء المواد المستعملة لضبط ليزر هيليوم-نيون؟

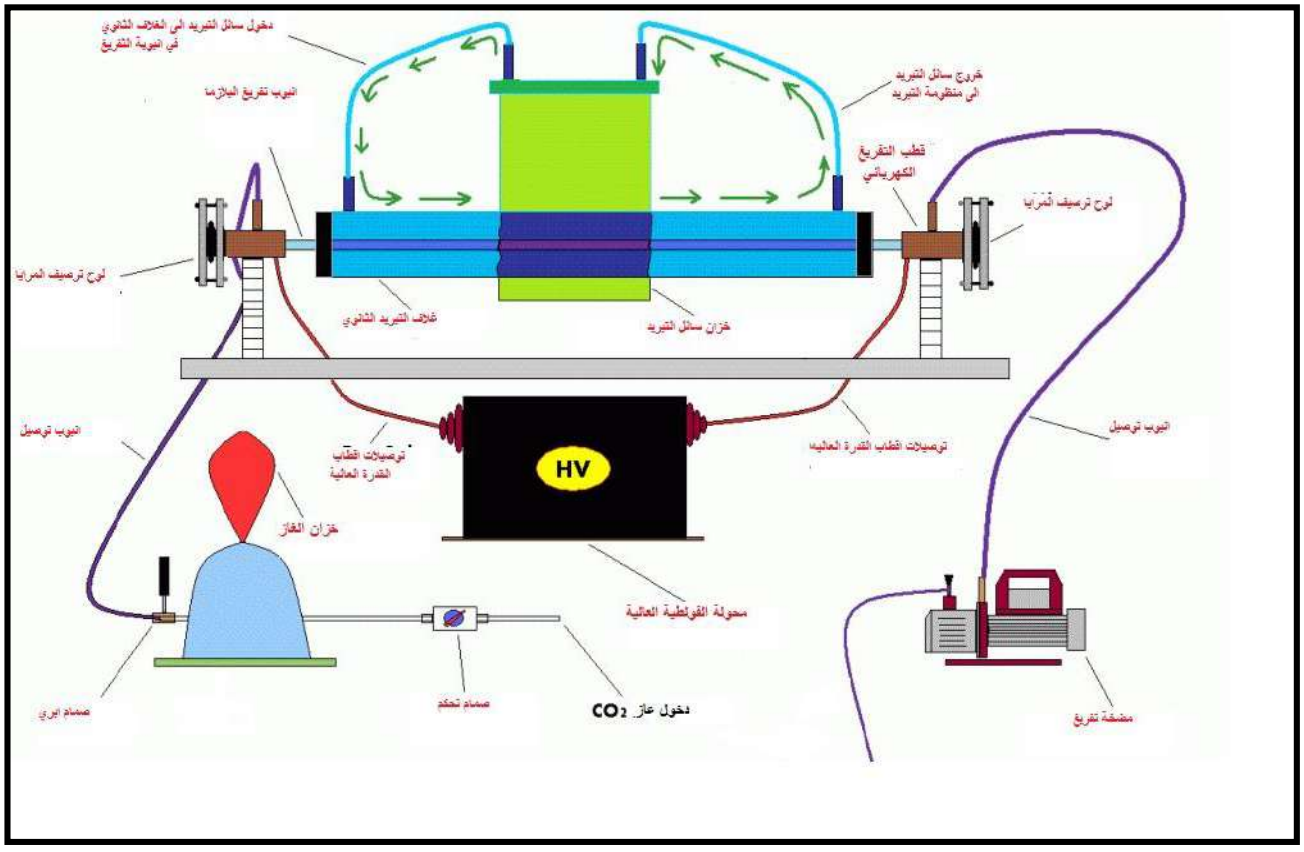
استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة ليزر هيليوم – نيون .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون
Carbon Dioxide laser (CO_2 laser) maintenance

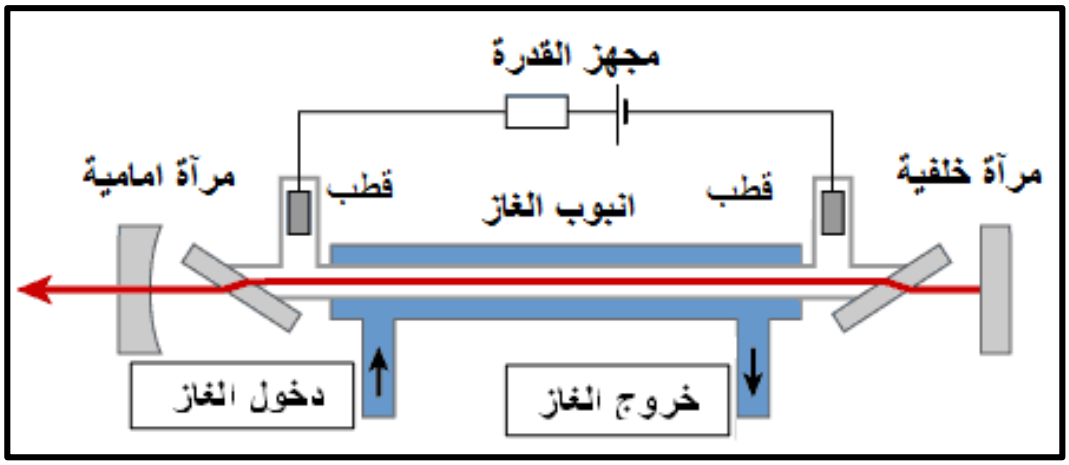
ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون CO_2:

تعريفه: هو ليزر يتكون من خليط من الغازات ويتم تكبير الضوء بوساطة جزيئات ثنائى اوكسيد الكاربون.

ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون هو ليزر يحوي على خليط من الغازات كماده فعالة والتى تحوي على ثنائى اوكسيد الكاربون (CO_2) والهيليوم (He) والنيتروجين (N_2) . في مثل هذا النوع من الليزر تتم عملية الضخ كهربائيا عن طريق تفريغ الغاز gas discharge والتى يمكن تنفيذها على تيار مستمر او تيار متناوب حيث ذرات النيتروجين تتم اثارتها بوساطة هذا التفريغ وتنتقل الى المستوى المهتز وشبه المستقر meta stable vibrational level وعندما تتصادم مع جزيئات ثنائى اوكسيد الكاربون تنقل اليها طاقة الاثارة أمـــا الهيليوم فيميل الـــــى ان يشغل مستوى الاقل طاقة (the lower laser level).



الشكل (1) يوضح مخطط للاجزاء الرئيسة لمنظومة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون



الشكل (2) يوضح تركيب جهاز ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون ، انبوبة الغاز التى تحوي على الماده الفعالة يتم ضبطها عند زواية بروستر ويتم ايضا تبريدها بالماء

ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون المثالي يشع عند طول موجي مقداره (10.6Mm) مايكرومتر ولكننا نحصل على خطوط طيف اخرى فى المنطقة ما بين 9 الى 11Mm مايكرومتر بالتحديد عند 9.6 مايكرومتر.في اغلب الاحوال متوسط القدرة التي تنتج من الجهاز تكون ما بين عشرات من الواط والكيلوواط (kW).

توجد أنواع مختلفة من أجهزة ليزر ثنائى أوكسيد الكاربون:

- اجهزة طاقتها تنحصر ما بين بضعة من الواط (W) الى مئات من الواط (W). وهذه الانواع تكون مدمجة وقوية وتصل فترة عمر تشغيلها الى عدة الاف من الساعات.
- اجهزة ذات الطاقة العالية ويتم فيها وضع الغاز فى فجوة ما بين قطبين كهربائيين electrodes وتتم عملية التبريد بوساطة الماء . الحرارة الزائدة يتم تحويلها الى القطبين الكهربائيين عن طريق الانتشار diffusion واذا كانت المسافة الفاصلة ما بين القطبين الكهربائيين اصغر من عرض اي قطب منهم من الممكن الحصول على طاقة خارجة تصل الى العديد من الكيلو واط.
- اجهزة ليزر مستعرضة وسريعة الانسياب ونحصل منها على العديد من الكيلو واط كطاقة خارجة. الحرارة الزائدة يتم التخلص منها عن طريق الانسياب السريع لخليط الغاز الموجود حيث يمر على مبرد خارجي قبل ان يتم اعادة استعماله فى عملية التفريغ.
- أجهزة ليزر غاز ثنائي اوكسيد الكاربون الديناميكي ونحصل منها على طاقة فى حدود (MW) ميكا واط ويتم الحصول عليها عن طريق التفاعل الكيميائي وليس عن طريق التفريغ الكهربائي.

أهم تطبيقات ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون:

ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون يستعمل على نطاق واسع فى العمليات على المواد material (processing) وبالتحديد في:

1. قطع المواد البلاستيكية والخشب مثلا وفى هذه الحالة نحتاج الى طاقة ما بين (20-200) واط (W).
2. قطع ولحام المعادن مثل الالمنيوم والنحاس عن طريق تطبيق عدة كيلو واط (kW).
3. التعليم والتحديد بالليزر laser marking.

وتطبيقات اخرى تتمثل فـــــــى العمليات الجراحية واخرى فـــى تحديد المسافات بالليزر(range finding) ونظرا للطاقة العالية الناتجة من اجهزة ليزر ثنائي اوكسيد الكربون وايضا الى الجهد العالى لذلك يجب ان ترفع درجة تحوطات الامان عند التعامل مع هذه الاجهزة.

اسم التمرين: صيانة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون. **رقم التمرين:(21)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- التعرف على تركيب ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون.
- المكونات الاساسية لمنظومة الليزر.
- صيانة منظومة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون.
- معرفة العوامل الاساسية المؤثرة على قيمة الخرج الليزري.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- منظومة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون.
- كاشف ضوئي ومقياس قدرة الخرج الليزري.
- غازات مع منظم خلط الغازات.
- ادوات وعدة الكترونية.

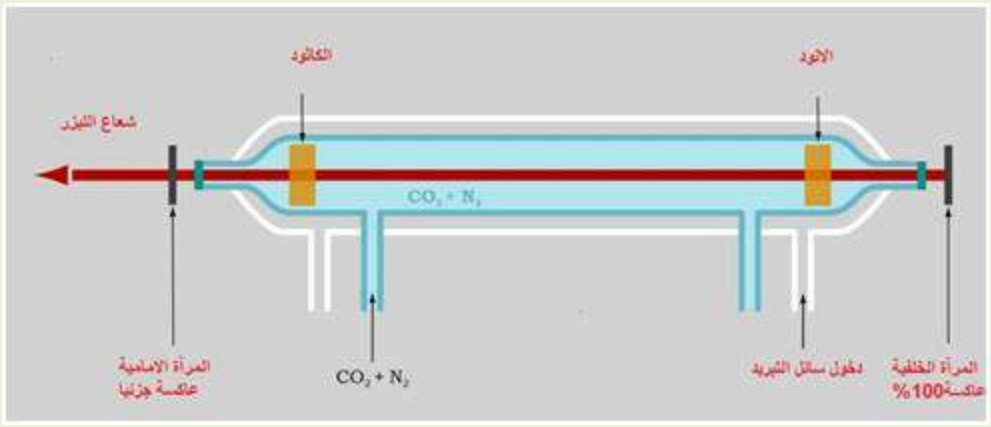
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

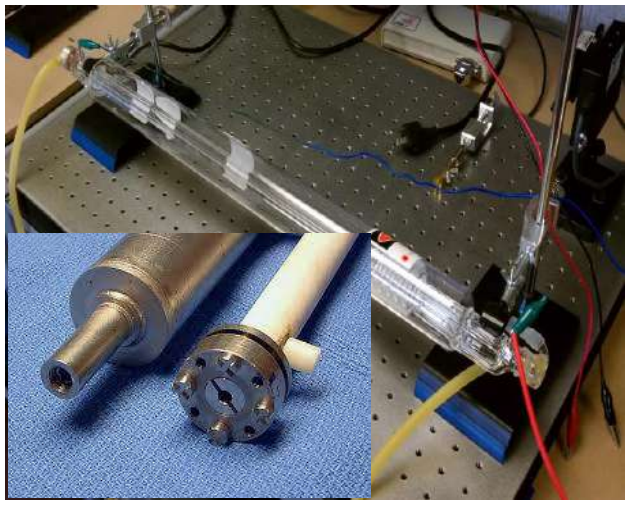
---

2 نظف انبوب التفريغ والمتكون من انبوبين داخلي للتفريغ الكهربائي والذي يحتوي على الخليط الغازي والخارجي الخاص بالتبريد.

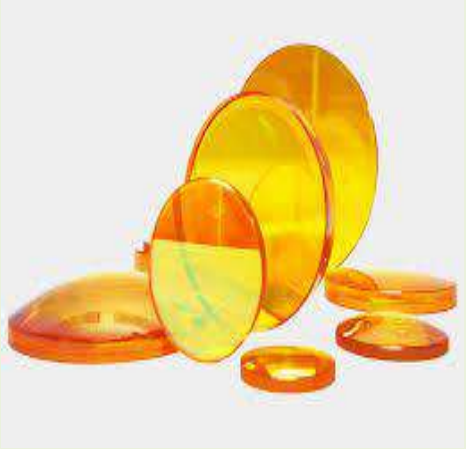


الشكل يوضح مقطع لانبوب التفريغ في ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون

3 تأكد من توصيل جميع توصيلات الغاز والتبريد.



4 قم بتنظيف مرايا المنظومة جيدا باستعمال منديل ورقي خاص للتنظيف (Tissue).



5 تاكد من تثبيت اقطاب التفريغ الرئيسة والتي تربط مباشرة الى مجهز القدرة عبر مقاومة تحديد التيار (تربط على التوازي) مع انبوب التفريغ ليعادل مقاومة الغاز السالبة.

الاسئلة

س1: عرف ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون؟

س2: ما طريقة الضخ المتبعة في ليزر CO_2 ؟

س3: ما الطول الموجي المثالي الذي يشع عنده ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون؟

س4: ما الانواع المختلفة لليزر ثنائي اوكسيد الكاربون ؟

س5: في اغلب الاحوال، ما متوسط القدرة التي تنتج من جهاز ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون؟

س6: ما اهم تطبيقات ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	**المرحلة: الثالثة**		**التخصص: قسم الليزر**	
اسم التمرين: صيانة ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون .				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		**التوقيع:**		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	**توقيع المدرب**		**توقيع رئيس القسم**	

صيانة ليزر نيديميوم – ياك
(Nd:YAG Laser Maintenance)

يعد ليزر النيديميوم - ياك من اهم ليزرات الحالة الصلبة والاكثر شيوعا واستعمالا ويتكون الوسط الفعال من بلورة الياك المطعمة بأيونات النيديميوم ثلاثي التكافؤ Nd^{+3} . الياك YAG حيث اشتق هذا الرمز من الاحرف الاولى من الاسم الكامل Yttrium Aluminum Garnet ورمزه الكيميائي ($Y_3AL_5O_{12}$) ان نسبة التطعيم هي (1.5%) ويمكن تشغيله بالنمط المستمر والنبضي.

الخواص الفيزيائية لبلورة الياك:

1. يتميز الوسط الفعال بامتلاكه صفات ميكانيكية ومقاومة عالية ضد التلف والكسر.
2. تمتلك البلورة صلابة كبيرة وخمولا كيمياويا.
3. تمتلك مقاومة كبيرة لحدوث عيوب نقطية بسبب تركيز اشعة الليزر.
4. تتصف بأنها سهلة الصقل .
5. تمتلك توصيلية حرارية جيدة مما يقلل من مشاكل التبريد في منظومة الليزر.
6. تمتلك معامل تمدد حراري صغير.

الضخ pumping:

أن الإجراءات العملية التي تتخذ لتامين توزيع معكوس تسمى بعمليات الضخ (pumping processes) وهي مثلا على شكل وميض ضوئي يتعرض له الوسط الفعال أو تفريغ كهربائي. ويتم اختيار الطريقة المناسبة لضخ الوسط الفعال.

الضخ البصري optical pumping:

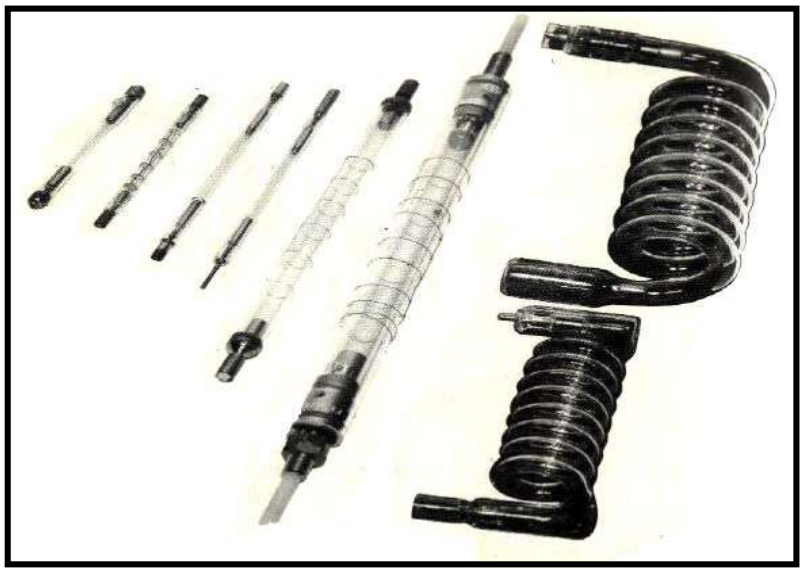
يعتمد وبشكل أساسي على نوع الوسط الفعال وخواصه، يستعمل الضخ البصري في ليزرات الحالة الصلبة اذ يسلط الطيف المنبعث من المصدر البصري (المصباح الوميضي) والذي يحوي على حزم طيفية مطابقة لحزم الامتصاص للوسط الفعال ليتم تهيج ذلك الوسط وهنالك اربع وسائل شائعة ممكن ان تستعمل للضخ البصري وهي:

1. مصابيح الغازات النبيلة (الوميضية) Noble Gas Lamps(Xe,Kr).
2. مصابيح بخار المعادن Metal Vapor lamps.
3. المصابيح السلكية Filament lamps.
4. ليزرات أشباه الموصلات Semiconductor Laser Diode.

من اهم هذه الوسائل شيوعا والتي سيتم تناولها في هذا التمرين هي:

الضخ بأستعمال مصابيح الغازات النبيلة (الوميضية) Noble Gas Lamps:

يعد من مصادر الضخ البصري الوميضية النبضي pulsed optical pump sources المستعمل في ضخ ليزر النيديميوم - ياك وهو عبارة عن أنبوب كوارتز وشكله خطي أو حلزوني يحوي على غاز الزينون او الكربتون بضغط (450Torr)، (300-700Torr) على التوالي. وعلى طرفيه توجد أقطاب المصباح والتي هي عبارة عن اجزاء من معدن التنكستن.



الشكل (3) بعض من أشكال المصابيح

يتميز مصباح الزينون بشدته العالية وتطابقه الطيفي الواطئ، لذا يستعمل بالتشغيل المتناوب، اما مصباح الكربتون فأنه يمتلك شدة واطئة وتطابق طيفي عالي لذا يستعمل بالتشغيل المستمر.

الجزء الكهربائي والالكتروني:

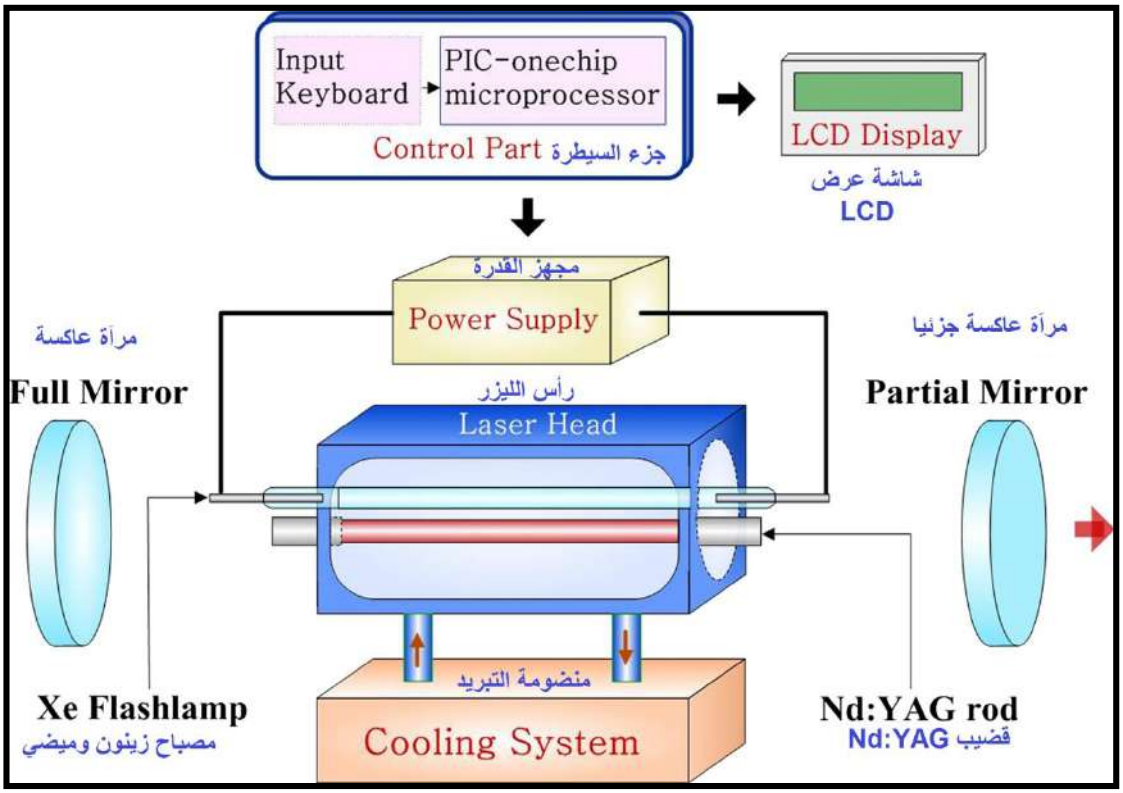
وهو الجزء المكمل لوحدة الضخ والذي يمد المصباح بطاقة كهربائية لتوليد الومضة المحفزة للوسط الفعال (ايونات النيديميوم) والذي بدوره ينقسم الى قسمين:

1. مجهز القدرة (Power Supply):

يستعمل في تسليط فولطية عالية (High Voltage) على قطبي المصباح السالب (cathode) والموجب (anode) وتكون قيمتها حسب طول وقطر المصباح. أن مجهز القدرة هذا يتغذى على فولطية من مصدر بطارية قيمتها(12V) يحولها إلى (1.5kV-2kV). وهنالك مجهزات قدرة نبضية (متناوبة) بفولطية متناوبة A.C.

2. دائرة القدح (Trigger circuit):

تستعمل لغرض كسر اصرة (مقاومة) الغاز في مصباح الضخ من اجل الحصول على تفريغ توهجي. اذ ان الفولطية المسلطة من مجهز القدرة على قطبي المصباح بحد ذاتها تكون غير كافية لكسر مقاومة الغاز(الغازات النبيلة) ولتشغيل المصباح لذلك فان دوائر القدح تعمل على أحداث انهيار(تأين اولي) للغاز وكسرمقاومته بين القطبين، لذا فإنها مهمة وعامل أساسي للحصول على التفريغ التوهجي والناتج من تفريغ الشحنة المخزونة في متسعة الشحن الرئيسية.



الشكل (4) يوضح منظومة ليزر النيديميوم - ياك Nd:YAG وملحقاته

اسم التمرين: صيانة ليزر نيديميوم- ياك **رقم التمرين:(22)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- التعرف على مبدأعمل ليزر النيديميوم – ياك.
- التعرف على مكونات منظومة ليزر النيديميوم – ياك وطريقة الضخ.
- معرفه اهم خصائص ليزر النيديميوم – ياك.
- حساب زمن نبضة الليزر الخارج.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- منظومة ليزر النيديميوم – ياك المختبرية.
- مجهز قدرة (Power Supply).
- مصباح الزينون Xenon lamp .
- راسمة اشعة مهبطية (اوسلوسكوب).
- كاشف ضوئي.
- مرايا للترصيف.
- منظومة التبريد.

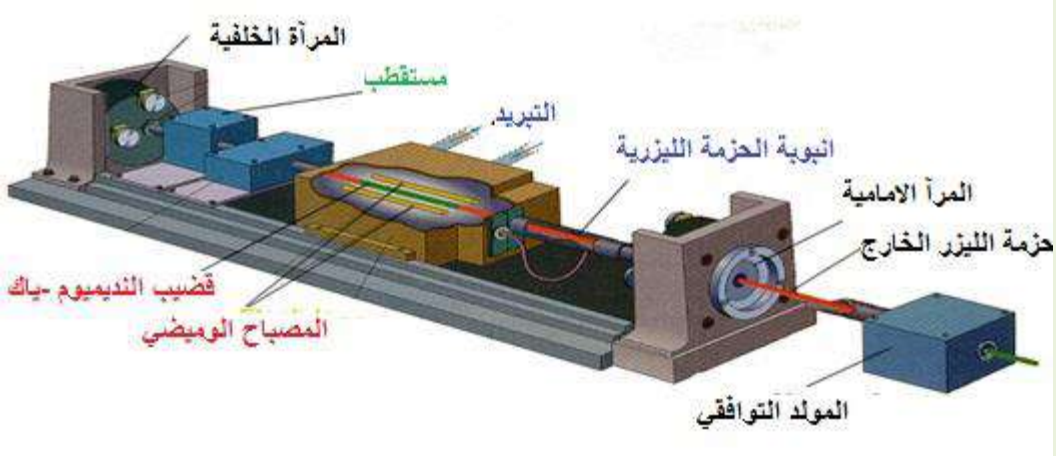
3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

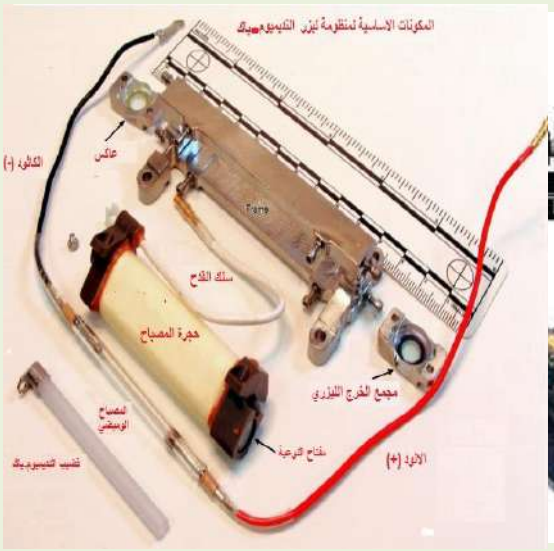
---

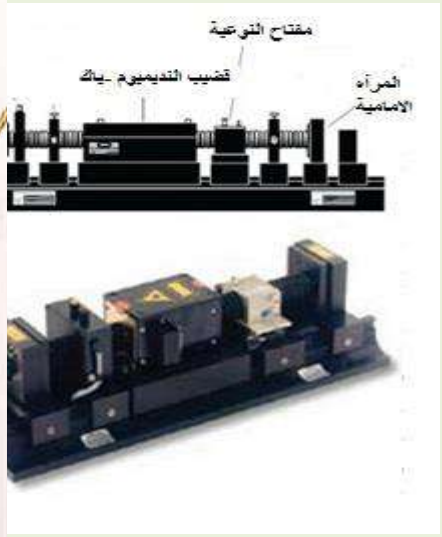
1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

---

2 المكونات الاساسية لمنظومة ليزر النيديميوم- ياك.







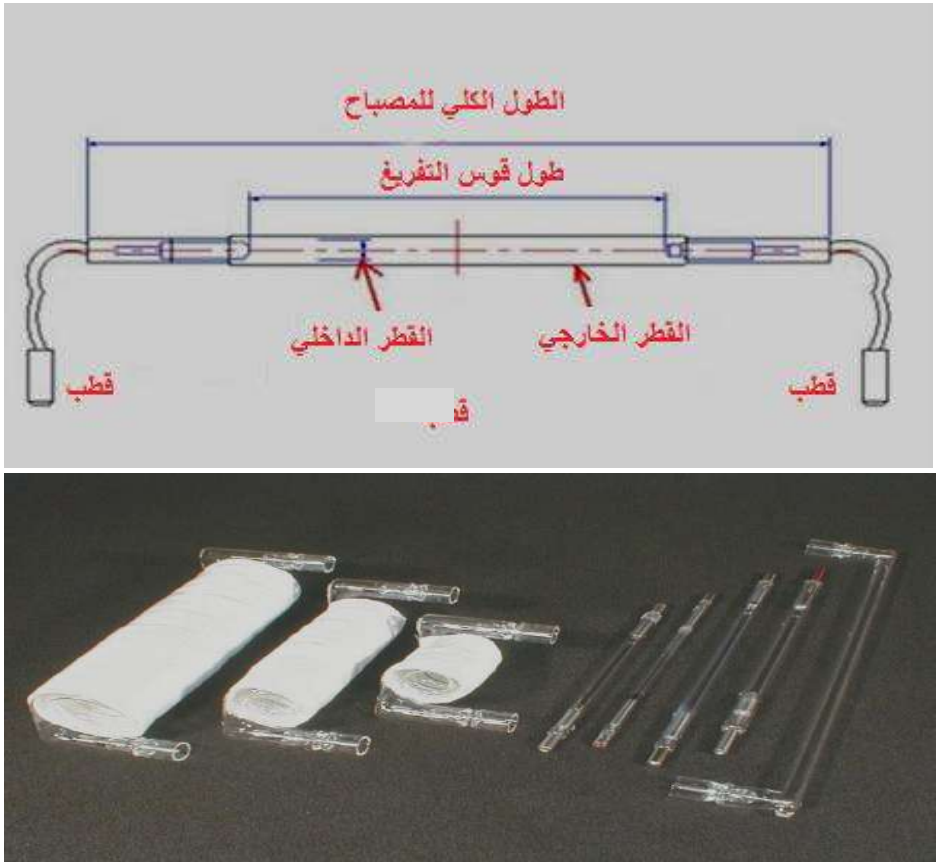
الشكل يوضح الاجزاء الرئيسة لمنظومة ليزر النيديميوم- ياك

3 هنا عزيزي الطالب يجب التعامل بعناية مع الوسط الفعال (قضيب النيديميوم- ياك) لانه قابل للكسر.

صور توضح نماذج من قضيب بلورة النيديميوم – ياك

4 تأكد من ربط مجهز القدرة والمنظومة كاملة الى القطب الارضي الموجود بالمختبر. وتأكد من الفولطية المجهزة عند قيمة العتبة لتشغيل المصباح .

5 تأكد من سلامة وعمل مصباح الزينون بصورة جيدة وقم بدراسة معلمات المصباح الوميضي من تجربة دراسة معلمات المصابيح الوميضية التي درستها سابقا.

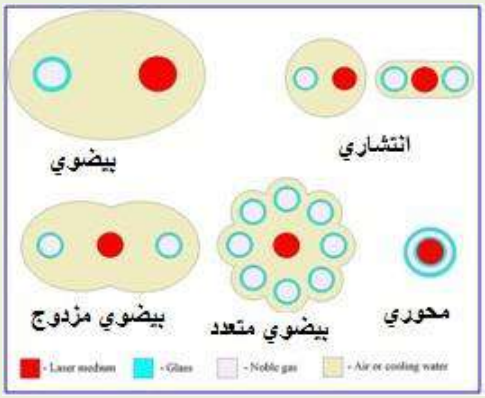


الشكل يوضح مخطط لمقطع المصباح الوميضي ونماذج مصورة

6 اختبر دائرة القدح للمصباح الوميضي وتعرف عليها من تجربة دوائر قدح المصابيح الوميضية التي درستها سابقا.

7 احرص على عمل منظومة التبريد الملحقة بالليزر بصورة جيدة وتوفير ماء غير ايوني للتبريد وذلك للحفاظ على عمر منظومة الليزر وكفاءة خرج الليزر وتقليل الخسائر الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة.

8 الاطلاع على انواع الحجرة البصرية وكما موضح بالشكل ادناه.



الشكل يوضح تخطيط لانواع الحجرات المستعملة في ليزر النيديميوم-ياك

9 قم بحساب زمن نبضة الليزر الخارج من خلال استخدام كاشف ضوئي وراسمة الاشعة المهبطية (اوسلوسكوب).

الاسئلة

س1: بأي نمط يمكن تشغيل ليزر النيديميوم- ياك؟
س2: ما نسبة التطعيم في ليزر النيديميوم –ياك؟
س3: اذكر الخواص الفيزياوية لبلورة الياك؟
س4: علام يعتمد الضخ البصري بشكل اساسي؟
س5: اذكر الوسائل الشائعة والتي يمكن ان تستعمل للضخ البصري؟
س6: ما أسم الغاز الذي يحتوية مصباح الزينون ؟
س7: الى كم قسم ينقسم الجزء الكهربائي والالكتروني الذي يمد المصباح الوميضي بالطاقة الكهربائية؟ اذكرهما.
س8: لماذا يجب التعامل بعناية مع الوسط الفعال في هذا التمرين؟
س9:لماذا نحرص على عمل منظومة التبريد الملحقة بالليزر بصورة جيدة وتوفير ماء غير ايوني للتبريد؟
س10: لماذا يستعمل غاز الزينون بالتشغيل المتناوب والكربتون بنمط التشغيل المستمر ؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب:	المرحلة: الثالثة	التخصص: قسم الليزر		
اسم التمرين: صيانة ليزر نيديميوم- ياك .				
الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		التوقيع:		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب	توقيع المدرب	توقيع رئيس القسم		

صيانة ليزر الصبغة
(Dye laser maintenance)

يعد ليزر الصبغة من الليزرات الذي يكون وسطها الفعال عبارة عن سائل عضوي متفلور يذاب او يحلل في محلول مثل الكحول عادة. وليزرات الحالة السائلة هي ضمن الليزرات رباعية مستويات الطاقة (Four energy levels).

ان اغلب ليزرات الحالة السائلة تقع ضمن المدى المرئي (Visible). الا ان ليزرات الحالة السائلة خطرة ويجب اخذ الحذر عند العمل بها او عند عملية بناءها وتصنيعها حيث ان منظوماتها تعمل عند فولطيات عالية. يتم ضخ ليزرات الصبغة عادة باستعمال مصابيح وميضية أو بوساطة شعاع ليزري آخر، لذلك تبعث حزمة عريضة من الاطوال الموجية وتعد من ليزرات التوليف (التنغيم).

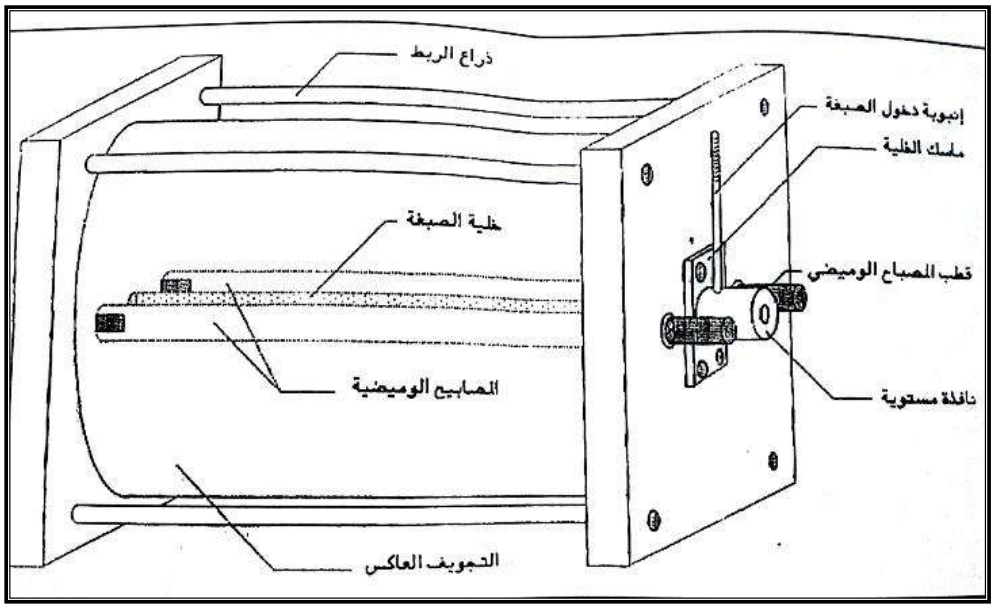
يكون شكل المصباح الوميضي المستعمل في عملية الضخ هذه اما خطي (linear) ويكون موقع المصباح الومضي محاذي للخلية الحاوية على السائل. او مصباح وميضي محوري الشكل (coaxial flash lamp) حيث يلتف حول الخلية الحاوية على السائل وكذلك يمكن استعمال مصباح وميضي على شكل صفيحة (Slab) مصنع من مادة زجاجية ذات معامل انكسار يختلف عن معامل انكسار الانبوب الحاوي علـــى السائل بحيث بالنتيجة يجب ان نحصل على انعكاس داخلي كلي (Total internal reflection) للضوء داخل التجويف وبذلك ينتج لدينا مسار ضوئي طويل داخل ذلك التجويف وهذا يؤدي الى عملية تضخيم جيدة للشعاع.

اما الضخ بوساطة ليزر نبضي حيث تكون انواع الليزرات المستعملة في هذا الخصوص هي مثل ليزر النايتروجين ذو الطول الموجي (377.1nm نانومتر) وليزر النيديميوم – ياك ذو التولد التوافق الثاني Second Harmonic Generation Nd:YAG ذو الطول الموجي (532 nm نانومتر) وكذلك ليزر الياقوت Ruby laser ذو الطول الموجي (694.3 nm نانومتر) بالاضافة الى ليزر الاكسايمر. وليزر الحالة السائلة الناتج سوف يكون ليزر متناغم ذو نبضة ضيقة جدا وبحزمة من الترددات ممتدة ما بين (190 nm نانومتر - 4.5μm مايكرومتر). اما الطاقات الناتجة يكون مداها من(10-100) mJ ملي جول بأمد نبضة (pulse duration) بحدود (10 ns نانوثانية).

اجزاء منظومة ليزر الصبغة الميكانيكية:

1. فلنجة عدد (2) محفور في كل منها اخدود دائري يستقر فيه العاكس وفي داخل كل منها فتحة في منتصفها خلية الصبغة.
2. لكل فلنجة فتحتين جانبيتين على طرفي الفتحة المركزية تخترقها المصابيح الوميضية الخطية التي تقع على جانبي خلية الصبغة حيث يتم ادخال الهواء المضغوط من خلال هاتين الفتحتين لتبريد المصابيح الوميضية.

3. تثبيت الفلنجة والعاكس باربعة أذرع لضمان قوة ربط المنظومة.
4. ماسكات الخلية وتكون هذه الماسكات مصنوعة من الزجاج البلاستيكي تسمح بالتحكم في مستوى خلية الصبغة لتسهيل عملية الترصيف الضوئي.
5. قطعة كبيرة من الزجاج البلاستيكي تحوي على عدة ثقوب لتثبيت فجوة الليزر عليها ثم اجراء التسليك الكهربائي من خلالها.
6. مجموعة حاملات للمرايا والاقطاب والشكل (1) يوضح اجزاء المنظومة.



الشكل (1) يمثل شكل تخطيطي لمنظومة ليزر الصبغة

اجزاء منظومة ليزر الصبغة البصرية:

1. العاكس:

وهو عبارة عن اسطوانة من الزجاج البلاستيكي مطلية من الداخل بمادة الالمنيوم الذي يمتاز بأنعكاسية عالية للاطوال الموجية المرئية المنبعثة من المصباح الوميضي.

2. خلية الصبغة:

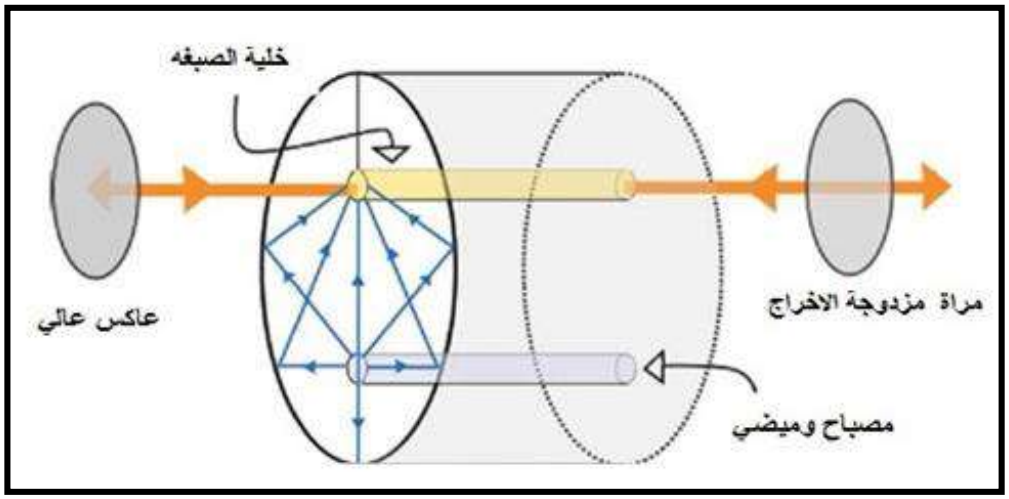
وهي عبارة عن زوج من الاسطوانات الزجاجية متحدة المركز احداهما من الكوارتز يجري فيها سائل الصبغة والثانية من زجاج البايركس الذي يعمل كمرشح.

3. المصباح الوميضي:

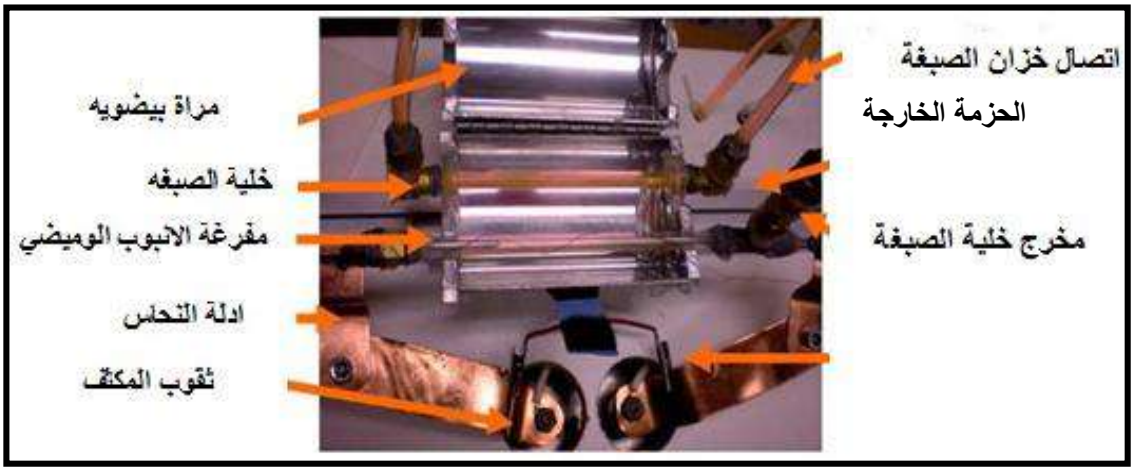
ويملأ بغاز الزينون الذي يعد من افضل الغازات من حيث كفاءته في تحويل الطاقة الكهربائية الداخلة الى طاقة ضوئية خارجة.

4. المرنان:

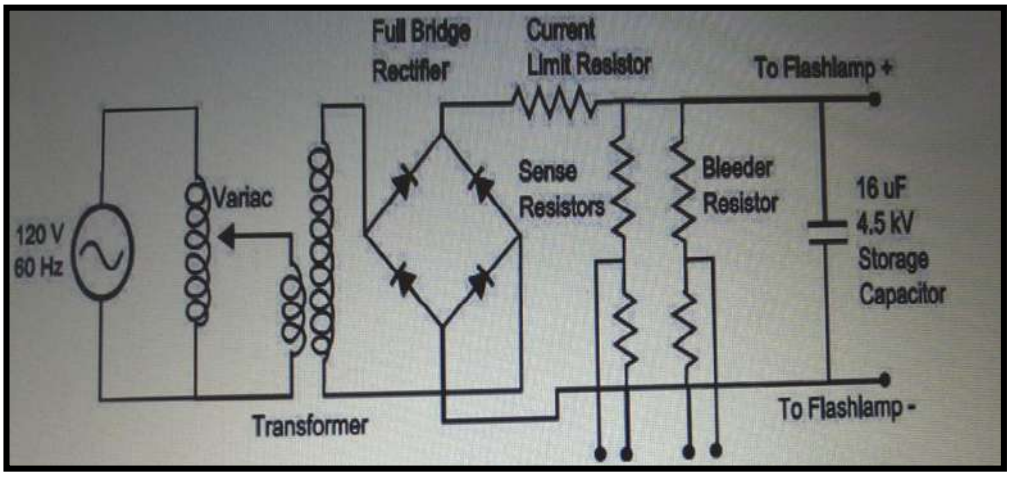
ويتكون المرنان قي المنظومة من مرأتين احداهما عاكسة كلياً ومقعرة والثانية مستوية وتكون المسافة بين المرأتين (35cm).

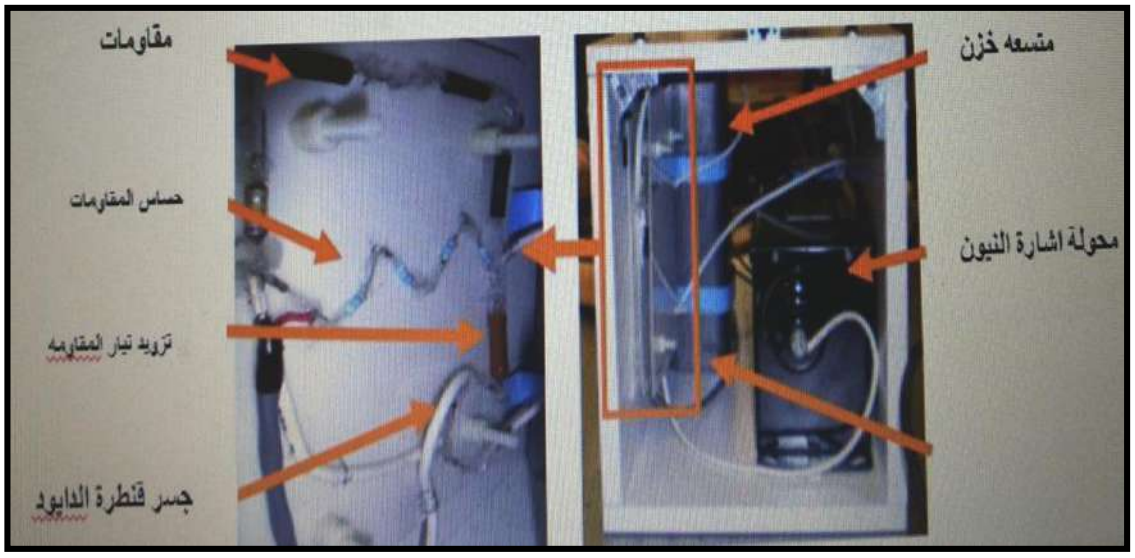


الشكل (2) مخطط لتجويف بيضوي بداخله خلية الصبغة ومصباح وميضي



الشكل (3) يوضح منظومة ليزر الصبغة





الشكل (4) مخطط شكل الدائرة الكهربائية التي تشمل المتسعة، الناقل، جسر القنطرة الكامل ، المقاومة

اسم التمرين: صيانة ليزر الصبغة (ليزر السائل) **رقم التمرين:(23)**

مكان التنفيذ: **الزمن المخصص:**

1- الأهداف التعليمية:
- تعريف الطالب بأجزاء منظومة ليزر الصبغة.
- كيفية صيانة منظومة ليزر الصبغة.

2- التسهيلات التعليمية (مواد ، عدد ، أجهزة):
- فلنجة عدد 2.
- مصباح وميضي.
- خلية الصبغة.
- زجاج بلاستيكي.
- مثقب.
- ماسكات.
- فولطميتر.
- حاملات مرايا.
- عاكس.
- مرنان.
- صبغة.

3- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، معيار الأداء ، الرسومات.

---

1 ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك مع مراعاة تحوطات الامان.

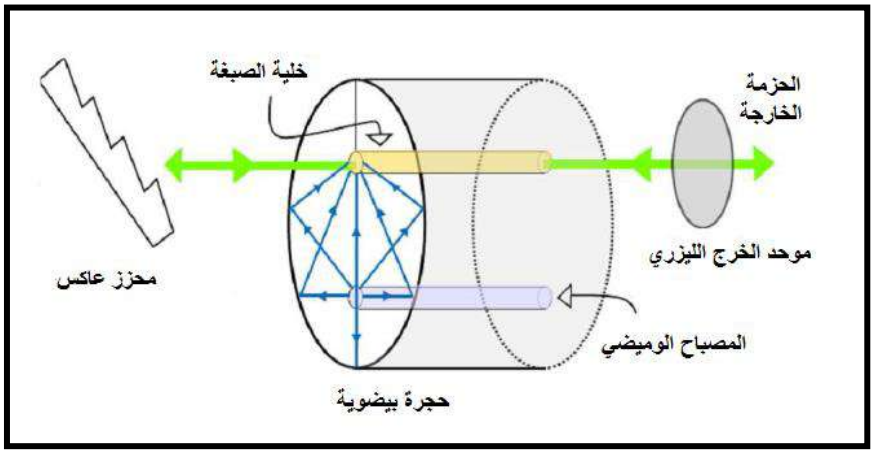
---

2 يجب ان تكون درجة حرارة المختبر ثابتة.

3 احفظ الصبغة في مكان شبه مظلم ، وبعيد عن متناول الايدي.

4 لا تعرض الصبغة لأشعة الشمس لكي لا تتحلل.

5 عند ترتيب فجوة الليزر التي تحوي على مصدر الضخ الضوئي (المصابيح الوميضية) وخلية الوسط الفعال تجنب الحرارة غير المنتظمة لمحلول الصبغة والتي تسبب تغير في خصائص شعاع الليزر الخارج.



6 يجب خذ الحذر عند التعامل مع عملية المنظومة لان منظوماتها تحوي على سوائل سامة مضرة للجلد وقد تكون مسرطنة . كما يجب التأكد من تأريض المنظومة الى أرضي المختبر بشكل.

يوضح الشكل صورة لمنظومة ليزر الصبغة مع مضخة تفريغ والحاويات الكهربائية والبصرية والمكونات الكيميائية

الاسئلة

س1: ما اجزاء منظومة ليزر الصبغة البصرية ؟

س2: ما الوسط الفعال لليزر الصيغة ؟

س3: لماذا يجب الحذر عند تصميم او بناء ليزر الصبغة ؟

س4: ما طرق ضخ ليزرات الصبغة ؟

س5: ما شكل المصباح الوميضي المستعمل في عملية ضخ ليزر الصبغة ؟

س6: كيف تكون وضعية المصباح الوميضي المحوري الشكل بالنسبة للخلية الحاوية على السائل؟

س7: هل يمكن استعمال مصباح وميضي على شكل صفيحة ؟

س8: ما الليزر المستعمل عند الضخ بوساطة ليزر نبضي ؟

س9: في هذا التمرين، لماذا يجب ان لا نعرض الصبغة لاشعة الشمس؟

س10: في هذا التمرين، لماذا يجب علينا اخذ الحذر عند التعامل مع عملية بناء المنظومة؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: قسم الليزر**				
اسم التمرين: صيانة ليزر الصبغة (ليزر السائل).				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
المجموع				
اسم الفاحص:		**التوقيع:**		
التاريخ:				
الدرجة الدنيا لاجتياز التمرين 60% واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي رسب فيها.				
توقيع المدرب **توقيع المدرب** **توقيع رئيس القسم**				

تم بعونه تعالی