------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 17، العدد 2، ص124-138، 2006 ------

# دراسة تأثير أشعة كاما والمعالجة الحرارية على الامتصاصية الضوئية للزجاج

**أحمد خلف محيميد سليمان حسين محمد**

*قسم الفيزياء*

*كلية التربية*

*جامعة الموصل*

(تاريخ الاستلام 2004/12/7 ، تاريخ القبول 2005/3/7 )

**الملخص**

يتضمن البحث دراسة تأثير أشعة كاما على الامتصاصية الضوئية للزجاج ولمدى أطـوال موجيـة (300-900) nm ولجرعات تمتد بين Mrad (0.331-2.65). حيث تم دراسة تأثير المعالجة الحراريـة على الامتصاصية الضوئية ضمن مدى درجات حرارة °C(50-400) . تم إيجاد خط معايرة لقياس الجرعة الإشعاعية لأشعة كاما كدالة للامتصاصية الضوئية للزجاج ، كذلك حساب طاقة تنشيط المعالجـة الحرارية عن طريق نموذجين من النماذج النظرية الموضوعة لحسابها وبزمن تسخين ثابت hr (0.25).

---

# Study the Effect of Gamma-Ray and Annealing on the Optical Absorption of Glass

**Ahmed K. Mheemeed Sulaiman H. Mohammed**

*Department of Physics*

*College of Education*

*Mosul University*

**ABSTRACT**

A study of Gamma-ray effects on the optical absorption of glass for a range of wavelengths ( 300-900 ) nm with doses varied between (0.331-2.65) Mrad. The effect of annealing treatment on the optical absorption within the range of (50-400)°C has been also studied, then the calibration line for measuring the irradiation dose for Gamma-ray on the glass was established. Two models were used to measure the activation energy at fixed annealing time (0.25) hr.

---

## المقدمة

يمكن استخدام الزجاج لقياس الجرعة الإشعاعية للنيوترونات الحرارية والمتوسطة الطاقة كذلك يمكن استخدامه لقياس الجرعة الإشعاعية لأشعة كاما إذ أن هذه الأشعة تؤثر على التوصيلية الكهربائية والصلابة الميكانيكية والوزن ألجزيئي والخواص البصرية وغيرها (النحاس، 1968)، (Ibrahim et al., 1978)، (الأحمد، 1993 )، (محيميد وحسن، 2000).

هنالك العديد من الدراسات التي أجريت حول تأثير أشعة كاما على الخواص البصرية للزجاج حيث أكد (Brekhovaskikh, 1959) حصول تبلور بسيط في زجاجيات بورون – رصاص-باريوم بعد امتصاصها لجرعة ($10^8$ Rad) من أشعة كاما . كما قام كل من (Segovia and Herrera, 1980) بدراسة تأثير أشعة كاما والتسخين على كاشف الزجاج. وجد (Friebele et al., 1985) ظهور حزم امتصاص في زجاج السيليكا عالي النقاوة بعد تشعيعه بأشعة كاما أو الأشعة السينية، واستنتجوا أن ظهور هذه الحزم هي نتيجة التلف في شبيكة الزجاج في حالة عدم وجود أية أيونات مضافة أو شوائب في زجاج السيليكا العالي النقاوة . درس (محيميد وحسن، 2000) تأثير أشعة كاما والتسخين على الخواص البصرية للزجاج الاعتيادي ووجد أن أعلى امتصاصية حدثت عند الطول ألموجي nm (350) وان الامتصاصية الضوئية تزداد مع زيادة جرعة أشعة كاما ، في حين أن تسخين الزجاج يؤدي إلى نقصان الامتصاصية الضوئية . كذلك تم التوصل إلى إيجاد خط المعايرة بين الامتصاصية الضوئية والجرعة الإشعاعية . توصل (Norimichi, 2001) إلى نوعية جديدة من الكواشف النووية (GD-450)، وهو نوع من زجاج الفوسفات المشوب بالفضة ويستخدم في الكشف عن أشعة كاما ضمن المدى (10 keV - 10 MeV) وجسيمات بيتا ضمن المدى (30 keV - 3 MeV) والنيوترونات ضمن المدى ( 0.025 eV – 15 MeV) ويحتوي على مجموعة من المرشحات البلاستيكية والمعدنية.

يهدف البحث الحالي إلى دراسة تأثير أشعة كاما والمعالجة الحرارية على الامتصاصية الضوئية للزجاج المستخدم في المجاهر الضوئية (Slides) كذلك إيجاد منحني المعايرة الذي يمكن بواسطته قياس جرعة أشعة كاما إضافة إلى دراسة تأثير أشعة كاما وبجرع مختلفة على طاقة تنشيط المعالجة الحرارية للزجاج.

## الجانب النظري

يوجد نوعان من التلف الإشعاعي وهما التلف الناتج عن التصادمات المباشرة بين الأشعة المؤينة (الجسيمات المشحونة مثل p و $\alpha$ والأيونات الثقيلة ، والجسيمات غير المشحونة مثل النيوترونات) وذرات الهدف ، أما التلف الثاني فهو التلف الناتج عن التأين نتيجة تفاعلات جسيمات بيتا وأشعة كاما مع المادة (Ernisse and Norris,1974)، (Norris and Ernisse, 1974)، (Norgett et al., 1975)، (Burns et al, 1982) (ألعاملي، 1988)، (محيميد وحسن، 2000). تتم دراسة التلف من خلال قياس التغيرات التي تحدث في الامتصاصية الضوئية والكثافة والمتانة الميكانيكية ومعرفة كمية الطاقة المخزونة ودراسة سلوكية تحرر الهليوم فضلاً عن الدراسات المجهرية لتغيرات التركيب الدقيق، والتغيرات التركيبية كزوال الشفافية وتحول التركيب البلوري إلى العشوائي للتراكيب المتبلورة وتحول التركيب العشوائي إلى البلوري بالنسبة للتراكيب العشوائية مثل الزجاج (ألعاملي، 1988)، (محيميد وحسن، 2000)

إن الامتصاصية الضوئية للزجاج تزداد بزيادة الجرعة الإشعاعية وليس بالضرورة أن يكون ذلك نتيجة لاحتوائه على أيونات التلون، إذ أن أنواعاً مختلفة من مراكز التلف المتكونة بفعل الإشعاع يمكن أن تؤدي إلى عتمة الزجاج (Tittel and Kamel, 1967)، (ألعاملي، 1988)، (محيميد وحسن، 2000).

إن التغيرات التركيبية الناتجة عن التلف الإشعاعي تمثل حالة شبه دائمة ولكن يمكن إعادة التركيب إلى حالته الأصلية عندما تسخن المادة إلى درجة حرارة مناسبة ولفترة زمنية معينة . تمثل نسبة إصلاح التلف الإشعاعي دالة لكل من الزمن ودرجة الحرارة فعندما تكون درجة الحرارة ثابتة تزداد نسبة إصلاح التلف بزيادة الزمن وبالعكس عند ثبات الزمن تزداد نسبة إصلاح التلف بزيادة درجة الحرارة (لعاملي، 1988)، (محيميد وحسن، 2000) . ولفهم ميكانيكية تأثير التسخين على الامتصاصية الضوئية للزجاج وضعت لذلك علاقات رياضية مماثلة لتلك التي استخدم فيها الزجاج ككاشف للأثر النووي . حاول (Green et al, 1985) فهم سلوك الآثار في المواد الصلبة غير العضوية مثل الزجاج والتي تزداد فيها النسبة ($\frac{D_t - D_o}{D_o}$) بزيادة درجة الحرارة وتم التوصل إلى العلاقة التجريبية الآتية:

$$\ln\left(\frac{D_t - D_o}{D_o}\right) = \ln A + n \ln t - \frac{E_a}{KT} \quad \text{.....(1)}$$

إذ أن :

$D_t, D_o$ : أقطار الآثار قبل وبعد التسخين.

A : ثابت تناسبي .

n : أس زمن المعالجة الحرارية (t).

t : زمن التسخين.

$E_a$ : طاقة التنشيط.

K : ثابت بولتزمان

T : درجة الحرارة المطلقة.

وبالإمكان محاولة إعادة صياغة المعادلة (1) بدلالة الامتصاصية الضوئية للزجاج ($\eta_t$) والتي تقل فيها النسبة ($\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$) مع زيادة درجة الحرارة وكما يلي :

$$\ln\left(\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}\right) = \ln A + n \ln t + \frac{E_a}{KT} \quad \text{.....(2)}$$

إذ أن :

$\eta_o$ : تمثل الامتصاصية الضوئية للزجاج وللعينة القياسية غير المشععة وغير المسخنة.

$\eta_t$ : تمثل الامتصاصية الضوئية للزجاج وللعينة المشععة والمسخنة .

ويمكن إيجاد قيمة طاقة التنشيط من رسم العلاقة البيانية بين $\ln\left(\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}\right)$ و $\frac{1}{T}$ وإيجاد الميل ثم استخدام المعادلة التالية :

$$E_a(eV) = 8.625 \times 10^{-5} \left|slope\right| \quad \text{.....(3)}$$

ويمكن تعريف طاقة تنشيط المعالجة الحرارية للزجاج بأنها اقل طاقة لازمة لبدء عملية إصلاح التلف الإشعاعي نتيجة تعرض الزجاج لأشعة كاما.

ولقد وضع (Modgil and Virk, 1985) علاقة تجريبية تربط معدل المعالجة الحرارية ($V_a$) مع طاقة تنشيط المعالجة الحرارية (E) لكواشف الأثر النووي حيث تزداد ($V_a$) مع زيادة درجة الحرارة وهذه العلاقة هي :

$$V_a = A\, t^{-n} \exp\left(\frac{-E_a}{KT}\right) \quad \text{.....(4)}$$

أو

$$\ln V_a = \ln A - n \ln t - \frac{E_a}{KT} \quad \text{.....(5)}$$

إذ

$$V_a = \frac{D_t - D_o}{t} \quad \text{.....(6)}$$

وبتعويض المعادلة (6) في (5) تصبح المعادلة كالآتي :

$$\ln\left(\frac{D_t - D_o}{t}\right) = \ln A - n \ln t - \frac{E_a}{KT} \quad \text{.....(7)}$$

ويمكن محاولة اعادة صياغة المعادلة (7) بدلالة الامتصاصية الضوئية للزجاج ($\eta_t$) والتي تقل فيها النسبة ($\frac{\eta_t - \eta_o}{t}$) مع زيادة درجة الحرارة وكما يلي :

$$\ln\left(\frac{\eta - \eta_o}{t}\right) = \ln A - n \ln t + \frac{E_a}{KT} \quad \text{.....(8)}$$

أما طاقة التنشيط فيتم إيجادها من خلال رسم العلاقة البيانية بين $\ln\left(\frac{\eta_t - \eta_o}{t}\right)$ و $\frac{1}{T}$ ثم إيجاد الميل واستخدام العلاقة (3).

## الجانب العملي

في هذا البحث تم استخدام الزجاج من النوع المستعمل في المجاهر الضوئية (Slides)، ألماني الصنع، سمكه mm (1). قطع الزجاج إلى عدد من القطع المتساوية مساحة كل منها $(3.75 \times 1.25)\ cm^2$

### تشعيع العينات والمعالجة الحرارية :

تم تعريض العينات الزجاجية الى اشعة كاما باستخدام خلية التشعيع Gamma Cell-220 (Specification, 1982) صنع شركة (Atomic Energy of Canada) والموجودة حاليا في (جامعة الموصل/ كلية العلوم). ان خلية التشعيع تحتوي على المصدر المشع ( $^{60}Co$ ) عمره النصفي Yr (5.27) ذو فاعلية اشعاعية Ci (6430) عند صنعه بتاريخ ( 5/1982 ). يتالف المصدر المشع من (48) مصدر خطي (Model C198) موضوعة بحيث تشكل اسطوانة مشعة قطرها Cm (20.9). وفي سنة صنع الجهاز كان معدل جرع الامتصاص داخل غرفة التشعيع هو Mrad/hr (0.535). تم قياس جرعة

الامتصاص من قبل الشركه المجهزة باستخدام دوزميتر نوع كبريتيد الحديدوز.صحح النشاط الاشـعاعي باستخدام المعادلة الخاصة بتعديل النشاط الاشعاعي وكانت نتيجته Ci (397.54) عند اخـذ القياسـات النهائية بتاريخ ( 7/2003 ). ولان العلاقة بين معدل جرعة الامتصاص والفاعليـة الاشـعاعية علاقـة طردية وبذلك يكون معدل جرعة الامتصاص عند اخذ القياسات النهائية هو Mrad/hr (0.0331 ). كـان زمن التشعيع هو (10, 20, 30, 40, 50, 70, 80) hrs . تم تشعيع (10) عينات عند كل زمن تشعيع واحد . تم تسخين (8) عينات من مجموع (10) عينات في درجات حرارية مختلفة وعند زمن تسخين ثابت يساوي (0.25) hr وكانت درجات الحرارة هي °C (50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400) . اسـتخدم الفـرن الكهربائي نوع ( Thermo line ) ذو مدى حراري °C(30-1200) في تسخين العينات.

## التجارب

### 1- دراسة تأثير كل من أشعة كاما والمعالجة الحرارية على الامتصاصية الضوئية :

تم قياس الامتصاصية الضوئية للزجاج من خلال جهاز مقياس المطيافية الضوئية نـوع (SECIL 1021) ولجميع العينات المسخنة والمشعة إضافة إلى العينة القياسية (غير المـشعة وغيـر المـسخنة) ولمدى الأطوال الموجية nm (300-900).

### 2- إيجاد خط المعايرة :

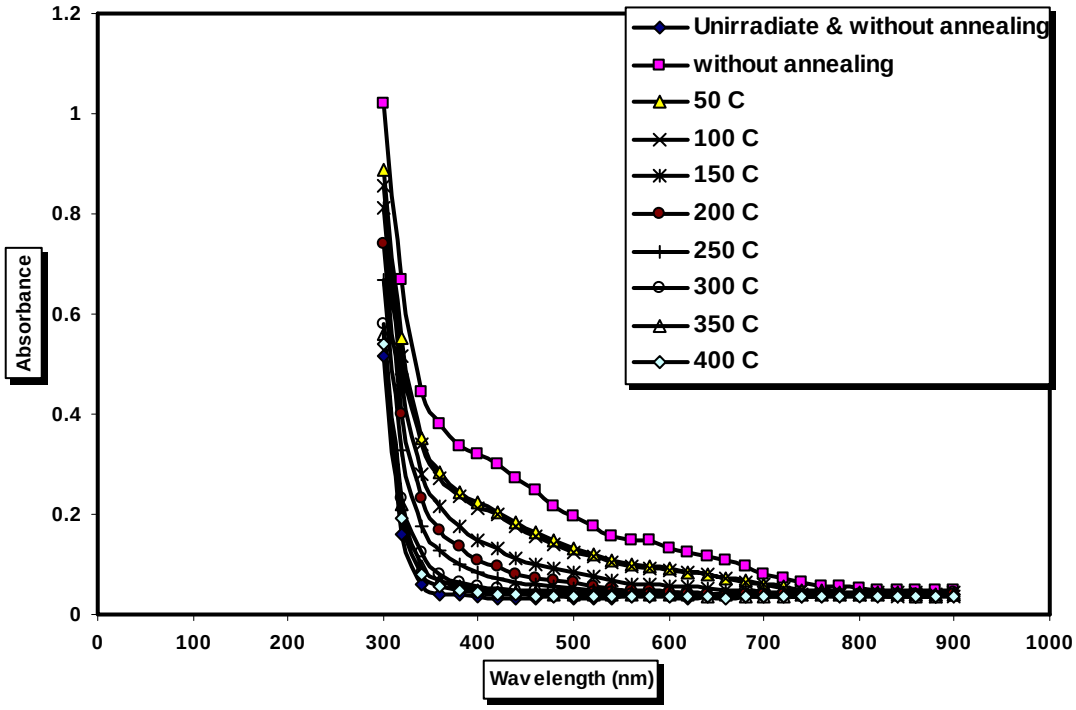
تم إيجاد خط المعايرة بين الامتصاصية الضوئية للزجاج وكل من جرعة أشعة كاما والتسخين .

### 3- حساب طاقة تنشيط المعالجة الحرارية :

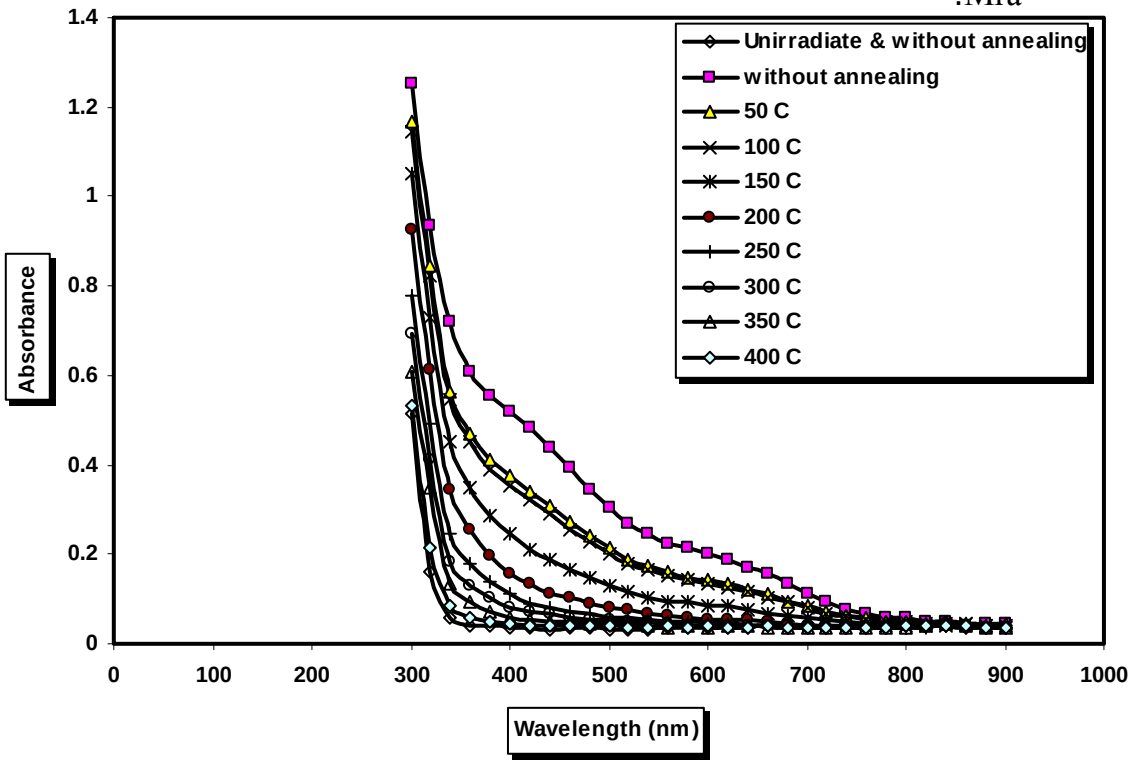
تم حساب طاقة تنشيط المعالجة الحرارية للزجاج عند جرع إشعاعية مختلفة لأشعة كاما وباستخدام المعادلات (2) و (3) و (8).

## النتائج والمناقشة

الأشكال (1) و (2) توضح نماذج للعلاقة بين الامتصاصية الضوئية للزجـاج ($\eta_t$) مـع الطـول ألموجي وللجرعتين Mrad (0.662) و Mrad (2.65).



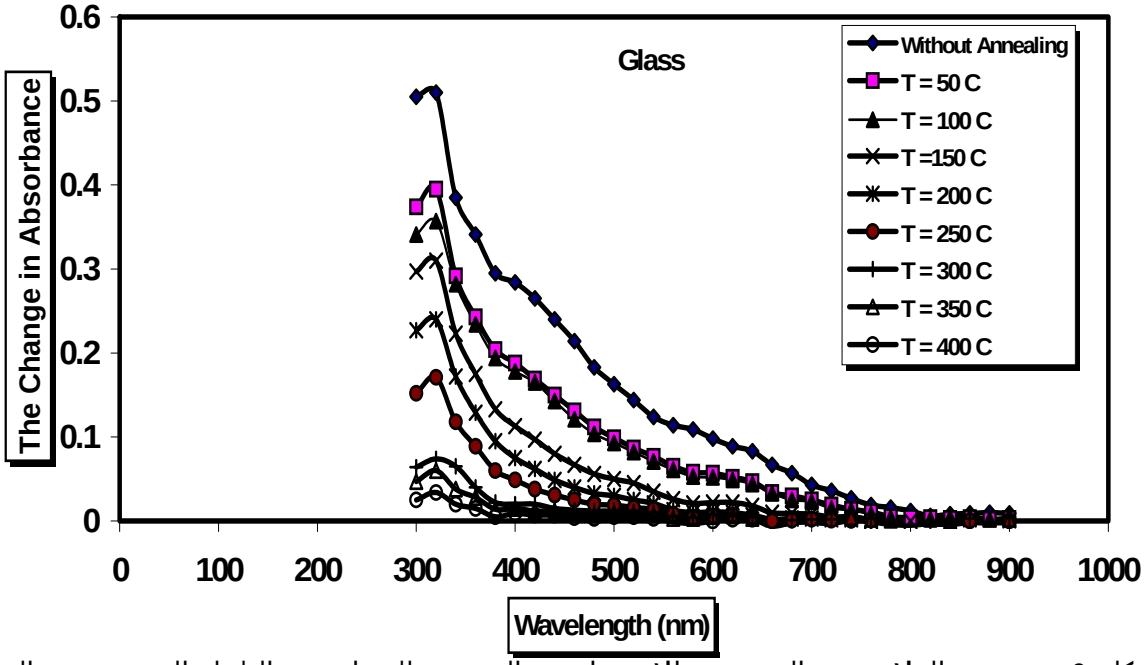

الشكل 1 : يوضح العلاقة بين الامتصاصية الضوئية للزجاج مع الطول الموجي عند الجرعة 0.662 Mra.



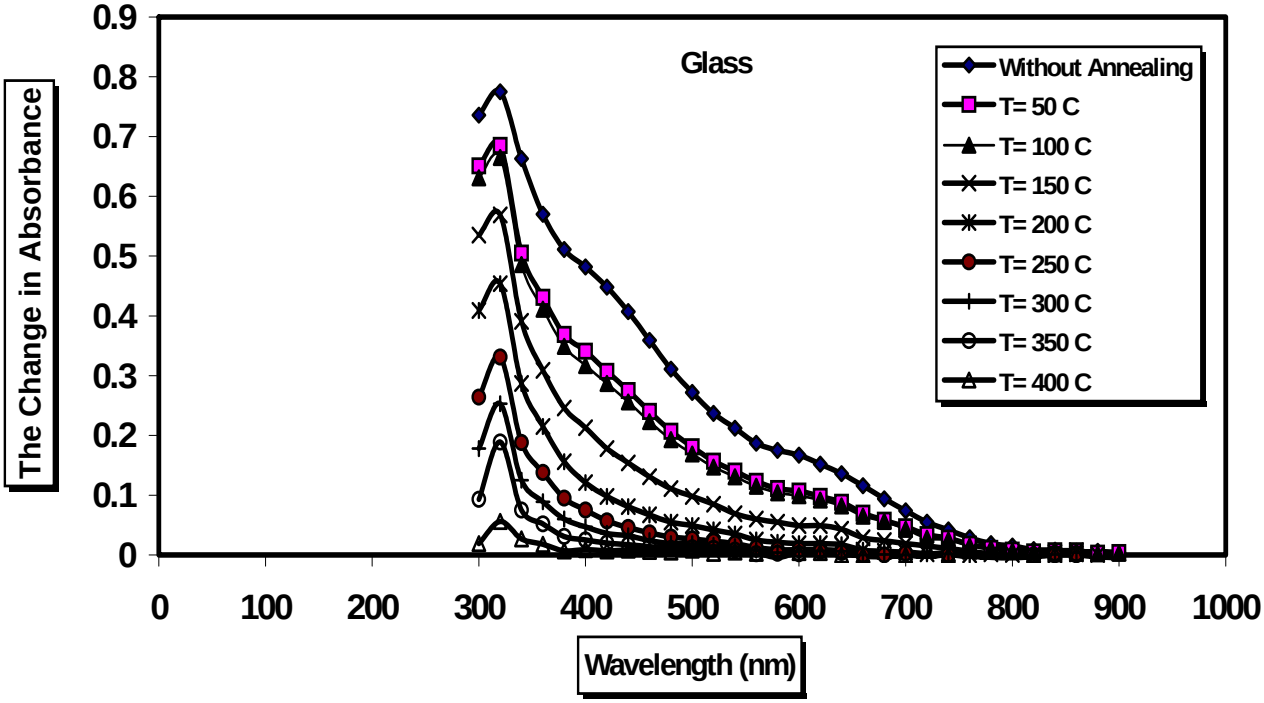

الشكل 2 : يوضح العلاقة بين الامتصاصية الضوئية للزجاج مع الطول الموجي عند الجرعة 2.650 Mra.

لاحظنا ان العلاقة بين الامتصاصية الضوئية والطول ألموجي هي علاقة عكسية كذلك انه عند تسخين النماذج المشعة بكاما فان الامتصاصية تقل مع زيادة درجة الحرارة. وعند زيادة الجرعة

الإشعاعية فان الامتصاصية تزداد أيضا. هذا يدل على ان شفافية الزجاج تقل بزيادة جرعة أشـعة كامـا وتزداد بزيادة درجة الحرارة. تضمنت الأشكال أعلاه الامتصاصية الضوئية للزجاج وللعينة القياسية غير المشعة وغير المسخنة ($\eta_o$). ان النتائج الحالية تتفق مع ما جاء به (العاملي, 1988 ) و(محيميد وحسن, 2000 ) ضمن مدى درجات الحرارة $^{\circ}$(25-250).

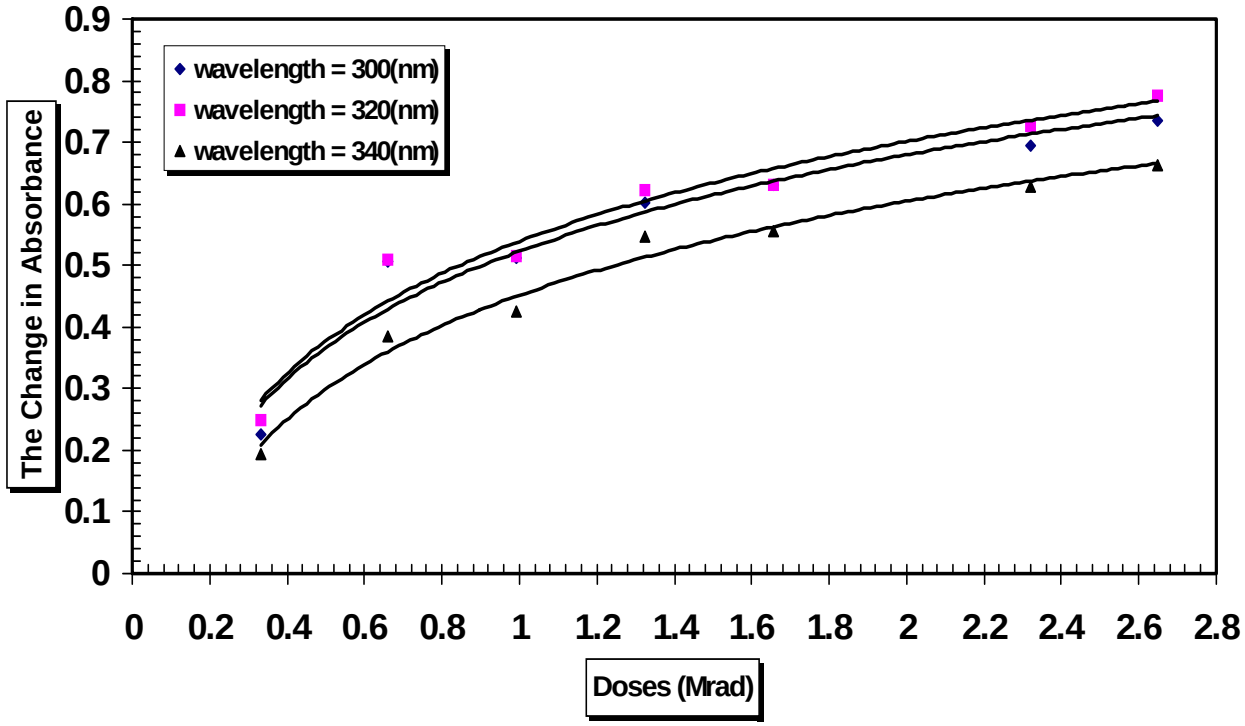



الشكل 3 : يوضح العلاقة بين التغير في الامتصاصية الضوئية للزجاج مع الطول الموجي عند الجرعـة 0.662 Mrad.




الشكل 4 : يوضح العلاقة بين التغير في الامتصاصية الضوئية للزجاج مع الطول الموجي عند الجرعة 2.650 Mrad.

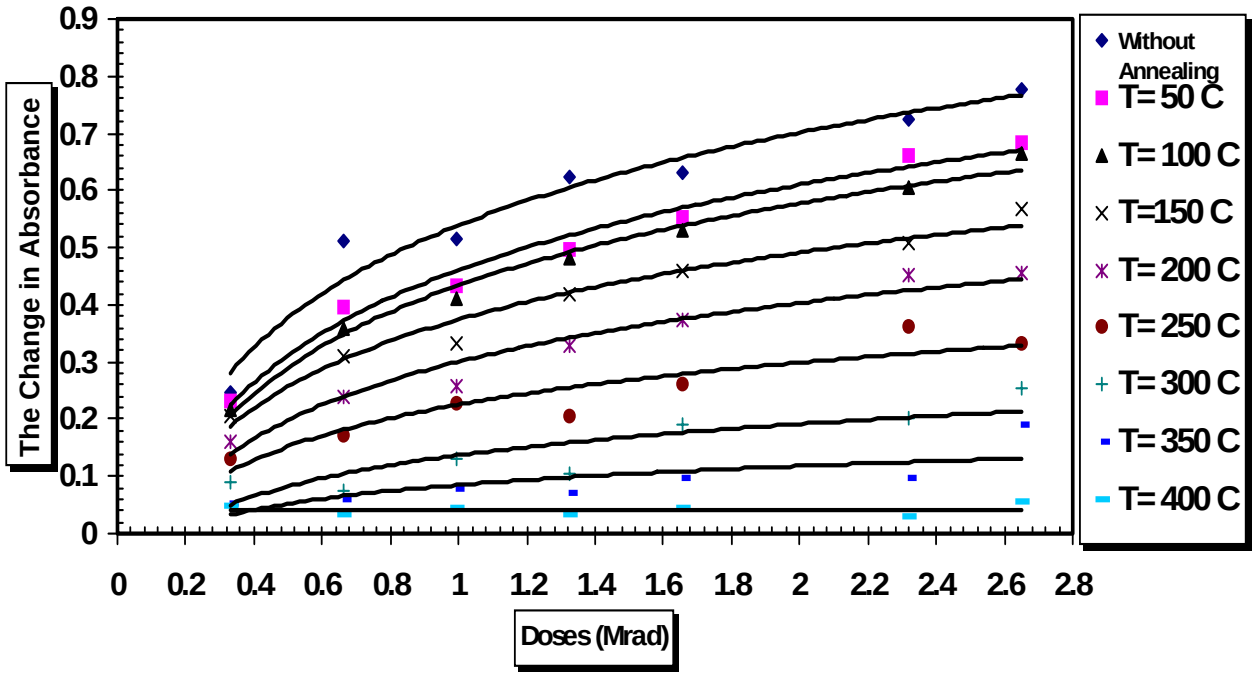
أما العلاقة بين التغير في الامتصاصية ($\eta_t - \eta_o$) للعينات المشععة والمسخنة وللجرعتين أعلاه مع الطول ألموجي توضحها الأشكال (3) و (4), ونلاحظ من خلال هذه الأشكال ظهور حزم متشابهة بـشكل عام ولكنها مختلفة بالشدة ويتمركز أقصى امتصاص عند الطول ألموجي nm (320) أي في المنطقة فوق البنفسجية. وتزداد شدة هذه الحزم مع زيادة جرعة أشعة كاما وتقل بزيادة درجات الحرارة. ان سبب هذه الزيادة هو حصول تلف إشعاعي (أو تكوين مراكز التلون) في شبيكة الزجاج نتيجة لتعرضه لأشعة كامـا وتزداد شدة هذه المراكز مع زيادة جرعة أشعة كاما, وبسبب ذلك اكتسبت عينات الزجاج اللـون البنـي الخفيف أو الغامق اعتمادا على جرعة أشعة كاما, علما ان الزجاج غير المشعع وغير المسخن (القياسـي) كان عديم اللون (شفاف). أما سبب نقصان شدة هذه الحزم فيعود إلى ان عملية المعالجة الحرارية يمكـن ان تعطي طاقة كافية لمراكز التلف ويتم إصلاحها ويعود الزجاج إلى حالته الطبيعية قبـل التـشعيع . ان النتائج الحالية تتفق مع ما جاء به (ألعاملي، 1988 ) و (محيميد وحسن، 2000 ) إذ ظهرت لديهم حـزم للامتصاص ويتمركز أقصى امتصاص لها عند الأطوال الموجية nm (580) و nm (350) على التوالي.




الشكل 5 : يوضح العلاقة بين التغير في الامتصاصية الضوئية للزجاج مع الجرعة.

الشكل (5) يوضح ان التغير في الامتصاصية يزداد مع زيادة جرعة أشعة كاما,أي ان العلاقة طـر دية, وقد اختيرت أطوال موجية ثلاثة وهي منطقة القمة حيث nm ($\lambda$ = 320) وما حولها,ومن الملاحـظ انه في الجرعات القليلة تكون الامتصاصية متقاربة للأطوال الموجيـة nm(300,320) وان أكثـر تغيـر يحصل عند الطول ألموجي nm (320). من الممكن استخدام هذه العلاقة خطا للمعـايرة, إذ بـالا مكـان

استخدام هذا النوع من الزجاج كمقياس للجرعة الإشعاعية في مدى الجرعات المعطاة.ان خـط المعـايرة




الشكل 6 : يوضح العلاقة بين التغير في الامتصاصية الضوئية للزجاج والجرعـات لـدرجات حـرارة مختلفة عند الطول ألموجي 320 nm.

عند الطول ألموجي (320) nm يتأثر كثيرا بدرجات الحرارة وكما موضح في الشكل (6) إذ نلاحظ ان الزيادة في التسخين تؤدي إلى نقصان في الامتصاصية للجرعات كافة وبشكل متماثل تقريبا مما يـدل على ان التسخين قد يعود بالزجاج إلى حالته الأصلية قبل التشعيع.ان هذه النتيجة مهمة جدا للباحثين الذين يستخدمون الزجاج كمقياس لجرعة أشعة كاما وخاصة في المناطق ذات الدرجات الحرارة المتغيرة (مثـل استخدامه في المفاعلات النووية ككاشف للأثر النووي وخاصة في قياس الآثـار الناتجـة مـن شـظايا الانشطار). تم التوصل إلى أن معدل درجة الحرارة اللازمة لإزالة التلف الإشعاعي هي بحدود (438 $\pm$ 13) $^{\circ}C$ علما ان عملية إزالة التلف تحصل عندما ($\eta_t = \eta_o$).وهذه النتيجة تتفق مع ما جاء به (Holbert, 1996) حيث وجد ان درجة الحرارة اللازمة لإزالة التلف الاشعاعي للكوارتز هـي بحـدود (400) $^{\circ}C$ ولزمن تسخين (1) hr.

تم حساب طاقة تنشيط المعالجة الحرارية وللجرع الإشعاعية المختلفة وتبين الجداول مـن(1) إلـى (7) البيانات اللازمة لحساب طاقة التنشيط لدرجات حرارة مختلفة وزمن تسخين ثابت وباستخدام طريقتين كما موضح ذلك في الفقرة (3-2-3) .

الجدول 1: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D= 0.331 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي $\lambda = 320$ nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.204 | 0.816 | -0.203 | 1.283 | 0.249 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.161 | 0.644 | -0.440 | 1.012 | 0.012 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.131 | 0.524 | -0.646 | 0.823 | -0.193 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.089 | 0.356 | -1.032 | 0.559 | -0.580 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.052 | 0.208 | -1.570 | 0.327 | -1.117 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.048 | 0.192 | -1.650 | 0.301 | -1.197 |

الجدول 2: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D = 0.662 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي $\lambda = 320$ nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.31 | 1.24 | 0.215 | 1.949 | 0.667 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.24 | 0.96 | -0.040 | 1.509 | 0.411 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.171 | 0.684 | -0.379 | 1.075 | 0.072 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.074 | 0.296 | -1.217 | 0.465 | -0.764 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.06 | 0.24 | -1.427 | 0.377 | -0.974 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.034 | 0.136 | -1.99 | 0.213 | -1.542 |

الجدول 3: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D = 0.993 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي $\lambda = 320$ nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.333 | 1.332 | 0.286 | 2.094 | 0.739 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.257 | 1.028 | 0.027 | 1.616 | 0.480 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.228 | 0.912 | -0.092 | 1.434 | 0.360 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.129 | 0.516 | -0.661 | 0.811 | -0.209 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.08 | 0.32 | -1.139 | 0.503 | -0.686 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.044 | 0.176 | -1.737 | 0.276 | -1.284 |

الجدول 4: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D = 1.325 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي $\lambda = 320$ nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.42 | 1.68 | 0.518 | 2.641 | 0.971 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.33 | 1.32 | 0.277 | 2.075 | 0.730 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.207 | 0.828 | -0.188 | 1.301 | 0.263 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.105 | 0.42 | -0.867 | 0.660 | -0.414 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.072 | 0.288 | -1.244 | 0.452 | -0.792 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.032 | 0.128 | -2.055 | 0.201 | -1.603 |

الجدول 5: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D = 1.656 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي $\lambda = 320$ nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.458 | 1.832 | 0.605 | 2.880 | 1.057 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.372 | 1.488 | 0.397 | 2.339 | 0.85 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.262 | 1.048 | 0.046 | 1.647 | 0.499 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.191 | 0.764 | -0.269 | 1.201 | 0.183 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.098 | 0.392 | -0.936 | 0.616 | -0.483 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.043 | 0.172 | -1.760 | 0.270 | -1.307 |

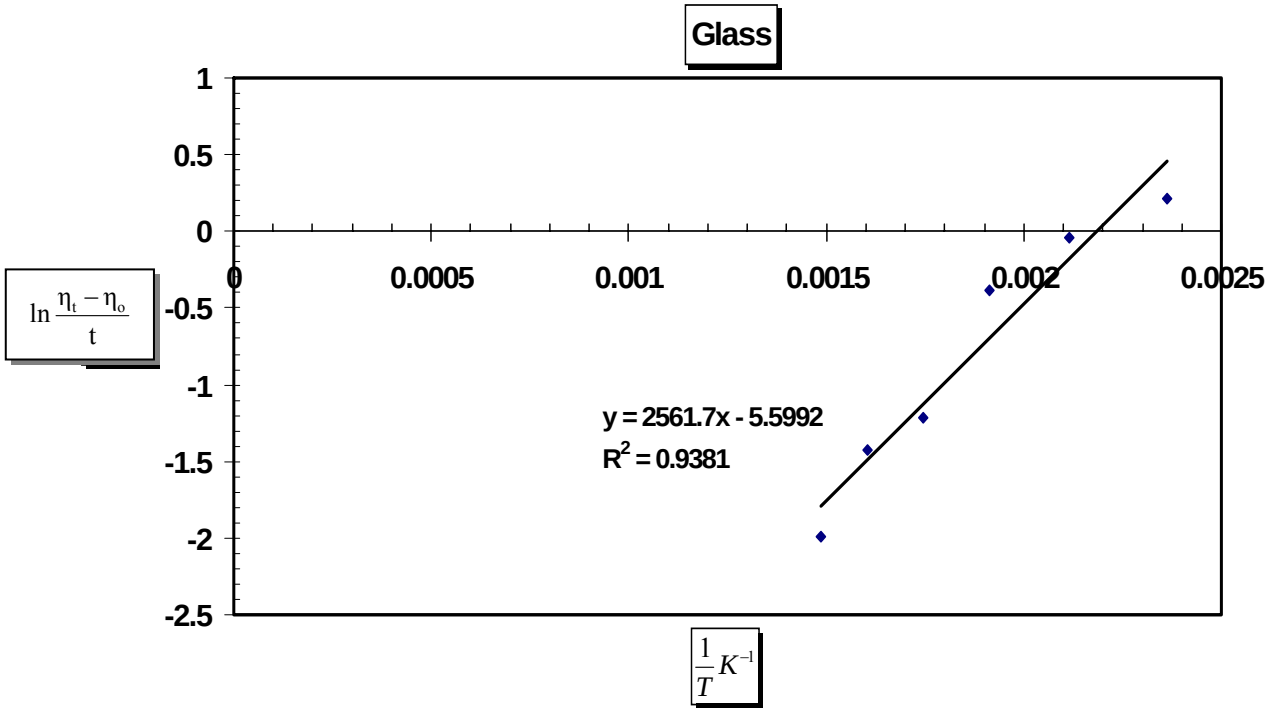
الجدول 6: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D = 2.319 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي $\lambda = 320$ nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.508 | 2.032 | 0.709 | 3.194 | 1.161 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.451 | 1.804 | 0.590 | 2.836 | 1.042 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.363 | 1.452 | 0.372 | 2.283 | 0.825 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.203 | 0.812 | -0.208 | 1.276 | 0.244 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.096 | 0.384 | -0.957 | 0.603 | -0.504 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.029 | 0.116 | -2.154 | 0.182 | -1.701 |

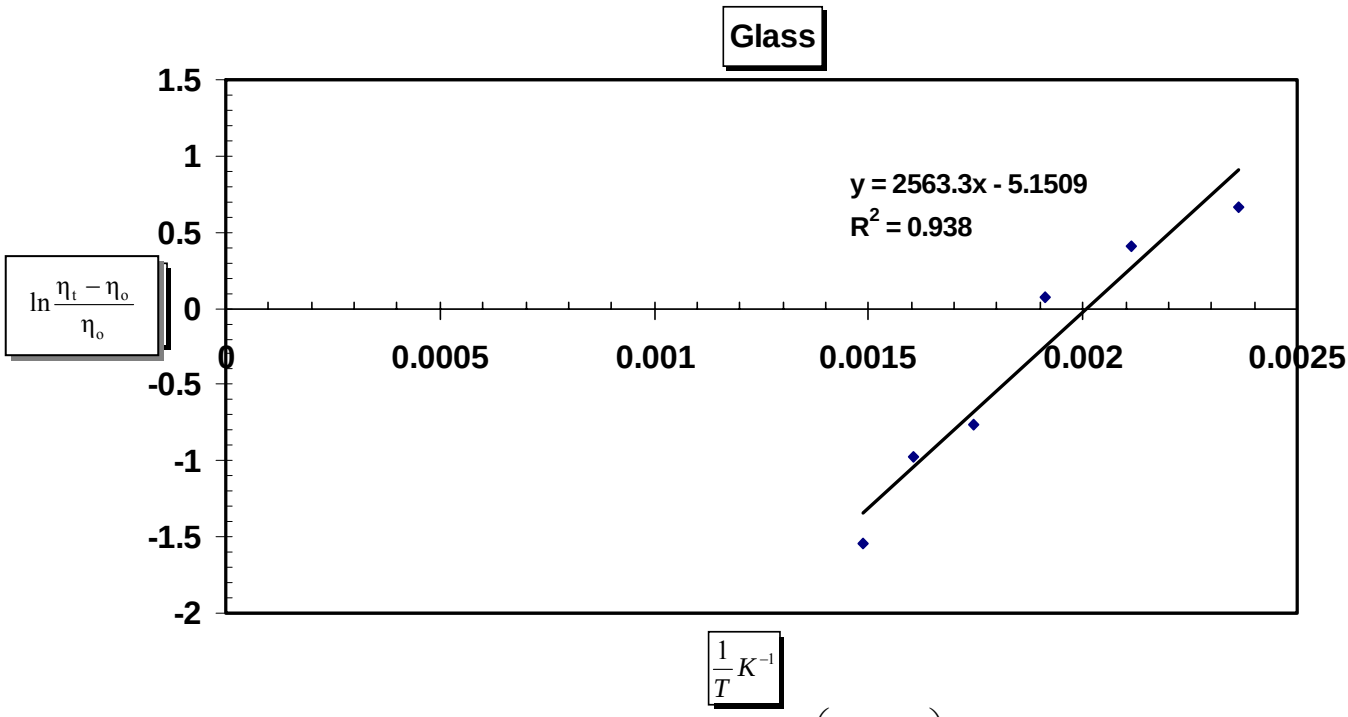
الجدول 7: يبين القيم التجريبية للامتصاصية الضوئية للزجاج عند الجرعة D = 2.650 Mrad وبزمن تسخين ثابت t = 0.25 hr وطول موجي λ = 320 nm و $\eta_o = 0.159$

| T °C | T °K | $\frac{1}{T}(K^{-1})$ | $\eta_t - \eta_o$ | $V_a = \frac{\eta_t - \eta_o}{t}$ | $\ln V_a$ | $\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ | $\ln \frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 | 423 | 0.002364 | 0.569 | 2.276 | 0.822 | 3.578 | 1.274 |
| 200 | 473 | 0.002114 | 0.454 | 1.816 | 0.596 | 2.855 | 1.049 |
| 250 | 523 | 0.001912 | 0.331 | 1.324 | 0.280 | 2.081 | 0.733 |
| 300 | 573 | 0.001745 | 0.253 | 1.012 | 0.012 | 1.591 | 0.464 |
| 350 | 623 | 0.001605 | 0.189 | 0.756 | -0.279 | 1.188 | 0.172 |
| 400 | 673 | 0.001486 | 0.056 | 0.224 | -1.496 | 0.352 | -1.043 |

توضح الأشكال (7) و (8) نماذج للرسومات البيانية الخاصة بحساب طاقة التنشيط وللجرعة Mrad (0.662) حيث استخدمت برامج حسابية خاصة لإجراء عملية الملائمة (fitting) واعطت الطريقتان نتائج متقاربة جدا.




الشكل 7 : يوضح العلاقة بين $\ln\left(\frac{\eta_t - \eta_o}{t}\right)$ و مقلوب درجة الحرارة المطلقة $\frac{1}{T}$ للجرعة 0.662 Mrad.




الشكل 8 : يوضح العلاقة بين $\ln\left(\frac{\eta_t - \eta_o}{\eta_o}\right)$ و مقلوب درجة الحرارة المطلقة $\frac{1}{T}$ للجرعة 0.662 Mrad.

الجدول (8) يبين قيم طاقة تنشيط المعالجة الحرارية عند جرعات إشعاعية مختلفة التي تم التوصل إليها من خلال الدراسة الحالية وهذه القيم متذبذبة وتتراوح بين eV (0.15-0.26) وبمعدل eV (0.21 ± 0.04).ان نتائج الدراسة الحالية تتفق جيدا مع النتائج التي توصل إليها (محيميد وحسن,2000 ),إذ كانت قيم طاقة التنشيط لديهم تتراوح بين eV (0.15-0.21) حيث استخدم في دراستهم الزجاج الاعتيادي.

الجدول 8 : يبين قيم طاقة تنشيط المعالجة الحرارية للزجاج عند جرعات إشعاعية مختلفة.

| Doses (Mrad) | Ea (eV) |
|---|---|
| 0.331 | 0.15 |
| 0.662 | 0.22 |
| 0.993 | 0.19 |
| 1.325 | 0.25 |
| 1.656 | 0.22 |
| 2.319 | 0.26 |
| 2.650 | 0.19 |

## الاستنتاجات

1- حصول تلف إشعاعي في الزجاج وظهور قمة في الامتصاصية الضوئية عند الطول الموجي (320) nm ويزداد التلف الاشعاعي مع زيادة الجرعة ويقل مع التسخين.

2- أهمية التسخين تكمن انه بالا مكان إرجاع الزجاج إلى حالته الطبيعية قبل التشعيع.
3- يمكن استخدام الزجاج مقياسا للجرعة الإشعاعية لأشعة كاما ولدرجات الحرارة المختلفة وخاصة في المناطق التي من الصعب استخدام الأجهزة الالكترونية فيها أو الوصول إليها.
4- تم إيجاد طاقة تنشيط المعالجة الحرارية للزجاج ولجرع إشعاعية مختلفة.

## المصادر العربية

الأحمد، خالد عبيد، 1993. مقدمة في الفيزياء الصحية، مطبعة جامعة الموصل، الموصل.
ألعاملي، محمد آمين، 1988. دراسة الخواص الفيزيائية للزجاج المستعمل في معاملة النفايات النووية، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد.
النحاس، رؤوف، 1968. صناعة الزجاج، مطبعة دار النهضة العربية، القاهرة، مصر.
محيميد، احمد خلف وحسن، هناء إحسان، 2000. استخدام الزجاج الاعتيادي كمقياس للجرعة الإشعاعية لأشعة كاما، مجلة التربية والعلم، العدد (43).

## المصادر الأجنبية

Brekhovaskikh, S.M., 1959. Resistance of Industrial Glasses to the Action of Radioactive Radiations, Proceeding of the 3rd All-Union Conference on the Glassy State, Vol.2, 314 p., USSR.

Burns, W.G., Savides, E. and Charalambous, S., 1982. Effects of Radiation on the Leach Rates of Vitrified Radioactive Waste,Journal of Nuclear Materials,107,pp.245-270.

Ernisse, E.P. and Norris, G.B., 1974. Introduction Rates and Annealing of Defects in Ion-Implanted SiO Layers on Si, Journal of Applied Physics, Vol. 45, No. 12.

Friebele, E.J., Adams, J.A. and Beahm, L.P., 1985. The Optical Absorption and Luminescence Bands Near 2 eV in Irradiated and Drawn Synthetic Silica, Journal of Non- Crystalline Solids 71, pp.133-144.

Green, P.F., Duddy, I.R., Gleadow, A.J.W. and Tingate, P.R., 1985. Fission-Track Annealing in Apatite: Track Length Measurements and the form of the Arrhenius plot. Nucl. Tracks. 10(3), pp.323-328.

Holbert, K.E., 1995. Radiation Effects and Damage.http://www.eas.asu.edu/holbert/eee-460/Radiation Effects Damage.pf.

Ibrahim, E.M., Sayed, A.M. and Dawood, R.I., 1978. Gamma Dose Measurements by Optical Absorption, Electrical Conductivity and Mechanical Hardness, Nucl. Inst. Meth., 150, pp.555-560.

Modgil, S.K. and Virk, H.S., 1985. Annealing of Fission Fragment Tracks in Inorganic Solids, Nucl. Inst. and Meth. In Phys. Resear. B12, pp.212-218.

Norgett, M.J., Benton, E.V. and Andrus, C.H., 1975. A properties Method of Calculating Displacement Dose Rates, Nuclear Engineering and Design, 33, pp.50-54.

Norimichi, Juto., 2001. Glass Badge Dosimetry System for Large Scale Personal Monitoring, Oarai Research Center Chiyoda Technol Corpoation 3681 Narita-Cho Oarai-machi Higashi- ibaraki-gun, Ibaraki-pref. 311-1311, Japan.

Norris, G.B. and Ernisse, E.P., 1974. Ionization Dilation Effects in Fused Silica from 2 to 18 KeV Electron Irradiation, Journal of Applied Physics, Vol.54., No. 9.

Segovia, N. and Herrera, R., 1980. Latent Track Annealing in Glass: A Comparison of Thermal and Gamma Induced Annealing, Proc. $10^{th}$ Int. Conf. Solid State Nuclear Track Detectors, Lyon and Suppl. 2, Nucl. Tracks. Pergamon, Oxford, pp.191-198.

Specification, 1982. Gamma Cell-220 Irradiation Unit, Catalog .

Tittel, F. and Kamel, N., 1967. Radiation Effects in Glass Lasers, Interaction of Radiation with Solids, Bishary, 261 p.

Virk, H.S., Modgil, S.K., Singh, G. and Bhatia, R.K., 1988. Annealing Characteristics of Heavy Ion Radiation Damage un SSNTDs and Concept of Single Activation Energy, Nucl. Inst. and Meth. In Phys. Resear. B32, pp.401-404.