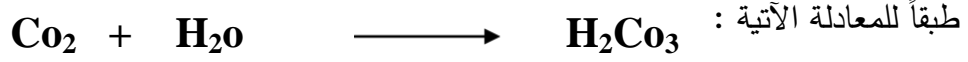
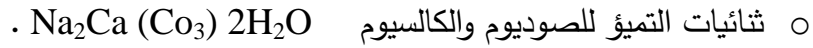
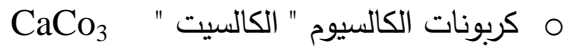


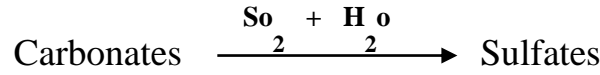
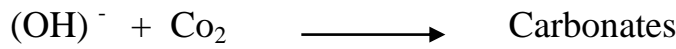
ينتج من اتحاد العناصر المفصولة بالغسل والماء هيدروكسيد قلوى عند تفاعل الهيدروكسيد القلوى مع غازات التلوث الجوى ، تنتج أملاح مختلفة مثل الكربونات فى وجود ثانى أكسيد الكربون  $CO_2$  ، ونلاحظ أن وجود غاز ثانى أكسيد الكربون  $CO_2$  منفرداً لا يكون له تأثير خاص ، أما فى حضور الماء وبملاسة الأوكسجين فإنه يصبح عامل تلف لا يستهان به حيث يتحول إلى حمض الكربونيك



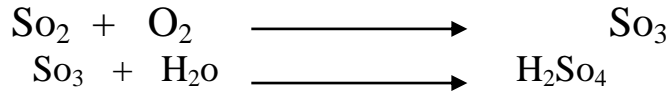
ويمكن إيجاز نواتج التلف " الكربونات " الناتجة عن حمض الكربونيك على أسطح الزجاج وهى : .



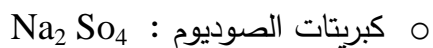
كما ينتج من تفاعل  $SO_2$  مع الكربونات التى تكونت عن طريق تفاعل الهيدروكسيدات مع  $CO_2$  لينتج الكبريتات على سطح الزجاج .



كذلك تنتج الكبريتات فى وجود ثانى أكسيد الكبريت  $SO_2$  الذى يتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت  $SO_3$  بعد تأكسده ، و الذى يذوب بسرعة فى بخار الماء الموجود فى الجو متحولاً إلى حمض كبريتيك .



ويهاجم حمض الكبريتيك الزجاج ويتفاعل مع العناصر القلوية المفصولة بالغسل ليعطى كبريتات تلك العناصر التى تختلف فى مقدار ذوبانها ، وهى التى تكون طبقات أو نواتج التلف على أسطح الزجاج فعلى سبيل المثال يتفاعل هيدروكسيد البوتاسيوم مع حمض الكبريتيك لينتج كبريتات البوتاسيوم . ويمكن إيجاز نواتج التلف " الكبريتات " الناتجة عن حمض الكبريتيك على الأسطح الزجاجية والتى تختلف فى معدلات قابليتها للذوبان : -



- كبريتات الماغنسيوم :  $MgSO_4$
- كبريتات الكالسيوم المتميئة " الجص Gypsum "  $(H_2O) CaSO_4$  و لها قابلية ضعيفة للذوبان 2.4 جرام/ لتر .
- كبريتات الكالسيوم والبوتاسيوم : " السنجنيت Syngenite "  $(So_4) K_2Ca$  و هي ذات قابلية ضعيفة للذوبان 2.5 جرام/ لتر .

## ب - الحرارة : - Temperature

إن الخطورة الكامنة من تغير درجات الحرارة على الزجاج الأثرى تتحدد في مظهرين

للتلف يتمثلان في : -

- 1 - إذا تعرض الزجاج لتغير موضعي لدرجة الحرارة بشكل مفاجئ وكبير فإنه سوف ينكسر . فالبناء الزجاجي له خاصية توصيل سيئ للحرارة .
- 2 - الزخارف والرسومات التي تطبق على الأسطح الزجاجية لها معامل تمدد وانكماش تختلف عن معامل تمدد وانكماش الزجاج الخالي من الزخارف ، ويرجع ذلك إلى وجود أكاسيد معدنية في تركيب الملونات لذا فإن الاستمرار في تذبذب درجات الحرارة بين الارتفاع والانخفاض يؤدي إلى انفصال طبقات الألوان من على الأسطح الزجاجية والتعجيل من تلف وسقوط تلك الملونات . ويعتمد ذلك أساساً على طبقة المواد الملونة وما تحويه من أكاسيد معدنية مكونة لها . كذلك طريقة التطبيق لتلك الملونات فإن تطبيق الملونات على البارد يجعلها عرضة للتساقط بشكل أسرع . كذلك التطبيق في درجات حرارة منخفضة لا تسمح باندماج المادة الملونة داخل سطح الزجاج مما ينتج عن ذلك تساقط للزخارف والرسومات التي تطبق على الأسطح الزجاجية . كما أنها تعمل كعامل مساعد في مراحل تلف الزجاج بفعل الرطوبة فالتذبذب في درجة الحرارة يعمل على أنكماش طبقة السليكا المتميئة وأصابتها بالتشقق .

## ج - الضوء : . Light

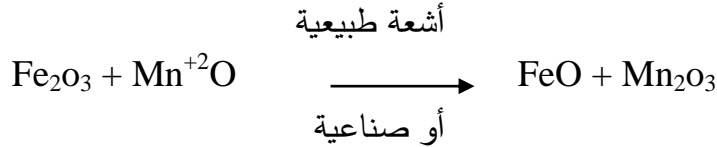
إن تعرض الزجاج للضوء ( الطبيعي والصناعي ) وما يحمله من إشعاعات ضارة تؤدي إلى ظهور مظاهر التلف على الآثار الزجاجية . فالإشعاعات الضوئية لها تأثير كيميائي - ضوئي Photochimique على الزجاج .

فالأشعة الضوئية ، تحت الحمراء أو فوق البنفسجية ، تكون ضارة على الزجاج وبشكل خاص على الزجاج المصاب بتغيرات فعلية فمثلاً الزجاج المصاب بالتشققات الدقيقة Crizzling ، والذي

يكون له نسق زجاجي مفتوح يمكن أن يتغير لونه بدرجات تتراوح من اللون البنى الباهت ، وحتى البنى الفاقع المائل للبنفسجي .

كما أن الأشعة تحت الحمراء يكون لها تأثير حرارى يمكن أن يسبب تغيرات مفاجئة للرطوبة النسبية أو يسبب تسخين موضعي شديد يضر بحالة الزجاج الأثرى . أما الأشعة فوق البنفسجية ينتج عنها تلون الزجاج بدرجة لون خفيفة ، أو ما يطلق عليه ظاهرة التشميس Solarization حيث تميل بعض الألوان إلى التلون بدرجة من اللون الأرجواني Purple . كذلك عند تعرض الزجاج لأي إشعاعات طبيعية أو صناعية ، كالأشعة السينية فإنه يصاب بالإعتام .

والسبب المباشر فى تلوين الزجاج عديم اللون عند تعرضه للأشعة بدرجة من اللون الأرجواني ، إنما ينتج عن تفاعل أكسيد الحديد  $Fe_2O_3$  الموجودة كشوائب فى المواد الخام المستخدمة فى صناعة الزجاج " وأكسيد المنجنيز الثنائى "  $Mn^{+2}$  المضاف إلى خلطة الزجاج لإزالة اللون الناتج عن تواجد أكاسيد الحديد حيث يختزل أكسيد الحديد إلى أكسيد الحديدوز .



#### د - عوامل ومظاهر التلف البيولوجي للآثار الزجاجية:-

يعتبر نمو الكائنات الحية الدقيقة عاملاً مساعداً يؤثر فى تلف الزجاج . وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة التى يمكن أن تنمو على سطح الآثار الزجاجية إلى : .

الفطريات : Fungi - البكتريا : Bacteria - الطحالب : Algae

ويرى نوتين Newton أن نمو الكائنات الحية الدقيقة من طحالب أو فطريات لا يهاجم الزجاج النظيف ، ولكن نموها يحتاج إلى إتساخات أو شحوم ، وأيضاً إلى حُفر تكون مركزاً تثبت نفسها من خلالها فوق سطح الزجاج وأصابته بالتآكل نتيجة اختزان هذه الكائنات للرطوبة ، مما يعجل من سرعة تلف الزجاج .

ولكن كرومبين Krumbein وفى الدراسة الشاملة التى أجراها على مظاهر التلف البيولوجي للزجاج أثبت ما يلى : -

- يمكن نمو الكائنات الحية الدقيقة على الزجاج النظيف " الغير محتوى على اتساخات أو شحوم " وذلك فى وجود قدر كاف من الرطوبة النسبية .

- يتسبب نمو الكائنات الحية الدقيقة فى إيجاد طبقات حيوية Biofilms على سطح الزجاج مما يؤدي إلى تغير الخصائص الفيزيائية له .
- أن نمو الكائنات الحية الدقيقة يهاجم بعض العناصر الداخلة فى تركيب الزجاج مثل الفسفور (P) والبوتاسيوم (K) والحديد (Fe) والمنجنيز (Mn) والكالسيوم (Ca) وأن نموها يساعد بعض هذه العناصر على الهجرة ، بينما تتميز السليكا بالثبات وعدم الحركة أو الهجرة .
- أن نمو هذه الكائنات يسرع من العمليات الفيزيوكيميائية على سطح الزجاج ، حيث يمتص الماء من الجو .
- أن نمو هذه الكائنات يغير من قيمة الأساس الهيدروجينى PH لسطح الزجاج ، بعضها يخفض هذه القيمة إلى ( 2:4 ) ، والبعض الأخر والذى يحتوى على أجزاء ذات تركيب ضوئى " مثل بعض أنواع الطحالب " يرفع هذه القيمة إلى أكثر من (10) .
- أنها تنقل الماء من مكان لآخر على سطح الزجاج ، مما يؤدي إلى خلق بيئة قابلة لنزح وهجرة المواد القلوية .