دراسة تأثير بعض العوامل الجوية على انتقال لليزر Nd:YAG في الغلاف الجوي

عواطف صابر جاسم[1]، رشا شاهر بدوي[2] و ياسين حميد محمود[3]

[1]كلية التربية للبنات – جامعة تكريت
[2]قسم الفيزياء - كلية التربية – جامعة تكريت
[3]قسم الفيزياء - كلية العلوم – جامعة تكريت

الخلاصة

تم في هذا البحث دراسة تأثير بعض العوامل الجوية (درجة الحرارة ،الرطوبة باستخدام نوعين من المياه هي الماء المقطر وماء نهر دجلة) ومدى تأثيرها على انتقال الليزر باستخدام منظومة تتكون من الليزر Nd:YAG بطولين موجيين هما 1064 nm وبطاقة 88.3 mj و532 nm وبطاقة 40 mj و أيضا تتضمن المنظومة المستعملة للدراسة عدد من الأجهزة من أهمها خلية التوهين التي تم تصميمها في هذه الدراسة ومعرفة مدى تأثير هذه المؤثرات على أشعة الليزر بعد أن يقطع مسافة داخل خلية التوهين مقدارها 2m أن تأثير تغير درجات الحرارة على من الطولين الموجيين لليزر Nd:YAGالمستخدم في التجارب يؤدي إلى زيادة النفاذية مع ارتفاع درجات الحرارة لكل منهما إلى أن تصل النفاذية إلى حالة شبة مستقرة. استنتج من هذه الدراسة أن النفاذية لهذا الليزر المستخدم تقل مع الارتفاع في قيم الرطوبة النسبية وكذلك نلاحظ تأثير الرطوبة بواسطة ماء النهر تكون اكثر تأثيرا على نفاذية أشعة الليزر من الرطوبة بواسطة الماء المقطر يعزى السبب في هذا الفرق إلى كون ماء النهر يحتوي على العديد من المواد الذائبة.

الكلمات المفتاحية : الغلاف الجوي، الليزر، النفاذية، الامتصاصية، ليزر النيديميوم ياك، معامل التوهين، الرطوبة النسبية، درجة الحرارة وانتقال الليزر.

دراسة تأثير بعض العوامل الجوية على انتقال لليزر Nd:YAG في الغلاف الجوي

عواطف صابر جاسم، رشا شاهر بدوي و ياسين حميد محمود

The Study Impact of Some Atmospheric Factors on the Transmission Laser Nd: YAG in the Atmosphere

Awatif Saber Jasim[1], Rasha Shahir Badawi[2] and Yaseen H. Mahmod[3]

[1]Department of physics- College of Science - University of Tikrit
[2]Department of physics- College of Education - University of Tikrit
[3]Department of Physics- College of Science

[1]drawatif85@tu.edu.iq
[2]rasha.aljanaby@rocketmail.com

Received: 15 June 2017 Accepted: 11 September 2017

Abstract

In this research is to study some atmospheric factors (temperature, humidity using two types of water are distilled water and the water of the Tigris River) and its impact on the transmission of the laser. using system consists of laser Nd: YAG two wavelength 1064 nm and energy 88.3 mj and 532 nm the energy 40 mj and also includes the system used to study a number of devices from the most important cell attenuation that was designed in this study, and knowledge of the impact of these effects on the lasers after to cut the distance inside the cell attenuation of 2 m. Reached from this study that the effect of temperature change on all the tow wavelength used in the experiments lead to increased transmittance with high temperatures for all wavelength It also concluded that the transmittance of these lasers are used less with the rise in the values of relative humidity for all the wavelength used in the research because of the occurrence of spectrum of these laser within packages absorption of water vapor where we note the effect of humidity by river water to be more influential on the transmittance of the laser beams from moisture by distilled water attributed the reason for this difference to the fact that river water contains many dissolved substances.

Keywords: Atmosphere, Laser, transmittance, relative humidity, attenuation coefficient, ND YAG, temperature and Laser transmission.

المقدمة

تعد تقنية الليزر من اهم التقنيات الحديثة لمى لها من استعمالات واسعة وكثيرة في كافة المجالات [1] وخاصا في مجالات الاتصالات وتحديد سرعة حركة الأجسام المتحركة واتجاهها وفي مجالات كشف الرادار الليزري وفي مجالات الاستطلاع الجوي وذلك لمى لتلك الأشعة من خصائص ومميزات مقارنتا ببقية المصادر الكهرومغناطيسية الأخرى مثل التوحيدية (أحادية الطول الموجي) حيث يتميز الليزر بنقاوة اللون (الطيفية) تفوق أي مصدر ضوئي أخر لذا يوصف بانه أحادي الطول الموجي ، وفي الحقيقة فانه مكون من حزمة ضوئية ضيقة ذات طول موجي واحد تقريبا يسير الليزر مسافات كبيرة بحزمة ذات انفراجيه قليلة دون أن ينتشر أو يتلاشى التركيز والنقاوة الطيفية العاليين لأشعة الليزر[2].

الجانب النظري

عند انتقال الأشعة الكهرومغناطيسية خلال الغلاف الجوي فأنها تعاني من التوهين بسبب كل من عمليات الامتصاص والاستطارة والانعكاس من قبل مكونات الغلاف الجوي [3][4]، سواء كان انتشار الأشعة بمسار أفقي أو بمسار مائل [2]. تعد عملية الامتصاص في الغلاف الجوي واحدة من اهم عمليات التوهين بواسطة بعض مكونات الغلاف الجوي واهمها بخار الماء H_2O ، ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2 والأوزون O_3 بالإضافة إلى باقي المحتويات الغازية والجسيمية الموجودة في الجو ولكن اهم تأثير للامتصاص في الغلاف الجوي يعود إلى حزم امتصاص بخار الماء حيت يمتلك حزم امتصاص في مختلف الأطوال الموجية في المنطقة المرئية وتحت الحمراء. تعتبر عملية التوهين الناتجة من المحتوى المائي الموجود في الغلاف الجوي (المطر والغيوم وبخار الماء أو بشكل صلب مثل بلورات الثلج والجليد وغيرها) التي يعبر عنها بعدة أشكال منها الرطوبة النسبية والتي تمثل النسبة بين مقدار بخار الماء في عينة من الهواء على المقدار المطلوب لتتشبع تلك العينة بدرجة الحرارة نفسها من اهم عمليات التوهين في الغلاف الجوي وأكثرها تأثيرا حيث تعتبر عملية الامتصاص دالة لطول الموجي لليزر المستخدم .أما عملية الاستطارة فتحدث هي الاستطارة التي تحدث بجزيئات الغاز وذرات الغبار والدخان وغيرها من العوالق الجوية [2] ،ان عملية الاستطارة بالعوالق الجوية تعتمد على التركيب الجزيئي وحجم وشكل هذه العوالق [5]. تحدث عملية الاستطارة في الغلاف الجوي بعدد من الأنماط اعتمادا على حجم الجزيئات المسببة للاستطارة وكذلك الطول الموجي الأشعة المنتقلة. ان التشتت الجزيئي يحدث بعدد من العمليات قد تكون مرنة حيث لا يحدث تبادل بالطاقة مع الجزيئية او غير مرن حيث يحدث تبادل بالطاقة مع الجزيئة [6]، فقد قسم العلماء الاستطارة إلى استطارة رايلي التي تحدث عند اصطدام الأشعة الكهرومغناطيسية بجزيئات الجو التي أقطارها اصغر بكثير من الطول الموجي للأشعة الكهرومغناطيسية المستخدمة ويتناسب هذا التأثير عكسيا مع الأس الرابع لطول الموجي، استطارة ماي Mie scatter تنتج هذه الاستطارة في طبقات الجو السفلى من خلال جزيئات الغبار و الدخان وبخار الماء ويحدث عندما تكون أقطار الجزيئات الجوية مساوية الأطوال الموجات الكهرومغناطيسية المستعملة الاستطارة غير الانتقائية Nonselective scatter وهو النوع الثالث من الاستطارة ويحدث عندما تكون قطر الجزيئات المسببة للاستطارة اكبر بكثير من الطول الموجي المستعمل وخير مثال على هذا النوع من الاستطارة الناتجة عن قطرات الماء التي تتراوح أقطارها بين µm (5-100).هذه القطرات

تشتت كافة الموجات تحت الحمراء القريبة المتوسطة بالإضافة إلى عمليات الانعكاس التي تحدث عندما تكون أحجام الجزيئات المسببة للتوهين اكثر بكثير من الطول الموجي [4].أن عملية التوهين تعتمد على عدة عوامل هي تركيز المادة الممتصة و طول المسار الذي يقطعه الليزر داخل الوسط وأيضا عامل يعتمد على طبيعة المادة الفيزيائية عند مرور الإشعاع ذو شدة ($I_{\circ}$) خلال مادة فان بعض من شدة الإشعاع يمتص من قبل مادة الوسط ويصبح الشعاع المار خلال الوسط بشدة اقل (I) حسب قانون بير- لامبرت التالي:

$$I = I_{\circ} e^{-\alpha R} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 1$$

حيث أن R طول المسار الذي يقطعه الشعاع ، أماα فتمثل معامل التوهين للوسط [1] [7].

إن التوهين هو مجموع خسارتي الاستطارة والامتصاص وهذه الحقيقة توضح من خلال المعادلة التالية [8] :

α: معامل التوهين الكلي (total attenuation coefficient)

***a*:** معامل الامتصاص (absorption coefficient)

***S*:** معامل الاستطارة الكلية (total scattering coefficient)

يتبين من المعادلة بأن التوهين هو مجموع خسارتي الاستطارة والامتصاص

الجانب العملي وطريقة أجراء التجربة

تم بناء منظومة خاصة للدراسة تتضمن عدد من الأجهزة من أهمها خلية التوهين وهي عبارة عن صندوق مصنع بطريقة محلية من مادة الألمنيوم بسمك 0.3 mm و بأبعاد (طول 2 m، عرض1m، الارتفاع 0.8m) يحتوي هذا الصندوق على فتحتين دائريتين متقابلتين متوازيتين بقطر 5 cm أحداهما لغرض أرسال الليزر عبر هذه الفتحة داخل الصندوق والأخرى الاستقبال الليزر وقياس طاقته باستخدام متحسس الطاقة الخاص،كما تحتوي هذه الخلية على فتحات أخرى بشكل نافذة زجاجية محكمة بعرض (30 cm) لتسهيل عملية إدخال واستخراج الأجهزة أو العينات المستخدمة، كما تم طلاء جدران الخلية من الداخل بطلاء ذو لون اسود خاص لغرض امتصاص أشعة الليزر المشتت والتقليل من الانعكاسات الحاصلة .تحتوي هذه الخلية (الصندوق) على عدد من الأجهزة منها مسخن يتكون من قضبان تسخين مثبتة داخل الصندوق لتسخين ورفع درجة حرارة الهواء داخل الخلية التي يقوم بقياسها جهاز متحسس درجة الحرارة والرطوبة .وأيضا استخدم لليزر النيديميوم : ياك Nd:YAG بطولين موجيين هما 532nm،1064nm. يصنف ليزر النيديميوم _ياك من ليزرات الحالة الصلبة نسبة الى الوسط الفعال لهذا الليزر، يعد ليزر النيديميوم من اكثر اليزرات شيوعا يتكون الوسط الفعال لهذا الليزر من بلورات عقيق اليوتريوم المنيوم (Y3Al5O12) والتي تدعى (Yttrium aluminum garnet) والتي تدعى مختصرا بالياك (YAG) تعتبر مضيفة لايونات النيديميوم الثلاثية (Nd^{3+}) والمسؤولة عن انتقالات الليزر [9]. تقسم التجارب

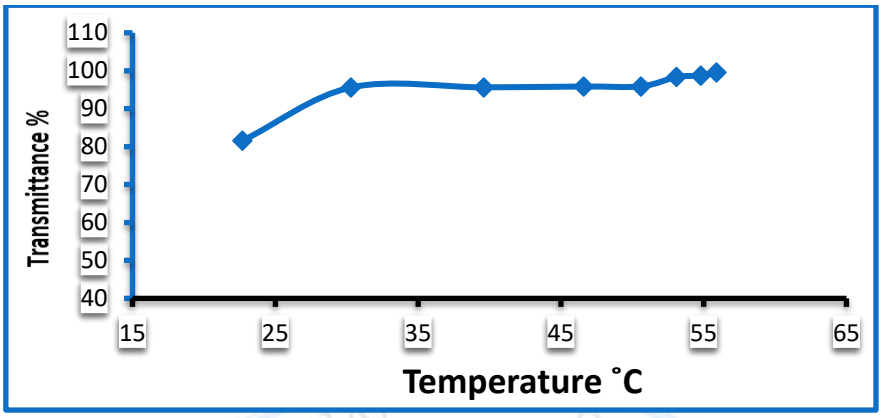
وطريقة أجراء التجارب حسب العامل المدروس إلى قسمين طريقة أجراء تجارب تأثير درجة الحرارة الأجراء التجارب نبدأ برفع درجة الحرارة تدريجيا حيث يمكن ملاحظة فرق في درجة حرارة خلية التوهين عن درجة حرارة الغرفة أما في داخل خلية التوهين فان درجة الحرارة تبدا بالزيادة تدريجيا في خلية التوهين يصاحبها تغير في الرطوبة داخل الخلية نفسها ،أما عملية القياس فتتم اخذ شدة الليزر من قبل (مقياس القدرة أو الطاقة حسب الليزر المستعمل) بعد كل 5 دقائق حيث تسجل كل من الشدة ودرجة الحرارة والرطوبة في الوقت نفسة يتم اخذ كل من الشدة من جهاز (مقياس القدرة أو الطاقة) ودرجة الحرارة والرطوبة من متحسس الرطوبة. أما طريقة أجراء تجارب الرطوبة تمت التجارب الرطوبة بنوعين من المياه هي الماء المقطر وماء مأخوذ من نهر دجلة وتحديدا عند منطقة (العلم) لتحويل هذه المياه إلى بخار ماء لتحويل هذه المياه إلى بخار ماء تم تسخينها بواسطة وعاء خاص إلى درجات عالية جدا تصل إلى درجة الغليان مع تغطية الوعاء لعدم تسرب البخار ومن ثم وبعد اخذ كل من درجة حرارة والرطوبة والشدة الابتدائية يتم إدخال الوعاء داخل خلية التوهين مع ترك الوعاء شبة مفتوح للحصول على تدرج للمتحسس في قياس الرطوبة وكذلك عدم تشبع الهواء ببخار الماء دفعة واحدة ومن ثم عدم الحصول على تدرج واضح في درجة الرطوبة النسبية، الهدف من تسخين الماء خارج المنظومة لضمان ثبوت درجة الحرارة ،تتم قراءة الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة بنفس متحسس الرطوبة ودرجة الحرارة المستخدم في دراسة تأثير الحرارة حيث يتم أيضا تسجيل الشدة.

النتائج و المناقشة

1- دراسة نتائج تأثير درجة الحرارة:

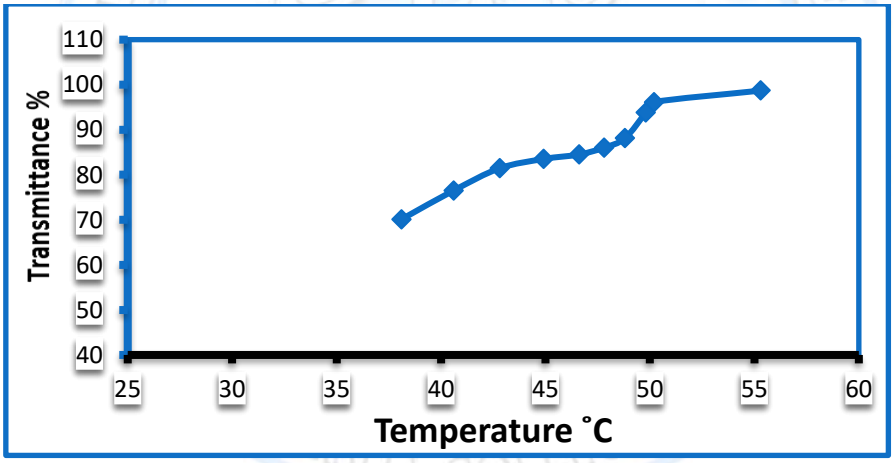
وبصورة عامة من الممكن ملاحظة تأثير ارتفاع درجات الحرارة على الليزر المستخدم في التجارب حيث يمكن ملاحظة زيادة النفاذية مع ارتفاع درجات الحرارة إلى أن تصل النفاذية إلى حالة شبة مستقرة، ويعزى تأثير درجة الحرارة على نفاذية أشعة الليزر إلى كون الهواء داخل الصندوق يتكون من خليط من الهواء الجاف وبخار الماء (الرطوبة) وان عملية رفع درجة الحرارة داخل الصندوق تؤدي إلى تقليل نسبة بخار الماء الموجود مع الهواء الذي يمتلك العديد من حزم الامتصاص الأشعة الليزر الداخلة إلى الصندوق بشكل تدريجي مع ارتفاع درجات الحرارة إلى أن تصل الرطوبة إلى إلى اقل قيمة حيث تكون (10%) فقط لتصبح ثابتة عند هذه القيمة دون تغير عند درجات الحرارة العالية (من 40 °C فما فوق) وهذا ما يفسر تزايد النفاذية بصورة تدريجية إلى أن تصبح شبة ثابتة ويمكن أدراج النتائج كما يلي

- تأثير ارتفاع درجة الحرارة على انتقال لليزر Nd:YAG بطول موجي 1064 nm وبشدة 88.6 mj ،من الملاحظ من الشكل التالي زيادة النفاذية مع ارتفاع درجة الحرارة



شكل 1: العلاقة بين درجة الحرارة والنفاذية باستخدام لليزر Nd:YAG بطول موجي 1064 nm

❖ تأثير ارتفاع درجة الحرارة على انتقال لليزر Nd:YAG بطول موجي 532 nm وبشدة ابتدائية 40 mj، نلاحظ من الشكل زيادة النفاذية مع ارتفاع درجة الحرارة عند درجات الحرارة اعلى من 35 ˚C.



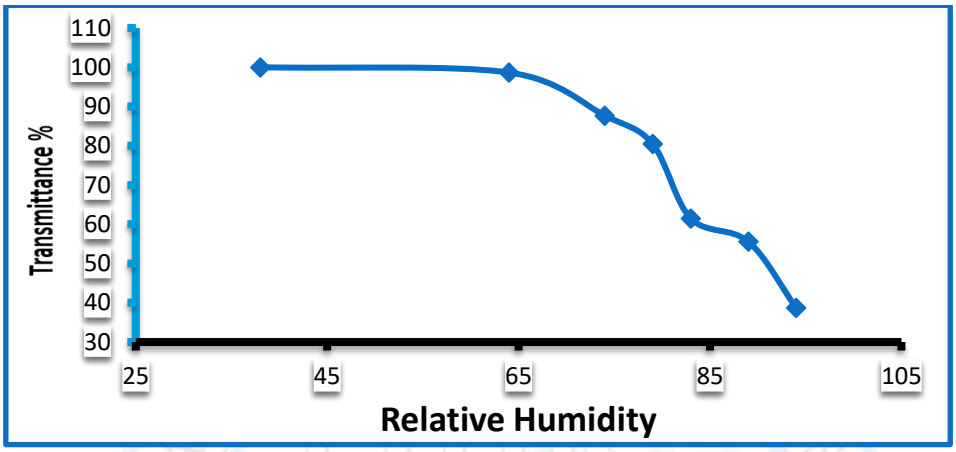
شكل 2: العلاقة بين درجة الحرارة والنفاذية باستخدام لليزر Nd:YAG بطول موجي 532 nm

2- دراسة تأثير تغير الرطوبة باستخدام ماء مقطر على انتقال الليزرNd: YAG

أ- دراسة تأثير الرطوبة باستخدام ماء مقطر على انتقال الليزر Nd:YAG: من الملاحظ من الأشكال التالية(3)،(4)،(5)،(6) التغير الكبير للنفاذية الأشعة الليزر حيث يمكن ملاحظة النقصان في النفاذية الليزر مع الارتفاع في قيم الرطوبة النسبية في هذه التجارب وذلك بسبب وقوع طيف هذه الليزرات ضمن حزم امتصاص بخار الماء أن هذا التأثر ببخار الماء يعتمد أيضا على طاقة الليزر المستعمل ومدى وقوعه ضمن حزم امتصاص بخار الماء.

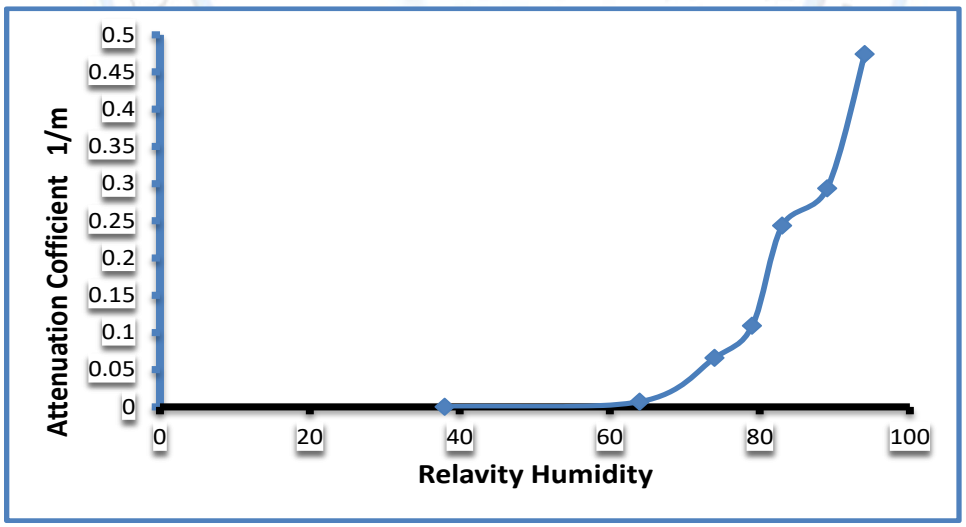
❖ دراسة تأثير الرطوبة باستخدام الماء المقطر على انتقال لليزر Nd:YAG بطول موجي 1064 nm وبشدة ابتدائية مقدارها 88.3 mj.نلاحظ من الشكل (3) تناقص قيم النفاذية مع ارتفاع قيم الرطوبة النسبية ولكن هذا التناقص يبدا عند قيم

رطوبة عالية حيث تكون النفاذية ثابتة عند قيم اقل من 70 ومن ثم تبدا بالتناقص تدريجيا إلى أن تصل النفاذية إلى قيم 38%



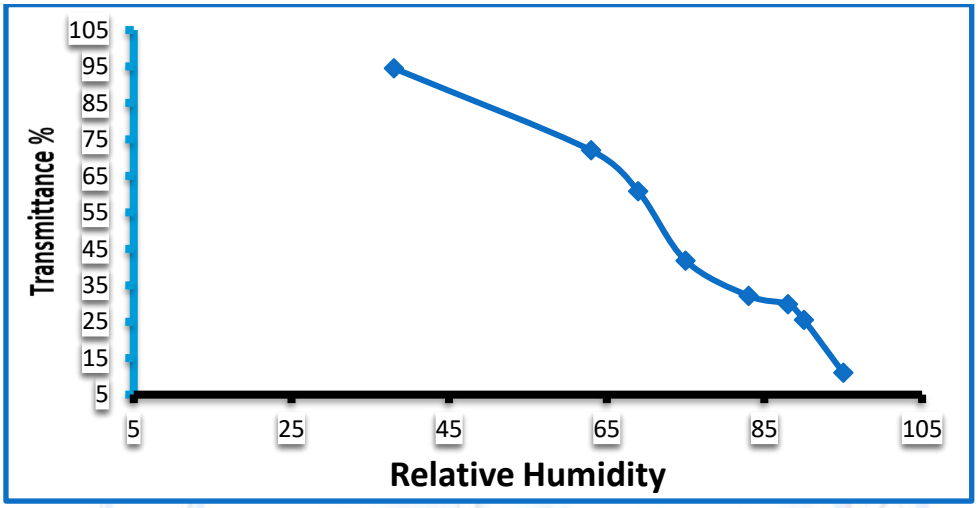
شكل 3: يبين العلاقة بين الرطوبة بماء مقطر والنفاذية باستخدام لليزر Nd:YAG بطول موجي (1064)

أما بالنسبة لمعامل التوهين باستخدام لليزر Nd:YAG فان الزيادة في قيم الرطوبة تزيد من ارتفاع قيم معامل التوهين ولكن عند قيم رطوبة عالية اكبر من 65 ثم يبدا معامل التوهين بالزيادة تدريجا بارتفاع قيم الرطوبة ليصل إلى اعظم قيم هي 0.474 1/m عند قيم رطوبة نسبية عالية تفوق 90.



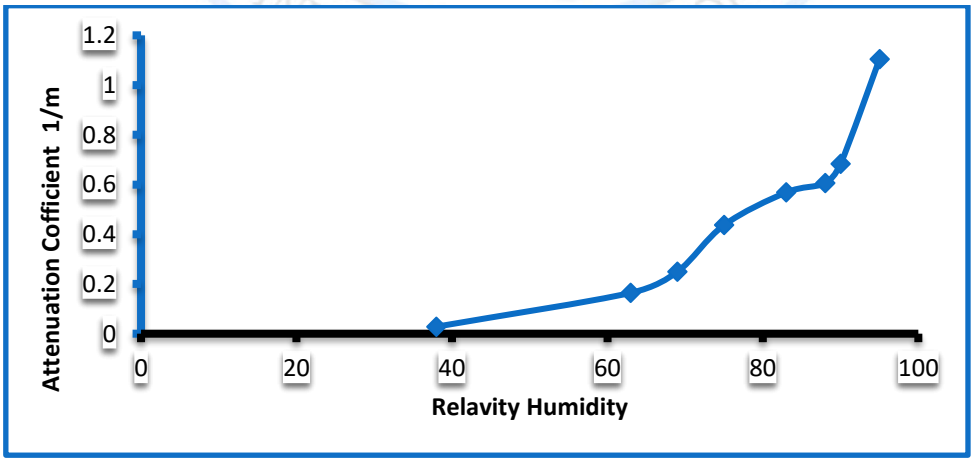
شكل 4: يبين العلاقة بين الرطوبة بماء مقطر ومعامل التوهين باستخدام لليزر Nd:YAG بطول موجي (1064)

❖دراسة تأثير الرطوبة على انتقال لليزر Nd:YAG بطول موجيnm532 وبطاقة 40mj نلاحظ من الشكل التالي (5) تناقص النفاذية بزيادة الرطوبة عند قيم أعلا من 30 حيث تقل النفاذية لليزر من 95% من قيمتها الأصلية إلى اقل من 11%



شكل 5: يبين العلاقة بين الرطوبة بماء مقطر والنفاذية باستخدام لليزر لليزر Nd:YAG بطول موجيnm 532

أما العلاقة بين الرطوبة النسبية ومعامل التوهين نلاحظ من الشكل (6) تزايد معامل التوهين بارتفاع قيم الرطوبة النسبية وتأثره بقيم رطوبة صغيرة حيث يبدا بالزيادة عند قيم اقل من 40 للرطوبة النسبية بعكس الطول الموجي الأول لليزر Nd:YAG في الشكل(6) حيث نلاحظ عدم تغير معامل التوهين مع الرطوبة النسبية عند قيم اقل من 65 وهذا يعني أن تأثر لليزرNd:YAG اكبر عند طول موجي 532 nm بسبب قلة الطاقة المستعملة وأيضا شدة امتصاص بخار الماء .

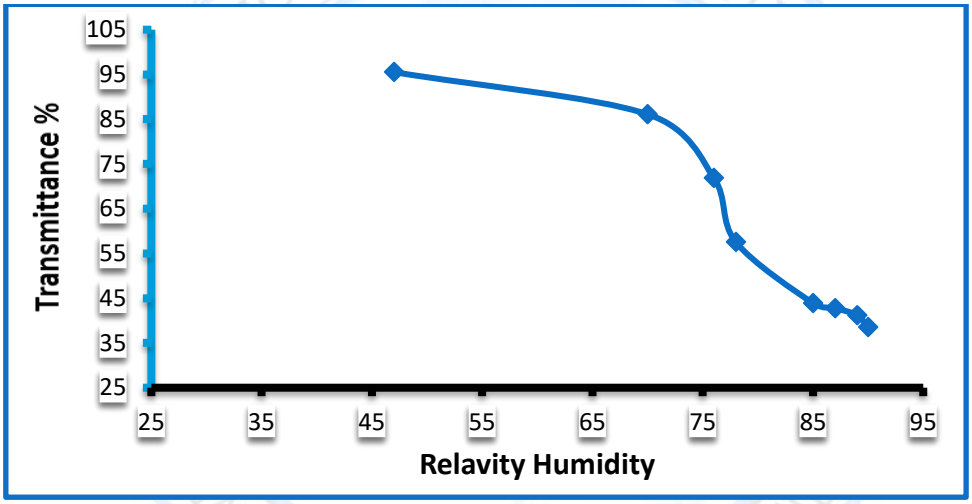


شكل 6: العلاقة بين الرطوبة بماء مقطر ومعامل التوهين باستخدام لليزر Nd:YAG بطول موجيnm 532

ب- دراسة تأثير تغير الرطوبة باستخدام ماء النهر على انتقال الليزر :

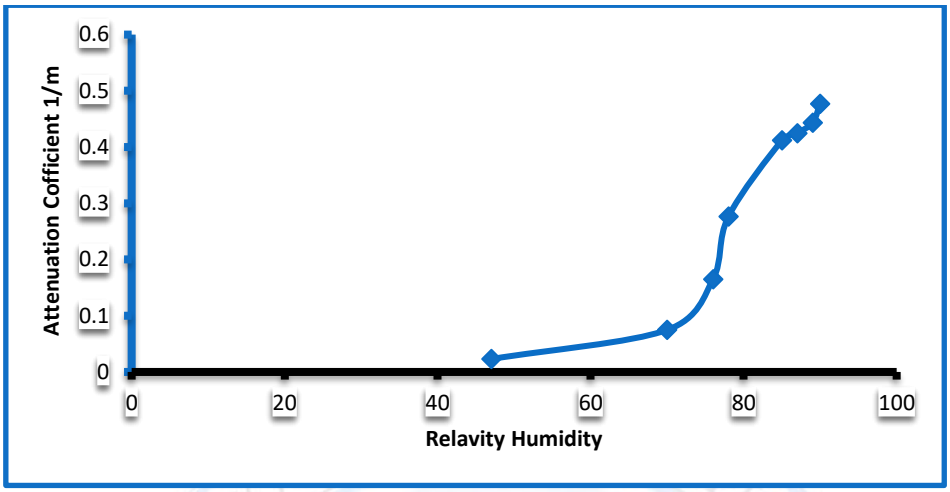
من الملاحظ من الأشكال التالية لتأثير رطوبة ماء النهر على نفاذية أشعة الليزر المستعملة في التجربة وبنفس الطاقات المستخدمة في تجارب الماء تأثير الرطوبة بالماء المقطر حيث نلاحظ تأثير الرطوبة بواسطة ماء النهر تكون اكثر تأثيرا على نفاذية أشعة الليزر من الرطوبة بواسطة الماء المقطر يعزى السبب في هذا الفرق إلى كون ماء النهر يحتوي على العديد من المواد الذائبة مثل غاز ثاني أوكسيد الكاربون وغيرها التي قد تتبخر أثناء ارتفاع درجة حرارة الماء إلى قيم معينة وبتالي تؤثر على قيم نفاذية الليزرات كما يلي :

- دراسة تأثير الرطوبة على انتقال لليزر Nd:YAG بطول موجي 1064 nm وبشدة ابتدائية مقدارها 88.3 mj.نلاحظ من الشكل (7) تناقص قيم النفاذية مع ارتفاع قيم الرطوبة النسبية



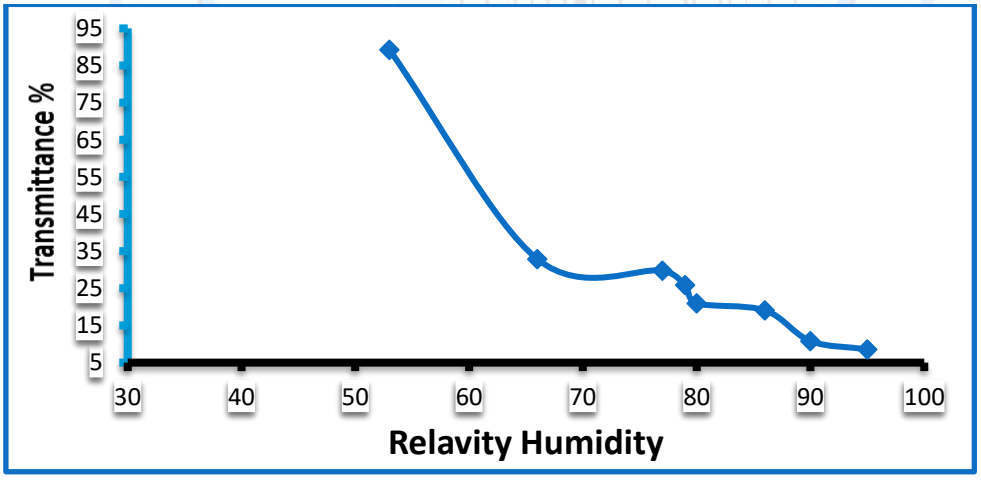
شكل 7: العلاقة بين الرطوبة بالماء النهر والنفاذية باستخدام لليزر Nd:YAG بطول موجي 1064 nm

أما معامل التوهين فنلاحظ في الشكل (8) أيضا زيادة معامل التوهين مع ارتفاع الرطوبة النسبية كما في الشكل التالي حيث أن اعلى قيمة للمعامل الامتصاص تساوي 0.47 1/m عند اعلى رطوبة نسبية 90%.



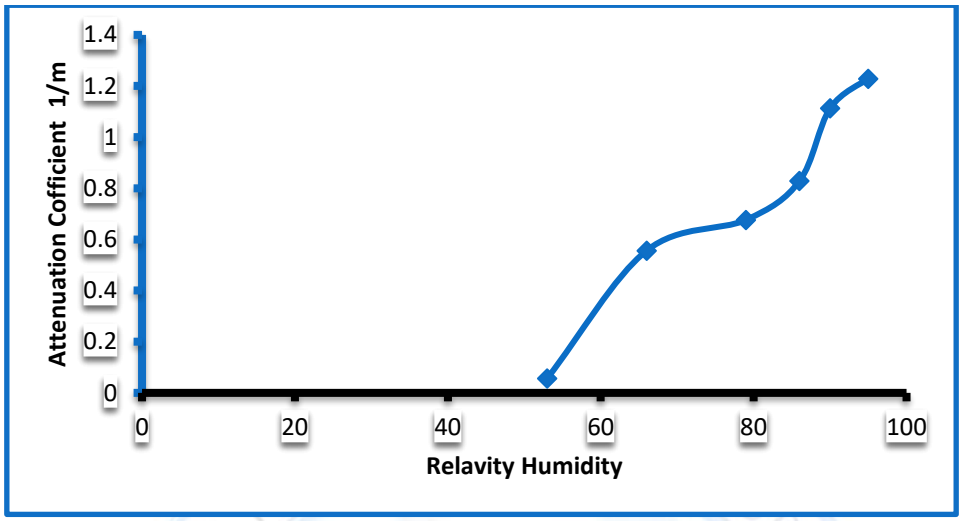
شكل 8: يبين العلاقة بين معامل التوهين والرطوبة بماء نهر باستخدام لليزر Nd:YAG يطول موجي 1064 nm

❖ دراسة تأثير الرطوبة على لليزر Nd:YAG بطول موجي 532 nm وبطاقة ،من الشكل التالي نلاحظ العلاقة بين الرطوبة النسبية ونفاذية لليزر Nd:YAG حيث نلاحظ التناقص المستمر للنفاذية بارتفاع قيم الرطوبة باستخدام ماء النهر عند قيم التغير الكبير في الرطوبة النسبية فان النفاذية تقل بقيم كبيرة لتصل إلى قيمه 32% من قيمة النفاذية الأصلية عند رطوبة تساوي 66 ثم تبدا بالتناقص بشكل غير منتظم مع ارتفاع قيم الرطوبة النسبية



شكل 9: بين العلاقة بين الرطوبة بماء النهر والنفاذية باستخدام لليزر Nd:YAG

أما العلاقة بين الرطوبة النسبية ومعامل التوهين بطول موجي 532 nm نلاحظ تزايد معامل التوهين حيث يصل إلى اعلى قيمة تساوي 1.22 عند رطوبة نسبية 95 %



شكل 10 : العلاقة بين الرطوبة النسبية بماء نهر و ونفاذية لليزر Nd:YAG

الاستنتاجات

1. تغير النفاذية لليزر المستعمل (الليزر Nd:YAG) مع تغير بعض العوامل الجوية من درجة الحرارة والرطوبة أو كلاهما .
2. زيادة النفاذية للطولين الموجيين لليزر المستخدم مع الارتفاع في درجات الحرارة ومن ثم استقرار النفاذية إلى حد معين عند ثبوت قيمة الرطوبة عند 10% من الرطوبة النسبية.
3. تأثر نفاذية لليزر Nd:YAG بطولية الموجيين بشكل محسوس مع ارتفاع في نسبة الرطوبة الجوية وبالأخص عند القيم العالية من 70% فما فوق ذلك .
4. تتأثر النفاذية الليزرية بقيم الرطوبة بمياه الأنهار اكبر من تأثرها قيم الرطوبة بالماء المقطر.

المصادر

1. C.R Cooke, 1972, "Automatic Laser Tracking and Ranging System" applied Optics, vol.11, no.2.
2. Al Naboulsi M., Sizun H. , F. de Fornel, 2003, " Propagation of optical and infrared waves in the atmosphere" Journal SPIE (International Society for Optical Engineering, 2003
3. Carig .F.Bohren & Donald .R.Huffman .absorption and scattering of light by small particles .Johan Willy& Son New York 1983.
4. د.الياس شمعون ، د. راجي أبو شقرا ، " أشعة لايزر " ، سلسلة الكتب العلمية الميسرة ، معهد الإنماء العربي ، الهيئة القومية للبحث العلمية ، بيروت / لبنان ، 1980 .
5. M. BUSCEMI, C. CASSARDO, M. CILMO, M. COCO, S. FERRARESE. 2014 Mar 24. Atmospheric Research for Climate and Astroparticle DEtection , ATMOHEAD WORKSHOP, arXiv:1402.6927v2 [astro-ph.IM] .
6. سميرة محمد عارف، بشرى رزوقي. 2010 Jan. دراسة تقدم الضوء في الجو Diyala Journal, For pure sciences Vol: 6 .NO:1.
7. Forrester, P.A,1981,"Review laser range finder "optical and quantum electronics, vol.13.
8. Christoph v. Friedeburg,"Derivation of Trace Gas Information Combining, Differential Optical Absorption Spectroscopy with Radiative Transfer Modelling", PhD, Ruperto-Carola University of Heidelberg, Germany, (2003).
9. جي . أي . هاري ترجمة :د.عبد الكريم حميد معروف ، د.المهندس صالح نوري صالح الليزرات الصناعية وتطبيقاتها