جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

الخزف والزجاج

الفرع الصناعي

الصف الثالث

تأليف

د. شهاب احمد زيدان الجبوري

د. انغام سعدون العزاوي

زهـراء صلاح احمد

دريد فوزي مهدي

انغـام خاجيك تكلان

رشا عدنان عبد الهادي

سميـرة مجيد عيـدان

الطبعة الثالثة

1447هـ -2025 م

المقدمة:

اصبح الزجاج في يومنا هذا واحداً من المواد المهمة في حياتنا ومن الصعب الاستغناء عنه، لامتلاكه خصائص عزلية (كهربائية وحرارية) وخصائص بصرية وميكانيكية مميزة جعلته ملاذا امناً للمهندسين والفنانين. فقد ابدع المهندسون في تصاميم زجاج النوافذ وواجهات الابنية، كذلك تجسدت اعمال الفنانين في الزجاج في مشغولات زجاجية منقوشة وزجاج معشق اثبتت قدرة العقل البشري على الابداع والتطور.

يمثل كتاب التدريب العملي لطلبة الصف الثالث الحلقة الاخيرة في سلسلة منهاج الخزف والسيراميك (الزجاج)، فقد تضمن هذا الكتاب مجموعة من التمارين مدعومة بالصور التوضيحية لأبرز الاعمال اليدوية على الزجاج والتي يمكن انجازها في ورش بسيطة معدة لهذا الغرض، فضلاً على بعض التمارين في طرائق اختبار بعض خصائص الزجاج ولكن تحتاج الى مختبرات خاصة مزودة بأجهزة الفحص.

تهدف تلك التمارين الى اكساب الطالب المهارة في التعامل مع الزجاج من الناحيتين الفنية والعلمية، لإيماننا بان اصل الاعمال الزجاجية موروثة من فنانين قدامى ابدعوا في اعمالهم وهذه كانت حافزاً للعلماء في وضع اسس وضوابط علمية رصينة اسهمت في ابتكار منتجات زجاجية ذات مواصفات وتطبيقات مهمة من خلال التحكم في نسب المواد الداخلة في تصنيع الزجاج وعمليات التشكيل والتقسية اللاحقة.

لا يسعنا في الختام الا ان نتقدم بالشكر الوافر والتقدير الخالص الى مديرية التعليم المهني لاهتمامها الواعي وايمانها بضرورة اعداد كوادر فنية مهنية ذات اطلاع بالجوانب الفنية والعلمية لموضوع الزجاج، والتي ستأخذ على عاتقها مهمة المحافظة على هذه الحرفة العريقة والتوسع العلمي في ميدان الزجاج من خلال تهيئة تلك الكوادر لإكمال الدراسة الجامعية. الشكر موصول ايضاً الى السادة المقومين العلميين والمقوم اللغوي لجهودهم المبذولة في اخراج هذا الكتاب.

..... والله ولي التوفيق.

المؤلفون

الفصل الاول

قواعد السلامة والامان في ورش الزجاج

اهداف الفصل الأول :

من المتوقع أن يتعرف الطالب على :

1. **قواعد السلامة والأمان في ورش صناعة الزجاج.**
2. **المخاطر المهنية عند التعامل مع المواد الأولية المستعملة.**
3. **كيفية إجراء الإسعاف الاولي عند حدوث إصابة .**

محتويات الفصل الاول

- تمهيد .

(1-1) طرق السلامة والامان في مختبرات الزجاج .

(2-1) مخاطر المواد الكيمياوية .

(3-1) طرائق الاسعافات الاولية .

الفصل الاول

قواعد السلامة والامان في ورش الزجاج

تمهيد:

يقصد بالسلامة والصحة المهنية إنها العلم الذي يهتم بالحفاظ على سلامة وصحة الانسان وذلك بتوفير بيئات عمل امنة خالية من مسببات الحوادث أو الإصابات أو الأمراض المهنية او بعبارة أخرى هي مجموعة من الإجراءات والقواعد والنظم في إطار تشريعي تهدف إلى الحفاظ على الإنسان من خطر الإصابة والحفاظ على الممتلكات من خطر التلف والضياع.

تدخل السلامة والصحة المهنية في مجالات الحياة كلها فعندما نتعامل مع الاجهزة فلا غنى لنا عن أتباع قواعد السلامة واصولها في أماكن العمل المختلفة وفي المنشآت التعليمية فأننا ومن البديهي نحتاج الى قواعد السلامة داخل المصانع.

الأهداف العامة التي تسعى السلامة والصحة المهنية الى تحقيقها هي :

1. حماية العنصر البشري من الإصابات الناجمة عن مخاطر بيئة العمل وذلك بمنع تعرضهم للحوادث والإصابات والامراض المهنية.
2. الحفاظ على مقومات العنصر المادي المتمثلة بالمنشآت وما تحتويه من أجهزة ومعدات من التلف والضياع نتيجة للحوادث.
3. توفير شروط السلامة والصحة المهنية وتنفيذها كافة مع توفير بيئة آمنة للوقاية من المخاطر للعنصرين المادي والبشري.
4. تهدف السلامة والصحة المهنية الى احلال الطمأنينة والأمان في قلوب العاملين في اثناء القيام بأعمالهم.

ولكي تتحقق الأهداف السابقة الذكر لابد من توفر المقومات الاتية :

1. التخطيط الفني السليم والهادف لأسس الوقاية في المنشآت.
2. التشريع النابع من الحاجة إلى تنفيذ هذا التخطيط الفني .

3. التنفيذ المبنى على الأسس العلمية السليمة عند عمليات الإنشاء مع توفير السلامة والصحة المهنية المتخصصة لضمان استمرار تنفيذ خدمات الاجهزة الفنية.

الشروط الواجب توافرها بمهمات الوقاية الشخصية:

1. يجب أن يتم اختيار مهمات الوقاية الشخصية التي تكون مطابقة للمواصفات العالمية حتى تقلل الإخطار التي تستخدم من اجلها لأقل حد ممكن اي انها يجب ان تكون فعالة في الوقاية من المخاطر التي يتعرض لها العامل.
2. يجب أن تكون مناسبة للجسم ومريحة للعامل وسهلة الاستخدام، بمعنى أن تمكن العامل من القيام بالحركات الضرورية لأداء العمل وإنجاز المهام من دون صعوبة وحتى لا يتم إهمال استخدامها من قبل العامل.
3. يجب أن يكون حجمها مناسباً وشكلها مقبولاً، وأن تتحمل ظروف العمل حتى لا تتلف بسهولة.

واجبات الفرد تجاه مهمات الوقاية الشخصية:

1. يجب تدريب العامل على الاستخدام الصحيح لوسائل الوقاية الشخصية لتكون جزءاً من برنامج عمله اليومي .
2. يجب تطبيق لوائح السلامة وأنظمتها بالمنشأة لإلزام العاملين على استخدام وسائل الوقاية الشخصية.
3. تنظيم برامج التوعية لهم لتوضيح فوائدها في تجنب وقوع الاصابات لهم فضلاً عن عمليات الفحص والصيانة والنظافة المستمرة لهذه المهمات.

1-1 طرائق السلامة والأمان في مختبرات الزجاج

توجد عدة أنواع من وسائل الوقاية الشخصية والتي تغطي أعضاء الجسم جميعها تقريباً ، ويعتمد كل نوع من هذه المهمات على طبيعة المخاطر الموجودة في بيئة العمل والغاية التي تستخدم هذه المهمات من اجلها ومن أنواعها :

1- الملابس الواقية

تستعمل الملابس الواقية في حماية جسم العامل من الأضرار المختلفة والتي لا توفرها الملابس العادية والتي قد تكون سبباً لوقوع الإصابات.

وتتناسب مواد صنع هذه الملابس مع طبيعة العمل والمخاطر التي قد تنجم عنه فمنها ما هو مصنوع من الجلد أو من مادة الأسبستوس أو غير ذلك من المواد الخاصة والتي تقدم الحماية المطلوبة من مخاطر معينة، ففي حالة التعرض للحرارة يمكن توفير الوقاية باستخدام بدلات عمل من الاسبستوس او جلد الكروم

المرن, وفي حالة التعرض للمواد الكيمياوية كالأحماض أو القلويات يمكن استخدام بدلات عمل من البلاستك المقاوم للكيمياويات، ولوقاية الصدر يمكن استخدام معاطف واقية بأطوال مختلفة حسب طبيعة العمل.

2- معدات حماية الرأس:

الشكل 1-1

تستعمل القبعات (الخوذ) لحماية الرأس من الأجسام الصلبة التي تسقط فوقها او اصطدامها بالمواد وتوجد أنواع كثيرة منها تعتمد على المواد الداخلة في تركيبها وملائمتها لحجم الرأس فأغلبها يقاوم الصدمات وبعضها يقاوم الحرارة والمواد الكيمياوية.

شروط ومواصفات خاصة لابد من ان تتوفر في واقيات الرأس:

1. تصنع الخوذ من مواد خفيفة لكنها مقاومة للصدمات بحيث لا تشكل ثقلا على ألراس.
2. يجب ان تزود الخوذة بسير جلدي يمكن تثبيتها بحيث لا تكون عرضة للسقوط ولاسيما في الأماكن المرتفعة.
3. المواد المصنعة منها الخوذة لها القدرة على العزل الكهربائي.
4. لا تسمح بنفاذ السوائل من خلالها.

3- معدات حماية الجهاز التنفسي:

تستعمل الكمامات (القناع) في حالة تداول المواد على هيأة أتربة كيماوية دقيقة وهي عبارة عن مرشحات مصنوعة من القطن أو الإسفنج يمكن تثبيتها وفكها بسهولة عند اللزوم فتمنع وصول الأتربة الكيماوية إلى الأنف ومن ثم إلى الجهاز التنفسي.

اما اذا كانت كمية الملوثات كبيرة ويتم التعرض لها لمدة طويلة يمكن ان تزود هذه الكمامة بواقٍ لحماية الوجه والعينين وتستخدم في المناطق غير المغلقة.

الشكل 1-2

4- معدات حماية اليدين:

تستعمل القفازات المستعملة في صناعة الزجاج لحماية اليدين وتكون مصنوعة من مادة القطن أو الإسفنج وتستخدم القفازات المصنوعة من البلاستك لمقاومة الكيمياويات اما في حالة التعرض لتأثير كيمياويات خطرة فتستخدم قفازات مصنوعة من المطاط .

5- معدات حماية العينين:

تستعمل عدة أنواع مختلفة من النظارات الواقية لحماية العينين من الاجزاء المتطايرة والاشعة الضارة والمواد الساخنة والحارقة.

6- معدات حماية الاذنين:

تستعمل السماعات لحماية الاذن من التأشيرات السلبية الناتجة عن الضجيج والضارة بالجهاز السمعي.

7- معدات حماية القدم:

تستعمل الاحذية الخاصة لحماية القدمين من خطر سقوط المواد عليها أو تعرضها بالاصطدام بالمواد.

2-1 مخاطر المواد الكيماوية

توجد المواد الكيماوية على ثلاث حالات رئيسية: الصلبة والسائلة والغازية ويوجد اختلاف في معدل امتصاص الملوثات للجسم بين الإفراد ,وتدخل المواد الكيماوية إلى الجسم عن طريق أربعة طرائق أساسية:

1. الاستنشاق :هو الطريق الأكثر شيوعاً عن طريق استنشاق المواد الكيماوية.
2. الامتصاص: من خلال الجلد والعينين, إذ توجد بعض المواد تستطيع النفاذ من خلال الجلد والعينين والوصول إلى الدورة الدموية وأيضا تحدث خدوش في الجلد بسبب نفاذ المواد إلى الجسم.
3. البلع: دخول المواد الكيماوية إلى الجهاز الهضمي .
4. الحقن الخاطئ: الإصابة باله حادة ملوثة بالمادة الكيماوية.

يمكن تقسيم خطورة المواد الكيمياوية على ما يأتي:

a. السمية الحادة او المزمنة: إذ تظهر التأثيرات الحادة مباشرة أو بعد مدة قصيرة من التعرض للمادة الكيماوية بعد دخولها الى الجسم بتراكيز عالية نسبيا دفعة واحدة أو عدة دفعات كبيرة خلال مدة قصيرة. آما التأثيرات المزمنة فتظهر نتيجة التعرض المتكرر إلى تراكيز منخفضة من المواد السامة لمدد طويلة من الزمن.
b. السمية الموضعية: وتنجم التأثيرات الموضعية عن استجابات فسيولوجية عن طريق التنفس والجلد والعينين مما يؤدي الى حدوث تغيرات في الوظائف الطبيعية لأجهزة الجسم المختلفة.

3-1 طرائق الإسعافات الأولية

الهدف من الإسعافات الأولية إنقاذ حياة المصاب وعلاج الصدمة ومنع حدوث مضاعفات, وقبل البدء بالإسعافات الأولية يجب التأكد من عدم وجود مخاطر مهددة للمصاب مع إزالتها, ففضلاً عن معدات الإسعافات الأولية التقليدية، كما في الشكل (1-3) يجب تدريب العاملين على الإسعافات الأولية والتأكد من المعدات والأدوية المطلوبة ان كانت كافية وصالحة للاستعمال والإسعافات الأولية في ورش الزجاج تكون كما يأتي:

1. قم بمعاينةٍ فورية للمريض لتحديد الإصابة.

2. لا تحرك المصاب إلا إذا تأكدت من احتمالية تعرضه لمخاطر جديدة عندها انقله من مكان الإصابة فورا
3. بلغ خدمات الطوارئ فورا ناقلا لهم معلومات عن مكان وطبيعة الحالة.
4. التدرج في الإسعافات الأولية للمحافظة على حياة المصاب كتضميد الجروح السطحية والعميقة باستعمال قطعة من الشاش المعقم او القماش النظيف .

الشكل 1-3

أسئلة الفصل

س1/ عرف السلامة المهنية ومالاهداف العامة التي تسعى اليها السلامة والصحة المهنية؟

س2/ أملأ الفرغات التالية:

1- توجد المواد الكيماوية على ثلاث حالات رئيسية---------- و ---------- و ----------.
2- في حالة التعرض للحرارة يمكن توفير الوقاية بأستعمال بدلات عمل من -------- أو-------.
3- يمكن تقسيم خطورة المواد الكيماوية الى ----------، ----------.
4- تستعمل القفازات المصنوعة من البلاستك لمقاومة ---------- أما في حالة التعرض لتأثير كيمياويات خطرة فتستعمل قفازات ----------.
5- تدخل المواد الكيماوية الى الجسم عن طريق ----------، ----------، ----------، ----------.

س3/ عدد طرق السلامة والامان في مختبرات الزجاج، مع شرح أحدها.

س4/ ما المقومات اللازم توفرها لتحقيق أهداف السلامة المهنية؟

س5/ ما الهدف من الاسعافات الاولية؟ وكيف يمكن تحقيق ذلك.

س6/ أذكر الشروط الواجب توفرها في واقيات الرأس.

الفصل الثاني

تصنيع الزجاج وتقطيعه

اهداف الفصل الثاني:

من المتوقع ان يتعرف الطالب على :

1. المواد الاولية الداخلة في تصنيع الزجاج.
2. آلية الخلط لمكونات الزجاج .
3. الادوات المستعملة في تحضير الزجاج عند صهر خليط مساحيق المواد الاولية.
4. كيفية التعامل مع الزجاج ميكانيكياً من خلال عمليات التقطيع والتثقيب.

محتويات الفصل الثاني:

- تمهيد .

التمرين1: تصنيع الزجاج من الخامات الاولية.

التمرين2: قطع اللوح الزجاجي بشكل مستقيم.

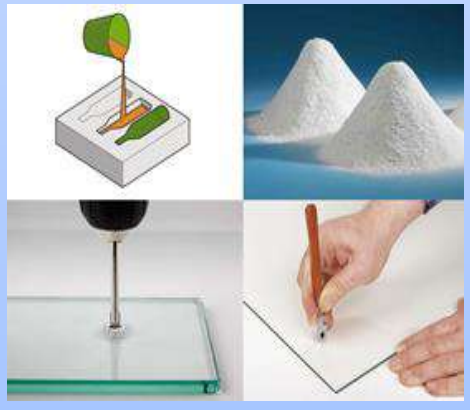
التمرين3: قطع اللوح الزجاجي بشكل منحني.

التمرين4: قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة اللهب والتبريد السريع.

التمرين5: قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة حجر التنعيم.

التمرين6: طريقة عمل الثقوب في اللوح الزجاجي.

أسئلة الفصل



الفصل الثاني

تصنيع الزجاج وتقطيعه

تمهيد:

تواجه عمليات تصنيع الزجاج تحديات كثيرة تتمثل بالدرجة الاساس على نقاوة الخامات والمواد الاولية المستعملة في التصنيع، اذ تحدد نقاوة ونسب اضافة الخامات نوع ولون الزجاج الذي يتم تصنيعه. بالإضافة الى الخصائص الفيزيائية والكيميائية التي ستتأثر كثيرا بتلك العوامل وهذا سينعكس على كفاءة عمل الزجاج في التطبيقات المتعددة. لذلك تضبط النسب المئوية والاحجام الحبيبية للمساحيق الداخلة في تصنيع الزجاج قبل البدء بعملية الصهر واجراء عملية اضافة بعض المواد اثناء عملية الصهر لتلافي ظهور العيوب في الزجاج مثل الفقاعات.

بما ان الزجاج يعد من المواد الهشة (سريعة الكسر) فإن عمليات التشغيل الميكانيكي مثل القطع والتثقيب يجب ان تتم بتقنيات خاصة تتطلب مهارات شخصية وخطوات محددة تجنباً لعملية الكسر المفاجئ لذلك وجدت معدات مختلفة لأجراء عمليات القطع وهذه مهمة اذا ما اريد انتاج قطع زجاجية بأعداد كبيرة وذات تصاميم هندسية محددة.

أما في حالة الرغبة بالحصول على لوحات فنية من الزجاج ومنها الزجاج المعشق، فإن ذلك يتطلب انجازه من قبل فني ماهر في عمليات قطع الزجاج.

ماكنة قطع الزجاج بوساطة تيارات الماء النفاثة

Water Jet Cutting Machine

رقم التمرين : 1 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تصنيع الزجاج من الخامات الاولية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

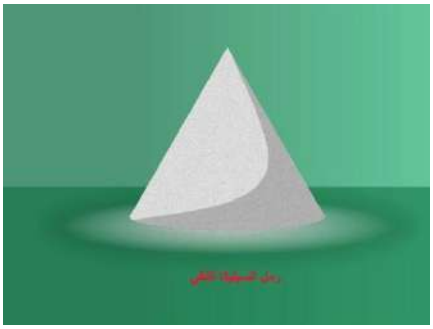
أولاً- الأهداف التعليمية:

ان يكون الطالب قادراً على تحضير الزجاج من المواد الاولية.

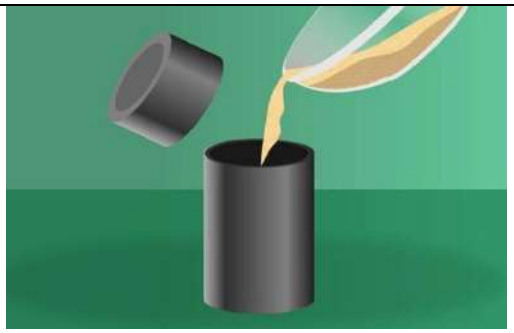
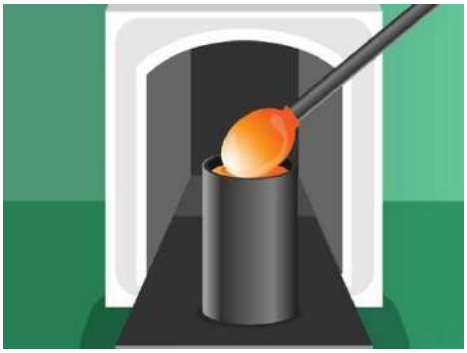
ثانيا-التسهيلات التعليمية:

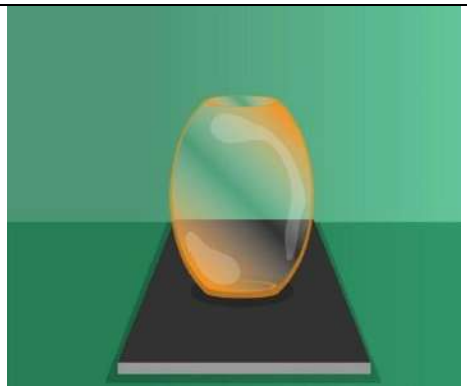
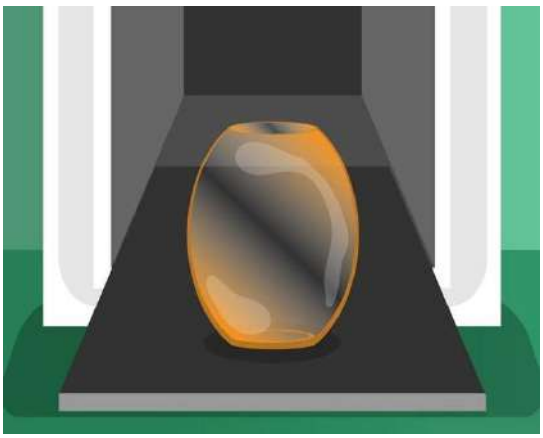
1. فرن حراري لصهر الزجاج (فوق 1500 ^{o}C).
2. بودقة صهر الزجاج (يفضل من البلاتين).
3. كفوف حرارية.
4. ماسك .
5. مساحيق (رمل السيلكا، كاربونات الصوديوم،.....) .
6. انبوب نفخ الزجاج.

ثالثا- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 الشكل (1)
2	احضر رمل السيلكا والمسمى رمل الكوارتز الذي يحتوي على نسبة عالية من SiO_2 ويمثل اساس الزجاج ويجب ان يكون رمل السيلكا خالي من اوكسيد الحديد الاحمر Fe_2O_3 حيث يجعل اوكسيد الحديد الزجاج أخضر اللون. كما في الشكل (2) .	 الشكل (2)

3	أضف كاربونات الصوديوم واوكسيد الكالسيوم الى رمل السيلكا. كاربونات الصوديوم تعمل على خفض درجة حرارة المنصهر الزجاجي لكي يسهل عمليات الانصهار وانخفاض اللزوجة ولكن يزيد من نفوذية الماء من الزجاج ولذلك يضاف اوكسيد الكالسيوم لمنع هذه الظاهرة. ايضاً يمكن اضافة اكاسيد المغنيسيوم او الالومينا لزيادة متانة الزجاج عموماً، وهذه الاضافات تتراوح ما بين 26% الى 30% نسب وزنية من الخليط الزجاجي، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	إضافة مواد اخرى تعتمد على نوع الزجاج المراد تصنيعه. اكثر الاكاسيد المضافة لأغراض الزينة هو اوكسيد الرصاص حيث يضيف بريقاً للزجاجيات الكرستالية فضلاً على النعومة وتسهيل عملية القطع وخفض درجة حرارة الانصهار. بالإضافة الى امكانية اضافة اوكسيد اللنثانيوم الى زجاج البصريات لامتلاكه معامل انكسار عالٍ. بينما يعمل اوكسيد الحديد على زيادة امتصاص الزجاج للحرارة. يمكن ان يحتوي الزجاج على نسبة بحدود 33% من اوكسيد الرصاص. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	اضافة الاكاسيد الملونة مع اوكسيد الحديد تزيد اللون الاخضر في الزجاج، كذلك مركبات اخرى مثل اوكسيد النحاس ومركبات الكبريت تعطي لون اسود او بني او مصفر بالاعتماد على كمية الكربون او الحديد المضاف الى الخليط، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

6	ضع الخليط في بودقة مقاومة للحرارة اللازمة لصهر الخليط الزجاجي، اذ ان خليط الزجاج يذوب بدرجات حرارية تتراوح ما بين $1500^{o}C$ الى $2500^{o}C$. ويجب ان تتحمل البودقة التفاعلات الكيميائية التي قد تحدث بين منصهر الزجاج ومادة البودقة. كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
7	ادخل الخليط وهو داخل البودقة الى فرن الصهر، وعادة ما يكون فرن كهربائي للاستعمالات المختبرية البسيطة وقد يكون غازي للأعمال الكبيرة. يتحول خليط مسحوق الزجاج الى منصهر بدرجة حرارة تقريباً $2300^{o}C$ (لزجاج السيليكا فقط)، ولكن هذه الدرجة تصبح $1500^{o}C$ عند اضافة كاربونات الصوديوم، كما في الشكل (7).	الشكل 7-1
8	جانس منصهر الزجاج وذلك من خلال تحريكه بأداة مقاومة للانصهار مع اضافة بعض المواد التي تحقق التجانس مثل كبريتات الصوديوم او كلوريد الصوديوم او اوكسيد الانتمون، كما في الشكل (8).	الشكل (8)
9	مرحلة تشكيل منصهر الزجاج: يمكن تشكيل الزجاج بعدة طرق منها: صب منصهر الزجاج في قالب ثم يترك ليتصلب. استعمل المصريون القدماء هذه الطريقة، وهي مستعملة حالياً في صناعة العدسات الزجاجية. كذلك يمكن جمع اي كمية من منصهر الزجاج في نهاية انبوب نفخ الزجاج ونفخ المنصهر مع تدوير الانبوب اذا تطلب الامر ذلك مع الاستمرار بالتسخين. (سيأتي شرح هذه الطرق مفصلاً في الفصول القادمة)، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)

10	ضع العمل الزجاجي في مكان آمن واتركه ليبرد ببطء، احذر الغبار المتطاير في الجو أو الماء المتساقط الذي قد يؤدي الى تكسر العمل الزجاجي اذا سقط عليه بفعل الصدمة الحرارية التي قد تسبب تشقق العمل الزجاجي. كما في الشكل (10).	 **الشكل (10)**
11	اجراء عملية التقسية على المنتج الزجاجي اذ يتم ادخال العمل الزجاجي المنتج الى الفرن مرة ثانية وذلك لزيادة متانته الميكانيكية وتهدف عملية التقسية او التلدين الى ازالة الاجهادات التي قد تتولد اثناء عمليات التبريد فالزجاج الغير ملدن يكون اقل متانة من الزجاج الملدن ويمكن ان تكون هناك عمليات اخرى تشمل الطلاء او التصفيح عدا ذلك فان العملية تهدف الى تحسين الخصائص الميكانيكية. تتم عملية التلدين بإدخال العمل الزجاجي مرة ثانية الى الفرن وتعتمد درجة حرارة التلدين على مكونات الزجاج وتبدأ من 750^oC وتصل الى 1000^oC. ويجب ان تبرد القطع الكبيرة ببطء اشد من القطع الصغيرة ولذلك يجب معرفة طرائق التلدين قبل البدء بعملية التشكيل. كما في الشكل (11).	 **الشكل (11)**
12	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
13	<u>المناقشة:</u> 1. ما الفائدة من اضافة كاربونات الصوديوم الى رمل السيلكا عند تصنيع الزجاج؟ 2. لماذا تظهر بعض الزجاجيات باللون الاخضر؟ 3. لماذا يحرك المنصهر في داخل البودقة؟ 4. ماهي المضار المتوقعة من التغيرات السريعة للتبريد على العمل الزجاجي؟ 5. ما هي فوائد اضافة اوكسيد الرصاص PbO لخلطة الزجاج؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: تصنيع الزجاج من الخامات الاولية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيئة المكان والادوات.	10%		
3	مرحلة تحضير رمل السيليكا.	10%		
4	مرحلة خلط المكونات الاخرى ووضع الخلطة في الفرن.	15%		
5	مرحلة خلط منصهر الزجاج.	10%		
6	مرحلة التشكيل بالنفخ.	10%		
7	مرحلة التلدين.	10%		
8	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
9	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(6) و(7) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :2 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قطع اللوح الزجاجي بشكل مستقيم.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

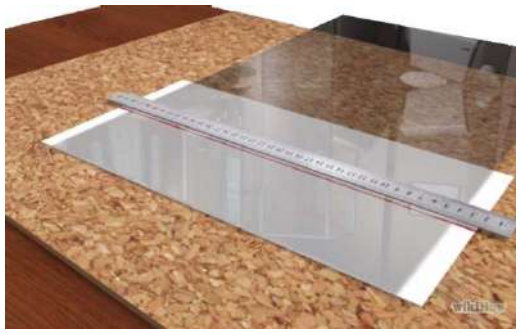
أن يكون الطالب قادرا على تعلم الخطوات الصحيحة في عملية قطع اللوح الزجاجي بشكل مستقيم .

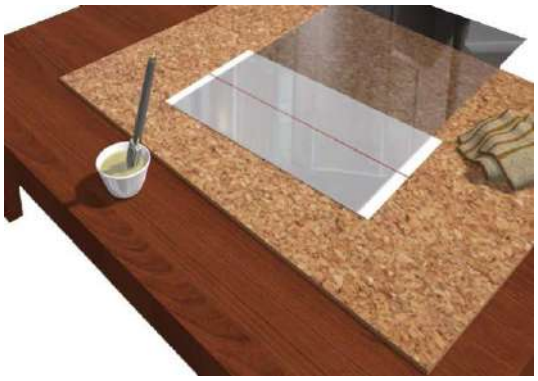
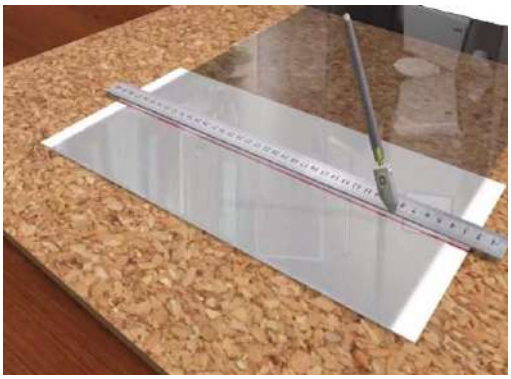
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

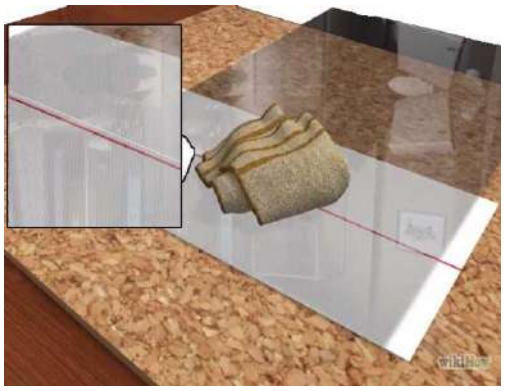
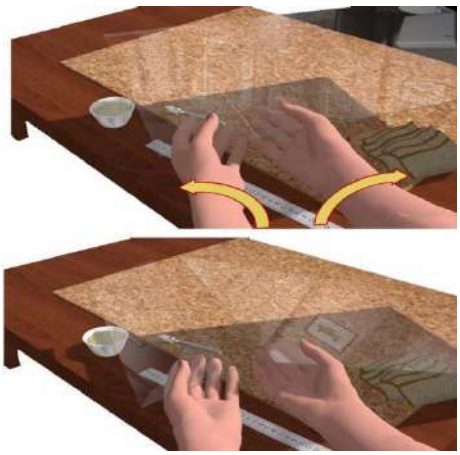
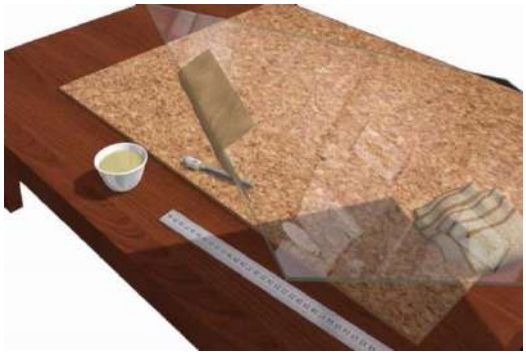
1. منضدة كبيرة تعد مساحة للعمل .
2. قطعة قماش نظيفة لتنظيف اللوح الزجاجي قبل عملية القطع.
3. اداة القطع على شكل قلم ذات راس ماسي او مادة عالية الصلادة .
4. اناء يحتوي على كمية قليلة من النفط مع ورقة تنعيم من الرمل ومسطرة مدرجة سميكة.
5. لوح زجاجي.
6. ماء.

ثالثا- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	ضع اللوح الزجاجي على منضدة ذات سطح ناعم وسهل التنظيف لكي لا يخدش اللوح الزجاجي . كما في الشكل (2)	 **الشكل (2)**

3	قم بتنظيف سطح اللوح الزجاجي للمنطقة المراد قطعها بقطعة من القماش النظيف لان الغبار والاوساخ على السطح الزجاجي سوف يعرقل عملية القطع بوساطة اداة القطع . كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	نستعمل اداة قطع الزجاج التي تكون بحجم قلم الرصاص ذات راس ماسي او عجلة صلدة مع بعض النفط الابيض لصنع شق بداخل اللوح الزجاجي ليسهل بذلك كسر اللوح على طول الشق بصورة نظيفة. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	يجب عمل الشق في اللوح الزجاجي من حافة اللوح الى الحافة الاخرى من اللوح ويمكن رسم خط مستقيم على اللوح بوساطة قلم مع مسطرة مدرجة او رسم الخط المستقيم على ورقة توضع تحت اللوح الزجاجي . كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**
6	استعمل مسطرة منضديه سميكة الجانب لكي لا تتعارض مع العجلة الصلدة بأداة القطع الزجاجي ويؤدي الى عدم انتظام حركة القطع للأداة. كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**

7	قم بتغميس اداة القطع الزجاجي في النفط الابيض وامسك الاداة مثل قلم الرصاص . وان الاداة المغمسة بالنفط تعمل خطاً شقياً ناعماً مقارنة بالأداة غير المغمسة. تأكد من خلال النظر الى العجلة الصلدة للأداة وهي تسير بشكل خطي مستقيم على الخط المرسوم على اللوح او على الورقة تحت اللوح الزجاجي في المنطقة المراد قطعها. كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	سلط ضغط على اللوح الزجاجي اثناء عملية سحب اداة القطع على طول السطح الزجاجي. دحرجة العجلة الصلدة لأداة القطع تصدر صوتاً ناعماً مثل الحرير الممزق دليل على عمل شق جيد. اما الصوت المدوي اثناء سحب اداة القطع ودحرجة العجلة الصلدة يدل على تسليط ضغط قوي للغاية او اداة القطع غير مغمسة بالنفط. يجب ان يكون الضغط المسلط متساوياً مع طول السطح الزجاجي اثناء عمل الشق وجعل الصوت اقل والقطع اكثر انخفاضاً سوف ينتج عنه افضل شق يمكن الحصول عليه. اعمل الشق من حافة اللوح الى الحافة الاخرى ولا تقوم بتكرار عمل الشق على اثر الشق السابق اذا اضعت منطقة في اثناء عمل الشق. كما في الشكل (8).	 الشكل (8)

9	قم بمسح النفط من على سطح اللوح الزجاجي بوساطة قطعة من القماش والشق الناتج يشبه الخدش الصغير من حافة اللوح الزجاجي الى الحافة الاخرى والشق الناتج يجب ان يكون غير مشظى وبالكاد مرئي. كما في الشكل (9) .	 **الشكل (9)**
10	سلط ضغط من رسغ اليدين لفصل اللوح الزجاجي على طول الشق من دون تحريك مرفق اليدين. امسك اللوح باليدين كل يد على طرف من الشق في اللوح ودور يدك اليمنى باتجاه عقارب الساعة وفي الوقت نفسه دور يدك اليسرى عكس عقارب الساعة. سوف تلاحظ انفصال اللوح الزجاجي الى قطعتين بدلاً من واحدة من مكان الشق الذي يعد نقطة ضعف. كما في الشكل (10) .	 **الشكل (10)**
11	استعمل ورق التنعيم او حجر التنعيم لتنعيم الحافات الحادة من مكان القطع للوح الزجاجي. كما في الشكل (11) .	 **الشكل (11)**

12	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.
	المناقشة: 1. لماذا يسلط ضغط متساوٍ على طول الشق في اثناء عملية سحب اداة القطع على اللوح الزجاجي؟ 2. لماذا تستعمل مسطرة سميكة في اثناء عمل الشق؟ 3. ما فائدة النفط الابيض في عمل اداة القطع؟ 4. يزداد معدل فشل كسر اللوح عندما يكون طول الشق اكثر من 60 cm ؟ 5. ترك مسافة 15 cm عند مسك اللوح بوساطة اليدين بين طرفي الشق عند عملية فصل اللوح؟ 6. ما سبب تنظيف سطح اللوح الزجاجي قبل البدء بعملية عمل الشق في اللوح؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قطع اللوح الزجاجي بشكل مستقيم.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تنظيف سطح اللوح ورسم الخط للشق.	10%		
4	مرحلة استعمال المسطرة السميكة وتغميس الاداة .	15%		
5	مرحلة عمل الشق على سطح اللوح بضغط	10%		
6	مرحلة مسك اللوح وفصله الى قطعتين.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و (6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل بها.

رقم التمرين :3 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قطع اللوح الزجاجي بشكل منحني.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا-الأهداف التعليمية:

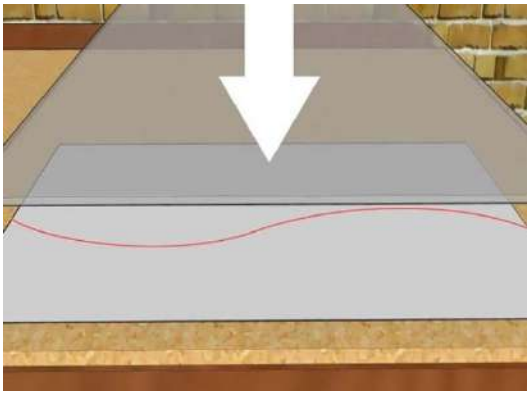
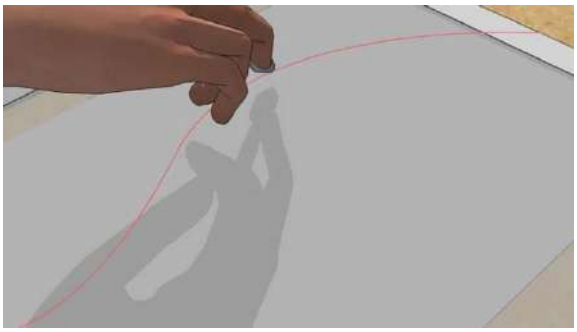
أن يكون الطالب قادرا على تعلم الخطوات الصحيحة في عملية قطع اللوح الزجاجي بشكل منحني .

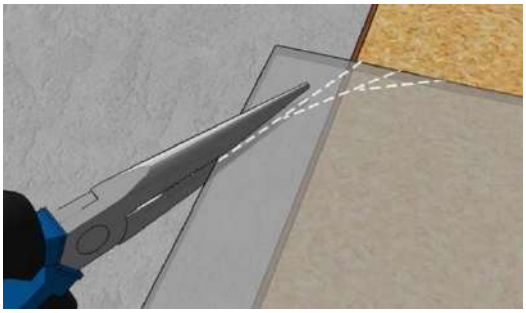
ثانيا -التسهيلات التعليمية:

1. منضدة كبيرة تعد مساحة للعمل عليها .
2. قطعة قماش نظيفة لتنظيف اللوح الزجاجي قبل عملية القطع.
3. اداة القطع على شكل قلم ذات راس ماسي او مادة عالية الصلادة .
4. اناء يحتوي على كمية قليلة من النفط مع ورقة تنعيم من الرمل .
5. لوح زجاجي.
6. ماء.

ثالثا - خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**
2	قم بأجراء الخطوات نفسها بالتمرين 2 من الخطوة 2 الى الخطوة 5 .	

3	ارسم الخط المنحني على سطح اللوح الزجاجي مباشرة او على ورقة توضع تحت اللوح الزجاجي بحيث يبدأ من حافة اللوح وينتهي بالحافة الاخرى للوح. كما في الشكل (2) .	 **الشكل (2)**
4	أمسك اداة القطع الزجاجي كما تمسك قلم الرصاص واعمل شق على طول الخط المنحني المرسوم على اللوح نفسه او على ورقة موضوعة تحت اللوح الزجاجي بشكل دقيق وبيد ثابتة من حافة اللوح الزجاجي الى الحافة الاخرى للوح . كما في الشكل (3) .	 **الشكل (3)**
5	اقلب اللوح الزجاجي ثم سلط ضغطاً خفيفاً بوساطة اصبع الابهام على مركز الشق ثم كررها على طول الشق من حافة اللوح الى الحافة الاخرى. سوف تلاحظ انفصال اللوح الى قطعتين من مكان الشق الناتج . كما في الشكل (4) .	 **الشكل (4)**

6	اذا كان الشق المطلوب عمله قريباً من حافة اللوح الزجاجي ففي هذه الحالة تعمل عدة شقوق مماسية للمنحني باستعمال كماشة نقوم بإزالة القطع الصغيرة الزجاجية من مكان الشقوق المماسية لكي يظهر المنحني المطلوب ومن ثم ينعم بوساطة ورق التنعيم الرملي. كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**
7	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
8	المناقشة: 1. هل تعتبر عملية قطع اللوح الزجاجي بشكل منحني صعبة نوعا ما ولماذا؟ 2. ما السبب في قلب اللوح الزجاجي والضغط على ظهر اللوح في مكان الشق وليس على الشق مباشرة؟ 3. لماذا يسهل عمل منحنٍ في حافة اللوح الزجاجي منه في وسط اللوح الزجاجي؟ 4. ما هو افضل عمل قطع من الزجاج كبيرة او صغيرة بوساطة الشقوق المماسية عند عمل منحني على اللوح الزجاجي؟ 5. لماذا نعمل شقوقاً مماسية لقطع اللوح الزجاجي بشكل منحنٍ من حافته؟ 6. ما الفشل الذي يؤدي الى عدم حصول منحنٍ بشكل مثالي؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قطع اللوح الزجاجي بشكل منحنٍ .				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيئة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تنظيف سطح اللوح ورسم الخط للشق .	10%		
4	مرحلة عمل الشق على سطح اللوح بضغط .	15%		
5	مرحلة قلب اللوح الزجاجي وتسليط ضغط.	10%		
6	مرحلة عمل شقوق مماسية للمنحني من حافة اللوح.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرة (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها .

رقم التمرين :4 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة اللهب والتبريد السريع.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

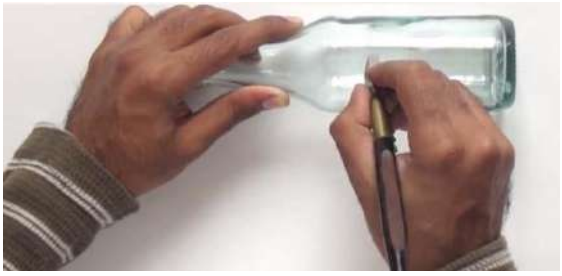
أن يكون الطالب قادرا على تعلم الطرائق المختلفة في قطع القنينة الزجاجية بالتبريد السريع والاستفادة من القناني المستعملة في صنع اشياء مفيدة.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. منضدة كبيرة تعتبر مساحة للعمل عليها .
2. طريقة القطع اما اداة قطع الزجاج ذات شكل القلم والرأس الماسي مع مصدر لهب (اما شمعة عادية او مشعل) والطريقة الاخرى اداة قطع الزجاج ذات شكل القلم والراس الماسي مع الماء الحار او استعمال خيط صوفي مغمس بالنفط يلف حول القنينة ويشعل بالنار.
3. اناء يحتوي على كمية قليلة من النفط مع ورقة تنعيم من الرمل .
4. اناء يحتوي على ماء بارد جدا.
5. قنينة زجاجية.
6. ماء.

ثالثا- خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**

2	باستعمال اداة القطع الزجاجي اعمل شقاً على محيط القنينة الزجاجية. كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	سلط حرارة بصورة مباشرة ومركزة على طول الخط الشقي الذي عمل على القنينة الزجاجية بوساطة شمعة عادية او مشعل غازي مع القيام بتدوير القنينة بوساطة اليدين بصورة ثابتة لتغطية حرارية منتظمة، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	بعد انقضاء 5 دقائق على عملية تسخين الخط الشقي في القنينة الزجاجية قم بتغميس الجزء النهائي من القنينة الى حد الشق اي الجزء المراد قطعه في اناء يحتوي على ماء بارد جدا. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	قد يتطلب اجهاد اكبر لكي تنكسر القنينة الزجاجية من مكان الشق. اي يتطلب اكثر من دورة واحدة من عملية التسخين والتبريد لذلك قم بإعادة عملية التسخين لمدة 5 دقائق ومن ثم غمس القنينة في الاناء الحاوي على الماء البارد جدا الى ان تنفصل القنينة الى جزئين .كما في الشكل (5) .	 الشكل (5)

6	استعمل قطعة من ورق التنعيم الرملي لتنعيم حافات القنينة المقطوعة وازالة النقاط الحادة على حافات القنينة. استبدل ورقة التنعيم بورقة تنعيم اكثر نعومة لكي تزيل كل النقاط الحادة على حافات القنينة وتعمل هذه الخطوة بعد فصل القنينة الى قطعتين لكي تتجنب جرح نفسك.الان يمكنك استخدام الجزء المقطوع من القنينة كحاوية لأقلام الرصاص او كاس للشرب وغيرها من الاستخدامات العديدة. كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
8	المناقشة: 1. ما فائدة عملية التسخين والتبريد السريع على قطع القنينة الزجاجية؟ 2. ما تأثير سمك القنينة الزجاجية في دورات عملية التسخين والتبريد؟ 3. هل يمكن قطع القنينة الزجاجية بعملية التسخين والتبريد السريع من دون حدوث شق في القنينة بوساطة اداة القطع الزجاجية وماهي نتيجة القطع؟ 4. هل لاختلاف اقطار القناني الزجاجية تأثير على عملية التسخين والتبريد السريع؟ 5. ما هو تأثير قطر اللهب اذا كان كبيراً او صغيراً المسلط على الشق على نتيجة القطع النهائية؟ 6. هل لديك فكرة او طريقة اخرى لعملية التسخين والتبريد؟	

استمارة قائمة الفحص

الجهة الفاحصة:

اسم الطالب :

المرحلة : الثالثة **التخصص : الخزف والزجاج**

اسم التمرين: قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة اللهب والتبريد السريع.

الرقم	الخطوات	الدرجة القياسية	درجة الأداء	الملاحظات
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيئة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تنظيف سطح القنينة الزجاجية .	10%		
4	مرحلة عمل الشق على سطح القنينة بالضغط.	15%		
5	مرحلة تسليط اللهب على شق في القنينة .	10%		
6	مرحلة التبريد السريع للقنينة بعد التسخين	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				

اسم الفاحص	التوقيع
التاريخ:	

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :5 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة حجر التنعيم (Dermal).

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

أن يكون الطالب قادرا على تعلم الطرائق المختلفة في قطع القنينة الزجاجية بوساطة حجر التنعيم (Dermal) والاستفادة من القناني المستعملة في صنع اشياء مفيدة.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. منضدة كبيرة تعد مساحة للعمل عليها .
2. تتم طريقة القطع باستعمال حجر التنعيم (Dermal).
3. شريط لاصق غير شفاف.
4. قنينة زجاجية.

ثالثا - خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	يجب اولا تحديد منطقة القطع على القنينة الزجاجية قبل استعمال حجر التنعيم (Dermal) وذلك باستعمال قطعتين من الشريط اللاصق غير الشفاف يوضعان بشكل قريب جدا من بعضهما البعض ليشكلا خطاً رقيقاً حول القنينة الزجاجية في المكان المراد قطعه، كما في الشكل (2) .	الشكل (2)

3	ضع منطقة قطع القنينة الزجاجية على الحافة النهائية لحجر التنعيم (Dermal) على طول الخط الرقيق بين الشريطين. قم بتدوير القنينة بوساطة اليدين بصورة بطيئة في اثناء عملية مرور حجر التنعيم على الخط الرقيق بين الشريطين وربما يتوجب عليك المرور اكثر من مرة على الخط الرقيق لكي تحصل على عملية قطع نظيفة. كما في الشكل (3) .	 **الشكل (3)**
4	بعد عملية القطع يجب عليك تنعيم حافات الجزء المقطوع من القنينة الزجاجية بوساطة ورقة التنعيم الرملي ومن ثم تنتقل الى ورق اكثر نعومة لتتخلص بشكل نهائي من كل النقاط الحادة الموجودة في حافة الجزء المقطوع من القنينة الزجاجية بذلك تكون قد انهيت القطع .كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
6	المناقشة: 1. ما تأثير سرعة دوران حجر التنعيم في عملية القطع؟ 2. ما فائدة الشريط اللاصق غير الشفاف؟ 3. هل لقطر القنينة الزجاجية تأثير على سرعة دوران حجر التنعيم وعملية القطع؟ 4. لماذا يجب تنعيم حافة الجزء المقطوع من القنينة بورق التنعيم الرملي؟ 5. ما الفشل الذي يؤدي الى كسر القنينة اثناء عملية القطع؟ 6. هل تعد طريقة القطع هذه اسرع من طريقة التسخين والتبريد السريع؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة حجر التنعيم (DREMAL).				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تنظيف سطح القنينة الزجاجية .	10%		
4	مرحلة عمل الشريط اللاصق الغير شفاف.	15%		
5	مرحلة مرور الخط الرقيق على حافة حجر التنعيم .	10%		
6	مرحلة تنعيم حافات الجزء المقطوع بورق التنعيم	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :6 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : طريقة عمل الثقوب في اللوح الزجاجي.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

تَعّلم الطالب الخطوات الصحيحة في عمل الثقوب على لوح زجاجي بصورة منتظمة ونظيفة خالية من اي عيوب والاستفادة من الثقوب في ربط اللوح الزجاجي مع اشياء اخرى او وضع ماسكات للوح الزجاجي.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

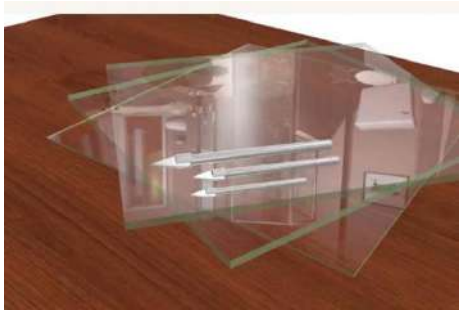
1- منضدة كبيرة تعد مساحة العمل عليها .

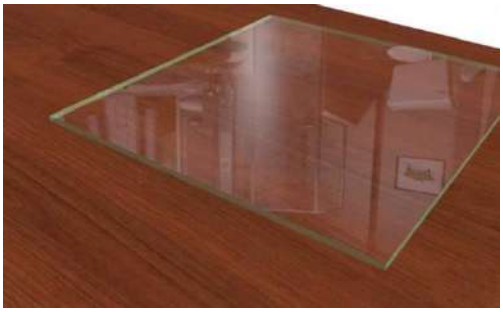
2- مثقاب كهربائي مع مثاقب ذات راس الماس او كاربيد التنغستن.

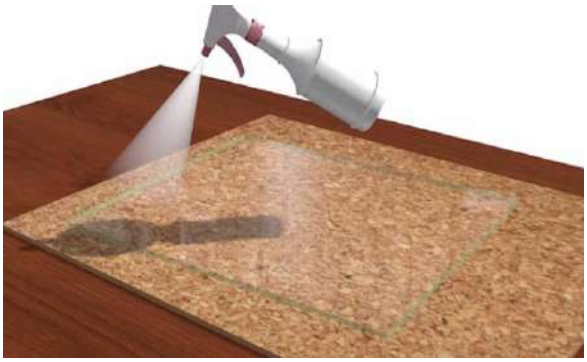
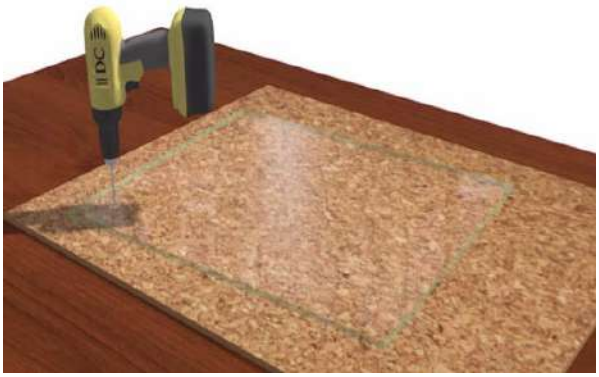
3- لوح زجاجي .

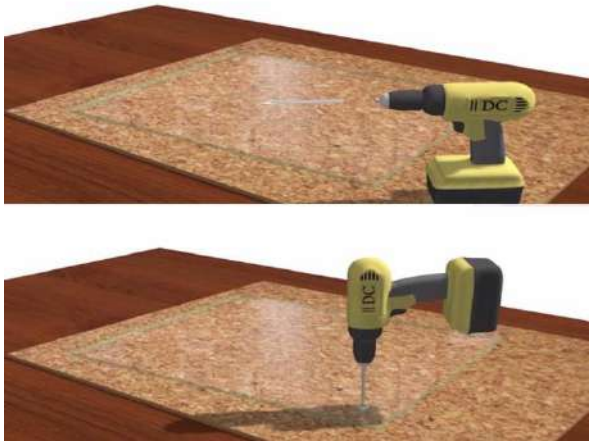
4- مسطرة مدرجة ومرذاذ ماء.

ثالثا - خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	يوجد نوعان من المثاقب الملائمة لثقب الزجاج وهما المثاقب ذات الرؤوس الالماس وكاربيد التنكستن. مثاقب الالماس تستعمل عادة لثقب الزجاج اذ تثقب عدة ثقوب باستعمال مثقاب واحد ونادرا ما يحدث كسر اذا كان الاستعمال صحيح.	 الشكل (2)

	مثقاب كاربيد التنكستن يملك رأس يشبه المجراف ومصنع ليتحمل الاحتكاك في اثناء ثقب الزجاج. اختيار المثقاب يعتمد على حجم الثقب المراد عمله لتلك الثقوب ذات أقطار تصل الى نصف انج. اذا يفضل استعمال مثقاب الالماس، كما في الشكل (2).	
3	قم باختيار لوح زجاجي غير معالج والأمن لان هذه الانواع من الزجاج تحتاج الى معدات خاصة بالثقب غير موجودة في الاسواق وتأكد من اختيار لوح زجاجي ملائم بالحجم والسمك للتمرين المراد القيام به، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	قم بقياس وتحديد مواقع الثقوب المراد عملها على اللوح الزجاجي بحيث تكون ابعد ما يمكن عن زوايا وحافات اللوح الزجاجي. ويجب ان تكون المسافة المتروكة بين الثقب وحافة اللوح الزجاجي على الاقل ¾ Inch ، كما في الشكل (4)	 الشكل (4)
5	ضع اللوح الزجاجي على سطح مستوي للغاية وساند بشكل كامل للوح الزجاجي ويمكن وضع حصيرة مطاطية او اي مادة وسادية تحت اللوح الزجاجي بحيث يكون اللوح الزجاجي بوضعية مستوية ومسنّد تماما، كما في الشكل (5) .	 الشكل (5)

6	استعمل مرذاذ يحتوي على ماء. قم برش الماء بوساطة المرذاذ بصورة مستمرة على اللوح الزجاجي اثناء عملية الثقب بوساطة المثقاب الكهربائي. هذا يساعد على عدم تطاير قطع الزجاج الصغيرة جدا اثناء عملية الثقب، كما في الشكل (6) .	 الشكل (6)
7	ركب المثقاب في محرك السرعة المتغيرة للمثقاب الكهربائي وتأكد انه مؤمن جيدا. يفضل المثقاب ذو قطر صغير تقريبا 1/8 Ing انج كبداية لعملية الثقب. ضع المثقاب الكهربائي على مركز موقع الثقب المعين وابدا بعملية الثقب. عملية الثقب تكون بضغط ثابت ودفع المثقاب الكهربائي مع سرعة ثقب بطيئة وثابتة . كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	قبل الوصول الى خلف اللوح الزجاجي توقف عن عملية الثقب وقم بقلب اللوح الزجاجي على جهته الخلفية وضعه على المنضدة. ان الثقب بوساطة المثقاب الكهربائي خلال الزجاج يعمل على تكسر او ترقق الجهة الخلفية من اللوح الزجاجي مما يؤدي الى تشوه الثقب من الجهة الخلفية. لذلك يفضل اجراء هذه الخطوة لكي نحصل على ثقب متساوٍ من جهتي اللوح الزجاجي. ابدا الثقب من الجهة الخلفية او ظهر اللوح الزجاجي ليلتقي مع	 الشكل (8)

	بقية الثقب من الجهة الامامية للوح الزجاجي .كما في الشكل (8).	
9	قم بتبديل المثقاب ذي القطر الصغير الى مثقاب ذي القطر الاكبر والمطلوب عمله على اللوح الزجاجي في المثقاب الكهربائي وتأكد من انه مؤمن جيدا. الثقب الذي تم عمله يكون كدليل للمثقاب الذي يعمل على توسيع قطر الثقب الصغير وليس ثقبه مرة اخرى وصولا الى قطر الثقب المطلوب. قم بوضع المثقاب الكهربائي على الثقوب المصنوعة على اللوح الزجاجي ووسع الثقوب وصولا الى القطر المطلوب. هنا يتطلب ضغط اقل وسرعة واطئة في اثناء عملية الثقب .كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
11	المناقشة: 1. ما فائدة رش الماء على اللوح الزجاجي في اثناء عملية الثقب؟ 2. ما الغاية من استعمال السرعة البطيئة للمثقاب الكهربائي اثناء عملية الثقب؟ 3. هل يمكن الاستعاضة عن المثقاب ذات الرؤوس الالماس والكاربيد التنغستن ولماذا؟ 4. ما الضرورة من عملية الثقب من جانبي اللوح الزجاجي وليس الاستمرار من جانب واحد؟ 5. لماذا يستعمل اولا مثقاب ذو قطر صغير ومن ثم مثقاب ذو قطر اكبر ؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب : **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: طريقة عمل الثقوب في اللوح الزجاجي.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة اخذ القياسات وتعيين موقع الثقوب .	10%		
4	مرحلة تركيب المثقاب الصغير ورش اللوح بالماء.	15%		
5	مرحلة قلب اللوح الزجاجي والثقب من ظهره.	10%		
6	مرحلة تركيب مثقاب الاكبر والمطلوب وثقب اللوح.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

أسئلة الفصل

س1/ علل ما يأتي:-

1- وضع خليط الزجاج بداخل بودق مقاوم للحرارة.
2- أستعمال ورق التنعيم أو حجر التنعيم بعد قطع الزجاج.
3- أضافة كبريتات الصوديوم أو كلوريد الصوديوم أو أوكسيد الانتيمون الى منصهر الزجاج.
4- يتم وضع العمل الزجاجي في مكان آمن بعيد عن الغبار أو الماء المتساقط.
5- عند قطع لوح زجاجي يجب أن يكون غير معالج ولا آمن.
6- تنظيف اللوح الزجاجي للمنطقة المراد قطعها.

س2/ ما طرائق قطع القنينة الزجاجية الى نصفين؟ أذكرها مع شرح واحدة.

س3/ كيف يمكن تحديد كل مما يأتي:-

1- قطع اللوح الزجاجي بشكل مستقيم وبشكل منحني.
2- قطع القنينة الزجاجية الى نصفين.

س4/ وضح طرائق عمل الثقوب في اللوح الزجاجي. مع ذكر التسهيلات العلمية.

س5/ صحح العبارات الخاطئة لكل ممايأتي:-

1- يحتوي رمل السيلكا على أوكسيد الحديد الاحمر (Fe_2O_3) والذي بدوره يعطي متانة للزجاج.
2- أضافة كاربونات الصوديوم تعمل على رفع درجة حرارة المنصهر والذي بدوره يقلل من اللزوجة ويزيد من نفوذية الماء خلال الزجاج لذلك يضاف أوكسيد الصوديوم.
3- من الاكاسيد المضافة لاغراض الزينة أوكسيد الكالسيوم حيث لايضيف بريقاً للزجاجيات الكرستالية فضلاًعلى قوته وتسهيل عملية القطع وارتفاع درجة حرارة الانصهار.
4- يعمل أوكسيد الحديد على تقليل أمتصاص الزجاج للحرارة ويمكن أن يحتوي الزجاج على نسبة بحدود 50% من أوكسيد الرصاص.

الفصل الثالث

تشكيل منصهر الزجاج بوساطة النفخ يدويا

أهداف الفصل الثالث:

يتعرف الطالب على :-

1. التدريب عمليا على تشكيل منصهر الزجاج يدوياً.
2. تعلم تشكيل نماذج فنية متنوعة بالنفخ وتلوينها.
3. استعمال المشعل الحراري في تصنيعلاالاعمال الزجاجية.

محتويات الفصل الثالث:

- تمهيد.

التمرين الاول: تسخين العجينة ونفخها وتشكيلها.

التمرين الثاني: تسخين العجينة وتشكيلها في قوالب (بطريقة النفخ).

التمرين الثالث: تشكيل نماذج نحتية بعملية النفخ.

التمرين الرابع: تشكيل النماذج بالنفخ مع زخرفتها وتلوينها.

التمرين الخامس: صنع أشكال زجاجية صغيرة بوساطة المشعل الحراري

اسئلة الفصل

الفصل الثالث

تشكيل منصهر الزجاج بوساطة النفخ يدويا

تمهيد:

يعد خلط كمية كبيرة من الرمل مع كميات قليلة من الجير والصودا من الطرائق الشائعة لتصنيع الزجاج ، ومن ثم تسخينه الى درجة حرارة عالية تزيد عن ($1100\ ^oC$)، كما توجد بالفرن المستخدم فتحتان الأولى لإذابة الزجاج، والثانية لشيه، علماً أن عملية الصهر تستغرق "ساعتين" حتى يتحول الزجاج إلى "عجينة " ساخنة فتصبح عجينة سائلة عالية اللزوجة، وتشكل بعدها بطرق آلية او يدوية ، ومن ثم يبرد ليكون زجاجا.

تمر صناعة الزجاج بعدة مراحل هي:-

1. **إعداد الخلطة وتغذيتها في الفرن:**

من خلال اضافة مستمرة للمواد الكيمياوية الداخلة في الخلطة (رمل- صودا- حجر جيري- نترات صوديوم- باريوم- اوكسيد الزرنيخ- كبريتات منغنيز- كسر الزجاج).

2. **صهر الزجاج:**

حيث تكون المواد الأولية قد حضرت على شكل بودرة أو حبيبات وتمزج مع بعضها البعض بنسب وزنية معينة ثم تدخل إلى الأفران الخاصة.

3. **تشكيل الزجاج:**

يبرد مصهور الزجاج ببطء حتى يصل إلى مرحلة التشكيل بالدرجة المطلوبة ويشكل بإحدى الطريقتين:-

a. **النفخ والتشكيل اليدوي:** ينفخ إما بالفم أو بالمنفاخ، وتشكل النماذج يدويا بالدحرجة او يصب المصهور في القالب ثم ينفخ ويشكل.

b. **النفخ أو التشكيل الآلي:** اذ تتم عملية صب المصهور والنفخ آليا. ويجب أن تتم عملية التشكيل في وقت قصير جدا وفيها يتحول الزجاج من خلال ذلك من عجينة إلى مادة صلبة.

4. **التبريد أو(التجميد والتهذيب):**

وهي عملية تبريد الزجاج ببطء لتجنب تشققه وتكسره وتلافي تكوّن مناطق ضعف في الأدوات الزجاجية بعد تشكيلها ، وتكون هذه العملية بوضع الأدوات الزجاجية في فرن التبريد على درجة حرارة تتراوح بين ($600\text{-}400\ ^oC$) لمدة زمنية كافية ثم تبرد تدريجيا إلى درجة حرارة الغرفة وفرن التبريد عبارة عن قشاط معدني طوله 15-75 m وعرضه 1- 5 m ويسخن الفرن كهربائيا أو بالمحروقات السائلة.

5. الإنهاء:

يجري في هذه المرحلة تنظيف الأدوات الزجاجية وصقلها وقطعها وتصنيفها .وتستند هذه العملية على طبيعة ذرات خام الزجاج وكيف ترتبط هذه الذرات مع بعضها البعض كيميائيا بمساعدة صهر خام الزجاج، الذي يتأثر بالحرارة اذ يتحول إلى الحالة السائلة بارتفاع درجة الحرارة ويتصلب كلما قلت درجة الحرارة ،كما أن تركيز كاربونات الصوديوم في خام الزجاج من أهم العوامل التي تؤثر في عملية سيلان الزجاج.

أهم خواص الزجاج من ناحيه تصنيعه هي لزوجته و التي تتعلق بدرجات الحرارة، لذا فإن زجاج السيلكا النقي له لزوجة عالية ويحتاج إلى حرارة عالية جداً للتخلص من الفقاعات الموجودة فيه وهذا الشيء يجعل من صناعة زجاج السيلكا النقي مكلف جداً ، لذا ولأسباب علمية يلزم إضعاف أكاسيد المعادن القلوية الى زجاج السيلكا لكي يسهل تصنيعه بشكل اقتصادي وأن اكاسيد المعادن القلوية هي خير وسيلة لتحقيق ذلك.

التمرين الأول:

تسخين العجينة ونفخها وتشكليها:

تستعمل هذه الخطوات في اعداد النماذج الزجاجية وتشكيلها وذلك باتباع عدد من الخطوات:-

1. تسخين الافران وتحضير وتهيأة العجينة وتسخينها.
2. رفع العجينة بالقضبان الحديدية وسحبها من الفرن.
3. نفخها ودحرجتها واستعمال عدد وادوات خاصة لإنجاز تشكيلها بنماذج مختلفة.
4. تشذيبها وانهاؤها بالشكل النهائي.
5. تحميصها بأفران خاصة بعد التشكيل.

رقم التمرين : 1 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تسخين العجينة بالأفران ونفخها وتشكيلها.

مكان التنفيذ : ورشة الزجاج.

أولا- الأهداف التعليمية:

أن يكون الطالب قادرا على خلط وتسخين عجائن الزجاج ، وتشكيلها بالنفخ وتشذيبها .

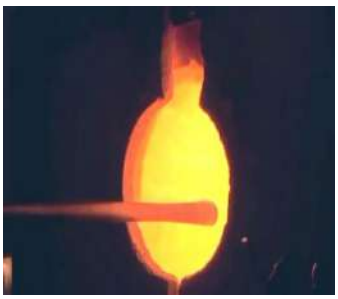
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. انبوب نفخ.
2. ممسكة.
3. ملاقط ومقص حديد.
4. منضدة معدنية او رخامية.
5. قطعة من القماش المعدني العازل.
6. دلو ماء، ومواقد غاز.
7. افران تحميص.

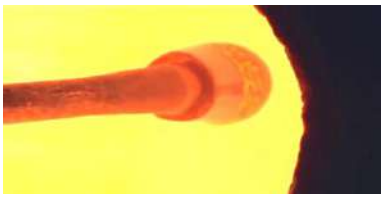
ثالثا - خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.

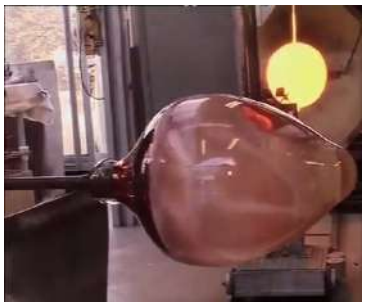
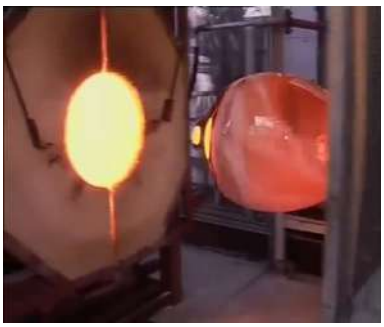
1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**
2	ارتد كفوف واقية . كما في الشكل (2).	**الشكل (2)**

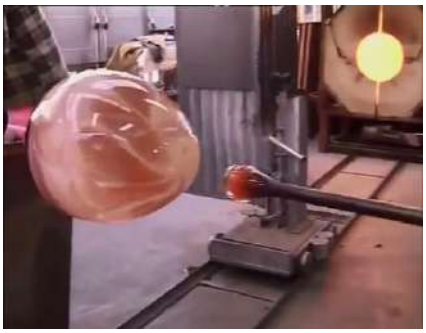
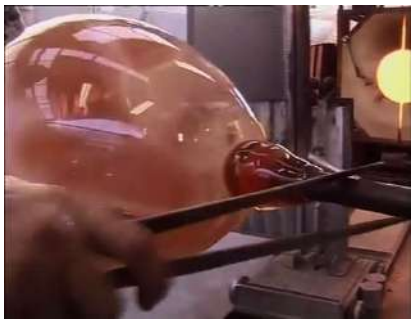
3	ضع النظارات الواقية. كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	سخن الفرن وحضره لبدء العمل، حضر خلطة المواد الزجاجية من الرمل الزجاجي والحجر الجيري وحطام الزجاج القديم واخلطها جيداً لغرض صهرها في الفرن لتصبح عجينة زجاجية. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	سخن الفرن لدرجة حرارة 1400 °C. كما في الشكل (5) .	 **الشكل (5)**

6	اترك الخليط الزجاجي لينصهر ويتجانس في الفرن ويصبح عجينة ساخنة. كما في الشكل (6) .	 **الشكل (6)**
7	سخن الانبوب المعدني قليلا ثم ارفع قليلا من عجينة الزجاج الذائب (المنصهر) بوساطة انبوب النفخ(مازال في اغلب انحاء العالم يستخدمون الانبوب المعدني الذي يتراوح طوله 5-6 foot والذي يبدأ بمبسم خشبي عازل للحرارة للنفخ فيه، وينتهي الانبوب بعقدة تلتقط الزجاج المنصهر من الفرن ،ويكون سهل الحركة الدورانية لكي تشكل النماذج).كما في الشكل (7).	  **الشكل (7)**
8	أبدأ اولاً في عمليات التشكيل، وذلك بدحرجة الزجاج الملتقط بوساطة الانبوب ذهابا وايابا على لوح معدني او رخامي صقيل ، ليأخذ المصهور الزجاجي شكلا صقيلا	

	وتتجانس مواده وتتكثف ويلتصق بأنبوب النفخ جيدا. كما في الشكل (8)	**الشكل (8)**
9	اجلس على الكرسي الخاص بالصانع، وأبدأ بإحاطة الزجاج على طرف الانبوب بوساطة قالب ماسك خشبي منقوع بالماء او بوساطة قماش معدني عازل، ودحرج الكتلة الزجاجية على القالب المرفوع بإحدى يدينا والقطعة الزجاجية تتدحرج باليد الاخرى، لنقوم بتكوير الزجاج على طرف الانبوب ونكثفه، وتستمر عملية تنقيع الماسك المعدني او الخشبي او القماش المعدني الرطب وكرر عملية التدحرج على الماسك حتى تتكثف وتبرد قليلا لتتمكن من الاشتغال بها. كما في الشكل (9).	 **الشكل (9)**

10	كرر عملية ادخال الكتلة الزجاجية بطرف الانبوب الى الفرن لتبقى لينة فيسهل تشكيلها . كما في الشكل (10)	 **الشكل (10)**
11	ثم نبدأ النفخ بالأنبوب المعدني بعد اخراجها من الفرن ،ليتكون انتفاخ بسيط بالزجاج الملتقط الملتصق بطرف الانبوب. كما في الشكل (11).	 **الشكل (11)**
12	اعد ادخالها الفرن، ثم قم بإعادة تشكيلها بدحرجتها في داخل القطعة العازلة الرطبة لتأكيد تكثيفها وتشكيلها. كما في الشكل (12).	 **الشكل (12)**

13	أعد نفخ الزجاج مرة ثانية برفعها للأعلى والاسفل والاستمرار بنفخها حتى تتكون كرة زجاجية تزداد حجما في اعلى المنفاخ. كما في الشكل (13).	 **الشكل (13)**
14	اعمل على جلب اداة معدنية صقيلة محدبة ،واعمل على دحرجة الكتلة الزجاجية فوق سطحها لتقوم بزيادة استدارة الزجاج وتشكيله. كما في الشكل (14).	 **الشكل (14)**
15	أبدأ بالنفخ مرة آخرى، وكلما قمت بالنفخ ازداد حجم الكرة الزجاجية ليحدد النفخ والدحرجة بالأدوات المختلفة استدارة وتشكيل الكرة الزجاجية وتوجيه شكلها. كما في الشكل (15).	 **الشكل (15)**
16	ادخلها في الفرن للمحافظة على تساوي ليونتها لإكمال التشكيل. كما في الشكل (16).	 **الشكل (16)**

17	أجلب أنبوب معدني اخر بطرفه كتلة زجاج لينة مأخوذة من الفرن، وقربها من النموذج الزجاجي الذي جرى تشكيله. كما في الشكل (17).	 **الشكل (17)**
18	قرب كتلة الزجاج في طرف الانبوب من القطعة الزجاجية المصنوعة وحاول لصقها بقاعدتها. كما في الشكل (18).	 **الشكل (18)**
19	بوساطة الملقط ثبت العجينة الزجاجية في اعلى الانبوب المعدني بقاعدة النموذج مع تحريكه باستمرار يمينا ويسارا ومع تقوية التثبيت جيدا . كما في الشكل (19).	 **الشكل (19)**
20	قم بإشعال الحارقات ووجهها الى النقطة الواقعة في اعلى النموذج عند الانبوب المعدني في مكان النفخ ،ليظل لينا يسهل انفصاله لإكمال العمل. كما في الشكل (20).	 **الشكل (20)**

21	قم بفصل النموذج الزجاجي عن انبوب النفخ الاول ليصبح فيما بعد الفتحة العليا للنموذج بعد ان يجري تشذيبه . كما في الشكل (21).	 **الشكل (21)**
22	ادخل النموذج الزجاجي الى الفرن ثانية لإبقائه لينا صالحاً للتشكيل. كما في الشكل (22).	 **الشكل (22)**
23	قم بوساطة الملقط بتوسيع الفتحة العليا للنموذج بعد خروجه من الفرن، مع الاستمرار بدحرجته، ليعطي هذا الدوران مع حركة الملقط انفتاحا الى الخارج وتوسيع في فوهة النموذج مع الاستمرار بحرق (تسخين) الفوهة بالحارقات بين الحين والاخر ويرافق ذلك احيانا الضرب بهدوء او ملامسة الفوهة بوساطة اداة معدنية مسطحة لتعمل على تشذيبها وتجميع الفوهة وتسطيحها. كما في الشكل (23).	

		   الشكل (23)
24	اعد ادخال النموذج الى الفرن بأكمله لتضمن ليونتها وتطويعها أي المقدرة على تشكيلها . كما في الشكل (24).	 الشكل (24)
25	قم بتشذيب الفوهة بقصها بالمقص الخاص عند وجود اي شوائب بها ، مع استمرار حرق وتسخين اطرافها بين الحين والاخر. كما في الشكل (25).	 الشكل (25)
26	بعد انجاز الفوهة واكمال الشكل ادخلها الفرن لزيادة تشذيبها . كما في الشكل (26).	 الشكل (26)

27	قم بمعالجة القاعدة من اي تشويه وقم بإضافة بعض التفاصيل لتجميلها ان اردت. كما في الشكل (27).	 الشكل (27)
28	قم بتسخين القاعدة بالحارقات ليسهل فصلها عن بدن النموذج. كما في الشكل (28).	 الشكل (28)
29	قم بقطع الانبوب المعدني المتصل بقاعدة النموذج بوساطة الملاقط لتحديد مكان القطع، ثم توضع قطعة خشبية في اسفل الانبوب وتحركها بقوة لينفصل الانبوب المعدني عن قاعدة النموذج. كما في الشكل (29).	 الشكل (29)
30	قم بمسك القطعة ورفعها بالأيدي بطريقة لطيفة دون الضغط عليها، وانتبه ان تكون قد ارتديت الكفوف الواقية الجيدة الخاصة بالزجاج لكي لا تحترق يديك. كما في الشكل (30).	 الشكل (30)

31	وبعدها انقل القطعة إلى مرحلة الشوي (الانهاء–التحميص) اذ تحتاج إلى درجة حرارة 500 °C، على أن تبقى في داخل فرن الشوي مدة 7- 8 ساعات لتبرد تدريجياً، ولا تنكسر. كما في الشكل (31).	 **الشكل (31)**
32	تأخذ القطعة شكلها النهائي القاسي الناعم الجميل بعد التبريد واخراجها من الفرن. كما في الشكل (32).	 **الشكل (32)**
33	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
34	المناقشة: 1. لماذا يجب أن يكون سطح اللوح الذي يشكل عليه الزجاج ناعم وصقيل؟ 2. ماذا تفعل اذا لم تتمكن من نفخ منصهر الزجاج؟ 3. ما الفوائد المتوخاة من ادخال القطعة المشكلة في الفرن بعد التشكيل كما في الخطوة 31؟ 4. ما اسباب ظهور بعض الفقاعات الهوائية في المشغولات الزجاجية وكيف يمكن ازالتها أو التقليل منها؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب : **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: طريقة عمل الثقوب في اللوح الزجاجي.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية والاحذية الواقية.	5%		
2	خلط المواد وتحضير العجينة الزجاجية المصهورة.	10%		
3	سحب العجينة الزجاجية بالمنفاخ ودحرجتها على الرخام وتكثيفها بالقوالب الخشبية المبللة.	10%		
4	نفخ العجينة وتدويرها وتشكيلها كرة اولى.	15%		
5	اعادتها للفرن واخراجها وتشكيلها بالنفخ والملاقط.	10%		
6	قطعها من انبوب النفخ الاول ولصقها بأنبوب اخر وتعديل فوهتها بالحرارة والادوات.	15%		
7	تعديل العنق والبدن وتشكيله بالملقط المعدني والمسطح.	10%		
8	قطع النموذج الزجاجي بعد انهاء تشكيله وادخاله في فرن التحميص.	15%		
9	تنظيف الأدوات وإرجاعها إلى مكانها وتنظيف موقع العمل.	10%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين % 60 على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(3) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

التمرين الثاني:

تسخين العجينة وتشكيلها في قوالب (بطريقة النفخ).

يصنع الزجاج بطريقة التسخين الى درجات حرارة عالية حتى نحصل على خلطة من عجينة تسمى عجينة النار الزجاجية ، ويجري تصنيعها بحسب الشكل المراد الحصول عليه، وهناك العديد من العوامل التي يجب مراعاتها عند الاشتغال.

تستخدم هذه الخطوات في اعداد النماذج الزجاجية وتشكيلها بالنفخ وبطريقة القوالب وذلك باتباع عدد من الخطوات :-

1. تسخين الافران، تحضير وتهيأة العجينة وتسخينها.
2. رفع العجينة بالقضبان الحديدية (المنفاخ) وسحبها من الفرن.
3. نفخها ودحرجتها باستخدام عدد وادوات خاصة لإنجاز تشكيلها بنماذج مختلفة.
4. تشكيلها بقوالب خاصة من المعدن او الجبس.
5. تشذيبها وانهاؤها بالشكل المطلوب.
6. تحميصها بأفران خاصة بعد التشكيل.

رقم التمرين : 2 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تسخين العجينة بالأفران ونفخها وتشكيلها بالقوالب المتنوعة .

مكان التنفيذ : ورشة الزجاج.

أولا - الأهداف التعليمية:

أن يكون الطالب قادرا على خلط وتسخين عجين الزجاج، وتشكيلها بالنفخ بوساطة القوالب وتشذيبها.

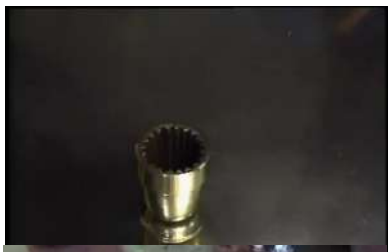
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

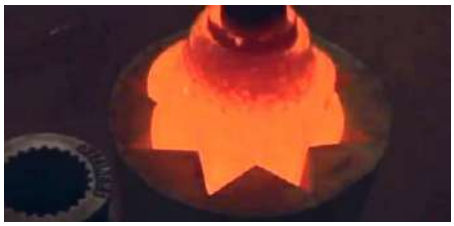
1. انبوب نفخ.
2. ممسكة من المعدن او الخشب.
3. ملاقط ومقص حديد.
4. منضدة معدنية او رخامية.
5. قطعة من القماش المعدني العازل.
6. دلو ماء ، ومواقد غاز.
7. قوالب مختلفة الاشكال والاحجام.
8. افران تحميص.

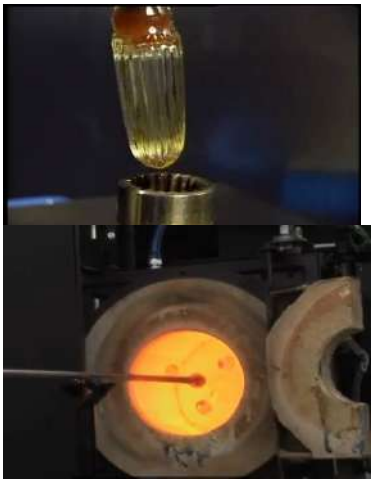
ثالثا- خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.

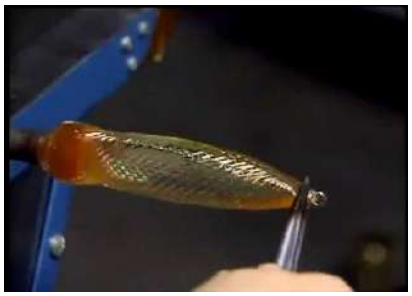
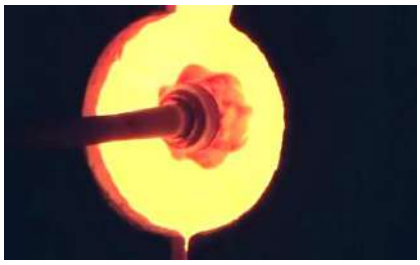
1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك . كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**

2	ارتدي كفوف واقية . كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	ضع النظارات الواقية وأرتداء الاحذية الخاصة لحماية القدمين. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	خذ كمية من العجين الزجاجي المصهور لبدء التشكيل بالقوالب . كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	قم بدحرجة كتلة الزجاج في أعلى الأنبوب المعدني على قطعة الرخام او المعدن لتتخذ شكلا وتبدأ بالتكثف . كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

6	استمر بالنفخ في اثناء دحرجة الكتلة الزجاجية في اعلى الانبوب على السطح المعدني ليتكون شكلا كرويا في اثناء النفخ والدحرجة . كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	قم بإحضار القوالب المطلوب تشكيل الزجاج بها وهي من المعدن او الحجر او اي مادة لا تلتصق بالزجاج . كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**
8	ادخل قطعة الزجاج المصهور في القوالب الموضوعة على الارض لتستطيع التحكم بعملية التشكيل والقولبة. كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**

9	اضغط العجينة الزجاجية المصهورة جيدا في داخل القالب لتأخذ شكل القالب والاخاديد والتفاصيل على جوانبه واستمر بالنفخ لإكمال التشكيل وملء القالب. كما في الشكل (9).	 **الشكل (9)**
10	اترك العجينة قليلا في القالب لتأخذ شكل القالب وتبرد قليلا. كما في الشكل (10).	 **الشكل (10)**

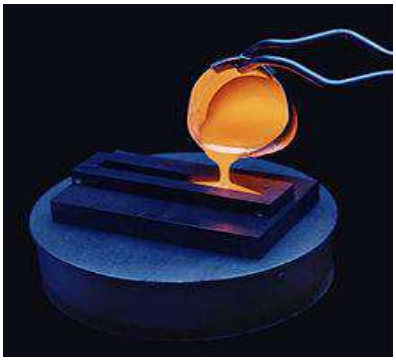
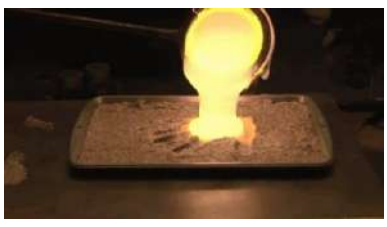
11	قم بإخراج العجينة المتشكلة بزخارف ووحدات من القالب. كما في الشكل (11).	 **الشكل (11)**
12	يبدأ النموذج المتشكل بأخذ زخارف ونماذج القالب بعد اخراجه، ثم اعد ادخال النموذج الى الفرن ليتم تطريته وليونته لإكمال التشكيل. كما في الشكل (12).	 **الشكل (12)**
13	قم بنفخ العجينة بعد خروجها من القالب وادخالها في الفرن، لتتمكن من فتحها اكثر وتشكيلها بالحجم المطلوب والشكل المصمم . كما في الشكل (13).	 **الشكل (13)**

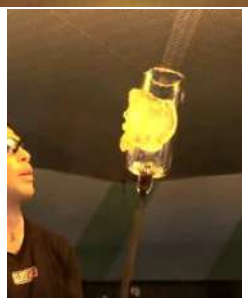
14	بالملاقط والادوات قم بتشذيب النموذج وتوجيه البدن والفوهة وتحديد التفاصيل ورفع المناطق الزائدة عن الحاجة، والتي تسبب المناطق غير المتساوية. كما في الشكل (14).	  **الشكل (14)**
15	اعد ادخال النموذج بعد اجراء تعديلات عليه الى الفرن لغرض تلينه ورفع المناطق المتكسرة او النتوءات في اثناء القص والتشكيل والتشذيب لأنهائها بالشكل المطلوب. كما في الشكل (15).	 **الشكل (15)**
16	في كل مرة تحاول اخراج عجينة من الفرن بطرف الانبوب قم بنفخها قليلا لغرض تشكيلها بالشكل الاولي مادامت ساخنة. كما في الشكل (16).	 **الشكل (16)**

17	لعمل النماذج الزجاجية المتنوعة بطريقة القوالب الجبسية والحجرية، اجلب قالبا جبسيا من قطعتين منقوش على طرفيه النموذج المطلوب قولبته. كما في الشكل (17).	 **الشكل (17)**
18	ادخل العجينة في داخل القالب وقم بوضعها على جهة واحدة لتغلق الجهة الاخرى عليها. كما في الشكل (18).	 **الشكل (18)**
19	قم بأغلاق جهتي القالب على العجينة الزجاجية لتأخذ شكل القالب المصنوع واتركها قليلا في داخل القالب لتأخذ طبعة الشكل جيدا. كما في الشكل (19).	 **الشكل (19)**

20	افتح القالب بعد دقائق واخرج العجينة الزجاجية المضغوطة في داخل القالب والمتشكلة بنموذج معين. كما في الشكل (20).	 **الشكل (20)**
21	وطريقة اخرى للتشكيل بالقوالب ،قم بسحب العجينة الزجاجية كما في المرات السابقة وضعها في القالب وانفخها لتشكلها بحسب الشكل المراد واتمامها. كما في الشكل (21).	 **الشكل (21)**

22	اجلب قضيبا معدنيا ينتهي بعدد من الانابيب بشكل شعاع وضع فوهة النموذج وهي ساخنة عليه ليأخذ شكل الانابيب الشعاعية فيكون قالبا جميلا لفوهة مزخرفة. كما في الشكل (22).	 **الشكل (22)**
23	اجلب قالبا معدنيا مزخرفا بأسنان شعاعية دائرية ويحيط به غطاء مسنن وضع النموذج الزجاجي الذي قمت بصنعه على هذه الحافة المسننة وهو ساخن، واغلق عليه جدران القالب الجانبية ليتم حفر وتشكيل الاسنان وتشكيلها بالقالب فتنتج فوهة مسننة دائرية جميلة. كما في الشكل (23).	

		 الشكل (23)
24	ومن طرق الصب بالقوالب الاخرى تسخين العجينة وتشكيل قوالب معينة توضع على النماذج التي شكلت بالنفخ لتكون نماذجا فنية منحوتة على الاشكال الزجاجية ، ويمكن تطبيقها على الاشكال المصنوعة بالنفخ. كما في الشكل (24).	 **الشكل (24)**
25	اطبع كفك على الرمال وصب العجينة الزجاجية فوقها ليتكون نموذج فني لكف مقولب، ثم قم بتعديله وتسويته جيدا ليكون مستويا من الاعلى . كما في الشكل (25).	 

		 الشكل (25)
26	ثم اجلب النموذج المشكل بالنفخ والمشذب تماما والصقه على الكف المصبوب على الرمال بشرط ان يكونا ساخنين. كما في الشكل (26).	  الشكل (26)
27	وهذه طريقة التشكيل بالنفخ والقوالب في المعامل الكبيرة اذ يقوم عدد من الصناع بالعمل معا وتكون الآلات والمعدات مكائن كبيرة متحركة لتساعدهم على التشكيل وسهولة الحركة. كما في الشكل (27).	 الشكل (27)

28	ادخله في فرن التحميص واتركه يبرد ثم قم بإخراجه. كما في الشكل (28).	 **الشكل (28)**
29	ستكون النتيجة حتما جميلة مبهرة وبتقنيات القوالب المتنوعة. كما في الشكل (29).	 **الشكل (29)**
30	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
31	المناقشة: 1. الى أي درجة حرارة يصل اليها الفرن لإكمال الخطوة 15, ولماذا؟ 2. ماهي فوائد ومحددات استعمال القوالب (المعدنية والجبسية والرملية) في تشكيل الزجاج.	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: تسخين العجينة وتشكيلها في قوالب(بطريقة النفخ).				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية والاحذية الواقية.	5%		
2	سحب العجينة من الفرن بالأنبوب المعدني المراد نفخها ودحرجتها لبدء التشكيل بالنفخ	10%		
3	احضار قوالب معدنية ووضع العجينة في القوالب ونفخها فيها وتشكيل نماذج في القوالب وتشذيبها	20%		
4	احضار قوالب حجرية وجبسية ونفخ العجينة وادخالها في القوالب الجبسية وطبع الشكل المطلوب وانهاؤها	20%		
5	نفخ العجينة وتشكيلها بالنفخ كاملا وتشذيب فوهاتها وقولبتها بقوالب معدنية	20%		
6	عمل قوالب خارجية، والصاقها على النماذج المصنوعة بالنفخ	10%		
7	قطع النماذج من الانبوب المعدني وادخالها في فرن التحميص	10%		
8	تنظيف الأدوات وإرجاعها إلى مكانها وتنظيف موقع العمل	5%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين % 60 على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(3) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

التمرين الثالث:

تشكيل نماذج نحتية بعملية النفخ.

تستخدم هذه الخطوات في اعداد النماذج الزجاجية وتشكيلها بأشكال نحتية مختلفة كالأسماك والخيول والاشجار ونماذج فنية اخرى متنوعة وذلك باتباع عدد من الخطوات :-

1. تسخين الافران ، تحضير وتهيأة العجينة وتسخينها .
2. رفع العجينة بالقضبان الحديدية وسحبها من الفرن .
3. نفخها ودحرجتها واستخدام عدد وادوات خاصة.
4. تشكيلها بنماذج متنوعة من الحيوانات والنباتات والاشكال الزخرفية والتزينية المتنوعة.
5. تشذيبها وانهائها بالشكل النهائي .
6. تحميصها بأفران خاصة بعد التشكيل.

رقم التمرين : 3 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تشكيل نماذج نحتية متنوعة بوساطة النفخ .

مكان التنفيذ : ورشة الزجاج.

أولا - الأهداف التعليمية:

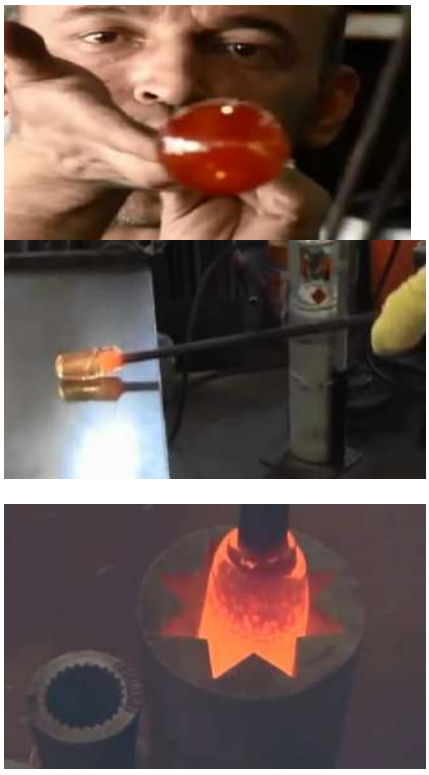
أن يكون الطالب قادرا على خلط عجائن الزجاج وتسخينها، وتشكيلها بنماذج نحتية كالحيوانات والنباتات وتشكيلات تزينيه مختلفة بالنفخ وتشذيبها .

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. انبوب نفخ .
2. ممسكة .
3. ملاقط ومقص حديد وعدد متنوعة لتسهيل عمليات النحت والاضافة.
4. منضدة معدنية او رخامية.
5. قطعة من القماش المعدني العازل.
6. دلو ماء، ومواقد غاز.
7. افران تحميص.

ثالثا - خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.

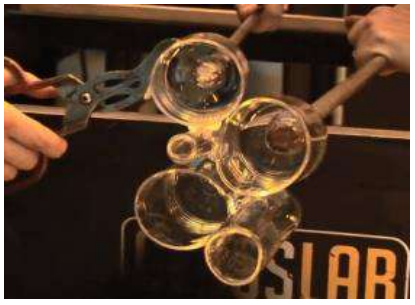
1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك . كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	ارتد كفوف واقية . كما في الشكل (2).	 **الشكل (2)**

3	ضع النظارات الواقية وأرتداء الاحذية الخاصة لحماية القدمين. كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	اسحب قليلا من عجينة الزجاج من الفرن. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	قم بنفخها وتعديلها ودحرجتها بواسطة الادوات الخاصة بذلك او تشكيلها بوساطة القوالب بعد النفخ . كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**

6	الصق القطعة الزجاجية التي نفختها وشكلتها على القطعة الزجاجية الرئيسة التي صنعتها بإحدى الطرائق السابقة. كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	الصقها جيدا على القطعة الرئيسة وهي حارة وثبتها بوساطة الملاقط حتى تأخذ مكانها المناسب كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**
8	ابدأ بسحب القطعة المضافة للأعلى لأجل تشكيلها بنماذج معينة على وفق التصميم المراد صنعه. كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**
9	بوساطة انبوب معدني لف نهاية القطعة المضافة المسحوبة على شكل حلزوني لتشكيل نموذج زخرفي نباتي. كما في الشكل (9).	

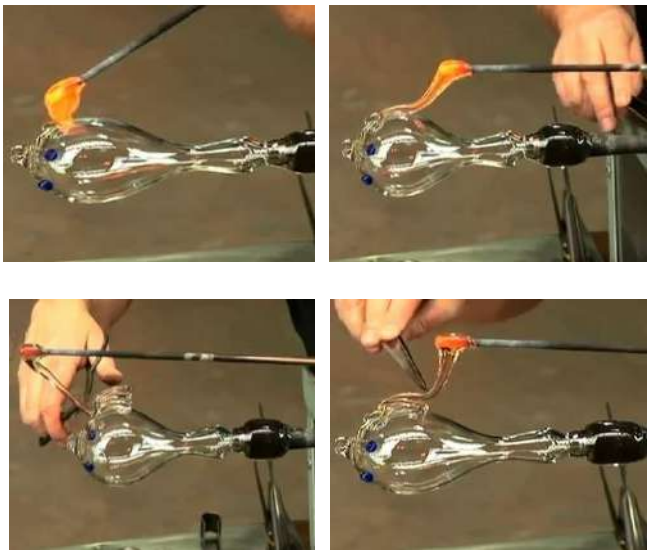
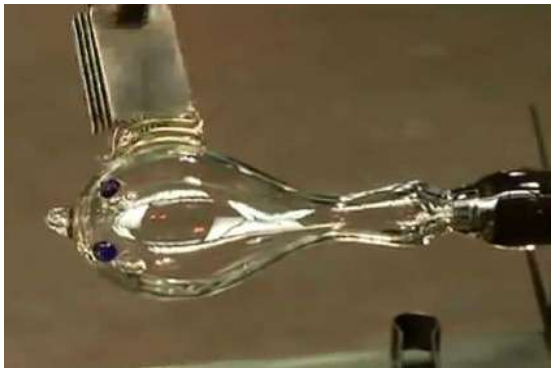
		 الشكل (9)
10	ابقي القطعة ساخنة بتوجيه الحرارة عليها دائما بوساطة الحارقات اليدوية ليسهل عملية التشكيل ولا تتصلب القطع الزجاجية. كما في الشكل (10).	 الشكل (10)
11	ولعمل تشكيل زخرفي اخر، قم بنفخ عجينة زجاجية جديدة . كما في الشكل (11).	 الشكل (11)
12	ابدأ بتشكيل النموذج الجديد على وفق التصميم الخاص بعد نفخه وذلك بحفر أطرافه الى الداخل لعمل نتوءات خارجية فيه وقم باستخدام عدد من الادوات المساعدة لإظهار ذلك كالسكين لعمل الاخاديد والملاقط والمفكات ،ثم قم بسحب النتوءات المتكونة. كما في الشكل (12).	

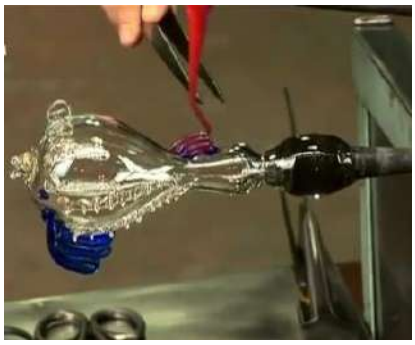
		 الشكل (12)
13	اسحب النتوءات بطرائق غير منتظمة لزيادة جمالية التشكيل وكن حذرا بتشكيلها. كما في الشكل (13).	 الشكل (13)
14	ادخل النموذج في الفرن لصقله وتنعيمه وتشذيبه من الزيادات غير المرغوب فيها. كما في الشكل (14).	 الشكل (14)
15	بطريقة النفخ والسحب يمكن تشكيل نماذج مختلفة كأشكال الانابيب هنا وتلصيقها بالحرارة لتكوين شبكة من الاغصان النباتية. كما في الشكل (15).	 الشكل (15)

16	ولعمل نموذج اخر ، بعد النفخ والتشكيل الاولي للعجينة، قم بتشذيبها وقص الزائد منها بوساطة المفكات الخاصة. كما في الشكل (16).	 الشكل (16)
17	قم بتشذيبها بالأدوات، وقم بعمل اشكال اسطوانية، استمر بتليينها بالحارقات واقطعها واعمل عدد من الاشكال الاسطوانية مختلفة الاحجام. كما في الشكل (17).	 الشكل (17)
18	بوساطة حرارة الحارقات، قم بلصق الاسطوانات التي شكلت، وثبتها بالأدوات والملاقط ، واستمر بتوجيه الحارقات على مناطق الاتصال بين الاسطوانات . كما في الشكل (18).	 

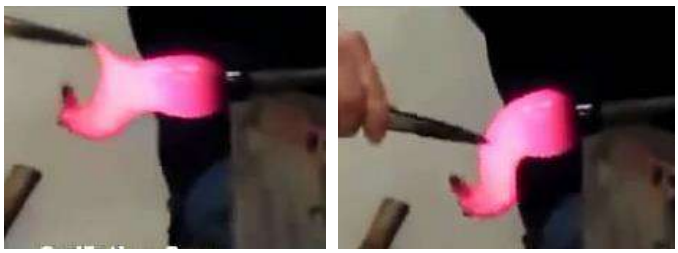
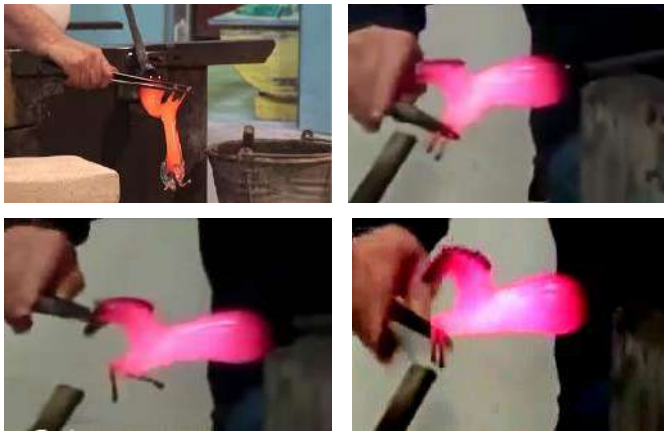
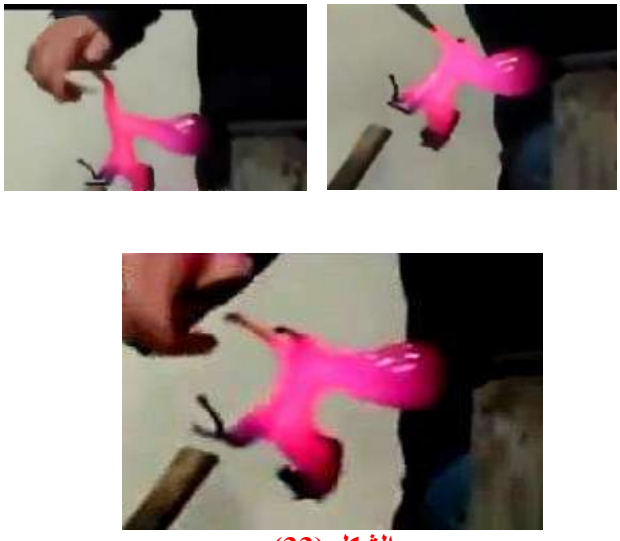
		 الشكل (18)
19	ابدأ بإدخالها الفرن لتشذيبها وصقل الاجزاء جيدا ولتثبيتها ببعضها جيدا، وبعد الانتهاء واخراجها من الفرن اتركها تبرد قليلا ثم اقطعها من الانبوب واحملها بيديك وادخلها في فرن التحميص (التقسية) 500 °C كما في الشكل (19).	 الشكل (19)

20	لعمل شكل نحتي لسمكة من الزجاج المنفوخ، احضر عجينة زجاج وقم بدحرجتها على سطح رخامي ونفخها، وابدأ بتشكيلها بوساطة الملاقط والادوات بعد نفخها وتكوين شكل كروي بالنفخ ليمثل رأس السمكة وجسمها. كما في الشكل (20).	 **الشكل (20)**
21	ثم اسحب من جزؤها العلوي نتوءين ليكونا فم السمكة بوساطة الملاقط. كما في الشكل (21).	 **الشكل (21)**
22	قم بإضافة نقطتين من عجين الزجاج بلون آخر (ليكن الازرق مثلا) على جانبي وجه السمكة ليكونا العينين بوساطة انبوب معدني يحمل عجين زجاج ساخن. كما في الشكل (22).	 **الشكل (22)**

23	احمل كمية اكبر من العجين الزجاجي بوساطة الانبوب وابدأ بلصقه على احد جوانب السمكة يبدأ من العينين على الجانب الى منتصف جسم السمكة وكرر نفس العملية ذهابا وايابا لترص خيوط الزجاج على بعضها، واقطع الخيط بعد الانتهاء. كما في الشكل (23).	 **الشكل (23)**
24	بوساطة آلة كالملقط العريض الاطراف المسنن من الداخل اضغط على الحبال الزجاجية المتراصفة فتتكون نقوش اشبه بزعانف السمكة. اعد الكرة على الجهة الاخرى من جسم السمكة بتراصف الخيوط الزجاجية ونقشها فتتكون زعانف السمكة على الجانبين. كما في الشكل (24).	 **الشكل (24)**

25	ضع شريطا من الزجاج على جانب السطح العلوي للسمكة وقم بتجعيده بوساطة الملقط ليكون صفا من الزعانف المسننة. كما في الشكل (25).	 **الشكل (25)**
26	قم بإضافة شرائط زجاجية بالوان مختلفة على سطح السمكة من ناحية الرأس وعلى ذيلها وبإمكانك اضافة العديد من الالوان بحسب الذوق والتصميم. كما في الشكل (26).	  **الشكل (26)**
27	ادخل النموذج المكتمل للسمكة الى الفرن لتشذيبها والصق اجزاءها، واقطعها من انبوب النفخ وادخلها فرن التحميص. كما في الشكل (27).	

		 الشكل (27)
28	ستصبح السمكة جاهزة جميلة وملونة بالألوان التي ترغبها. كما في الشكل (28).	 الشكل (28)
29	لعمل نموذج نحتي لحصان، احضر عجينة من الزجاج وقم بنفخها وتشذيبها بالأدوات الخاصة كما مر سابقا. وابدأ بتشكيل الرأس بوساطة الملقط بثني جزء من العجينة وسحب مقدمة الوجه ليكون مقدمة الحصان. كما في الشكل (29).	 الشكل (29)
30	ابدأ بعمل تفاصيل الوجه، الفم والعيون، وانحت انحناء رقبة الحصان بشكلها المميز، انتبه لابد ان تعمل بسرعة على تشكيل جسد الحصان. كما في الشكل (30).	 الشكل (30)

31	ابدأ بتشكيل الأقدام الأمامية بعد الانتهاء من الرأس والرقبة وذلك بسحب الزجاج بوساطة الملاقط من الجزء الأمامي لبطن الحصان. كما في الشكل (31).	 الشكل (31)
32	قم بتشكيل الاقدام بالطول المناسب مع الانتباه لنحافتها ونهايتها، وبعد الوصول الى الشكل المناسب للأقدام قم بثنيها الى الخارج من المنتصف لتمثل اقدام الحصان الامامية وركبتيه، ثم افرد القدمين الامامية عن بعضها ليشبه حركة الجري. كما في الشكل (32).	 الشكل (32)
33	ثم بالطريقة نفسها ابدأ بسحب الزجاج من البطن في الخلف لتكوين الاقدام الخلفية وبمقدار مناسب وبعد الانتهاء قم بثنيها الى الخارج لتكون الاقدام والركبتين الخلفيتين وافتتحها بالملقط لتباعد بينها . كما في الشكل (33).	 الشكل (33)

34	بعد الانتهاء من التفاصيل كلها ادخله في فرن التحميص، واتركه يبرد ليكون تحفة فنية جميلة . كما في الشكل (34).	 **الشكل (34)**
35	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
36	المناقشة: 1. كيف يمكن تليين العمل اذا بدأ بالتصلب اثناء التشكيل؟ 2. لماذا يجب ان تتم عملية تشكيل جسد الحصان (الخطوة 30) بسرعة؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب : **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: تشكيل نماذج نحتية بعملية النفخ .				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل، ولبس الكفوف والنظارات الواقية والاحذية الواقية	5%		
2	سحب عجينة زجاجية ونفخها وتشكيلها بنموذج يمثل شكلا زخرفيا نباتيا ولفه تنسيقه ليشبه غصن ملتف، ولصقه على آنية مصنوعة سابقا ،وتشذيبه	20%		
3	صنع نماذج مختلفة بالنفخ واللصق وتشكيلاتها	15%		
4	سحب عجينة الزجاج ونفخها وتشكيل نموذج لسمكة بدءا بالأنف والعيون والزعانف الملونة وتشذيبها	20%		
5	سحب عجينة الزجاج ونفخها وتشكيل نموذج يمثل حصانا بدءا بنحت شكل راسه ورقبته المقوسة ثم اقدامه الامامية وتقوسها ثم الخلفية وتفعيل حركة القفز النافرة وتشذيبه	25%		
6	انهاء النماذج وادخالها فرن التحميص	10%		
7	تنظيف الأدوات وإرجاعها إلى مكانها وتنظيف موقع العمل	5%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(5) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

التمرين الرابع:

تشكيل النماذج بالنفخ مع زخرفتها وتلوينها.

تلوين الزجاج

يعود سبب ظهور الزجاج بلون ما إلى وجود أكاسيد معدنية ملونة على شكل ايونات فيه ، فمثلا يتلون الزجاج باللون الأصفر أو البني بوجود ايون الحديد الثلاثي ويمكن تحويل اللون الأخضر في الزجاج إلى الأصفر بإضافة ثاني أوكسيد المنغنيز .

يتم ذلك بإدخال الاكاسيد الملونة الى خلطات الزجاج، وكل نوع من الاكاسيد يستخدم للون محدد، فأكاسيد الكروم والنحاس والحديد تستخدم لإكساب الزجاج اللون الأخضر.

اما اللون الأزرق فتستخدم له اكاسيد الكوبالت- النيكل- الحديد - النحاس الأسود ، وتستخدم اكاسيد النحاس الأحمر لتلوين الزجاج باللون الأحمر، وللون البنفسجي نستخدم اوكسيد المنغنيز.

كانت صناعة الزجاج تتم بنفخ الهواء او في قوالب لعمل التفصيلات من رسوم هندسية ونباتية وحيوانية، والزخرفة قد تكون نتيجة للضغط على جدران الإناء بآلة خاصة اوقد تكون بالزخرفة او الحفر او القطع.

تنفذ الزخرفة بأساليب مختلفة منها :

الضغط على الأواني وهي ما تزال لينة - طريقة الملقاط - طريقة الإضافة التي تلصق خيوط من الزجاج على جدران الأواني وهي لينة ، وغيرها.

وبشكل أساسي فانه : يضاف أوكسيد النحاس والملح للحصول على اللون الأزرق وتضاف صبغة الكوبالت للحصول على اللون الكحلي...

أما الأخضر فيستخدم في صناعته زجاجات المياه الغازية...

لكن الأحمر هو الأغلى لأنه يستخدم في صناعة وتلوين زجاجات العطر..

تصنع الأحجار الكريمة الصناعية بإضافة مساحيق المعادن الثمينة كالنحاس والذهب إلى مصهور الزجاج اذ تشكل تلك المعادن مع الزجاج محاليل غروية.

يتم اتباع الخطوات التالية فـــي اعداد النماذج الزجاجية وتلوينها بالوان مختلفة وتشكيلها بالنفخ مـع اضافة الزخارف الملونة:

1. رفع العجينة بالقضبان الحديدية وسحبها من الفرن.
2. نفخها ودحرجتها واستخدام عدد وأدوات خاصة لإنجاز تشكيلها بنماذج مختلفة.
3. استخدام عجائن متنوعة ملونة، او إضافة اكاسيد ملونة مختلفة وزخرفتها.
4. تشكيل وإضافات زخرفية متنوعة في البدن والمقابض وغيرها من الزخارف.
5. تشذيبها وإنهاءها بالشكل النهائي.
6. تحميصها بأفران خاصة بعد التشكيل.

رقم التمرين : 4 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تسخين العجينة بالأفران ونفخها وتشكيل الزخارف عليها وتزينها وتلوينها بالعجائن والإضافات .

مكان التنفيذ : ورشة الزجاج.

أولا- الأهداف التعليمية:

أن يكون الطالب قادرا على استعمال عجائن الزجاج ، وتشكيلها بنماذج مختلفة بالنفخ وزخرفتها وتلوينها بالأكاسيد والإضافات وتشذيبها.

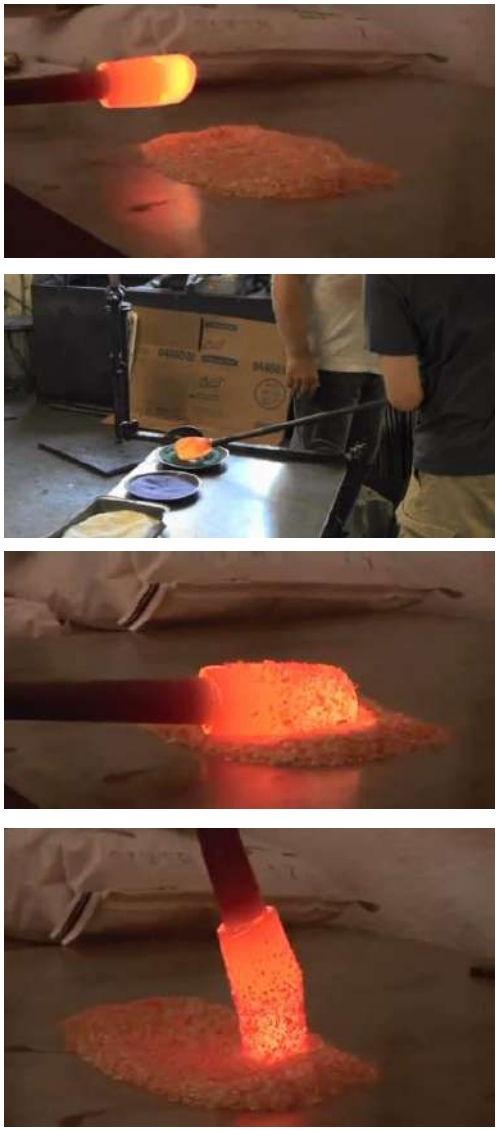
ثانيا- التسهيلات التعليمية:

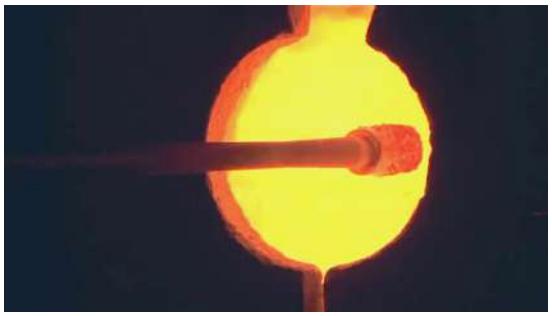
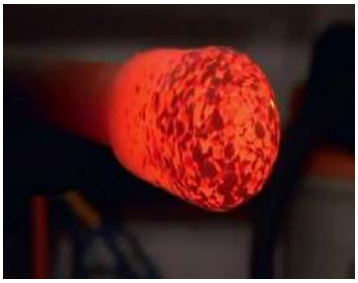
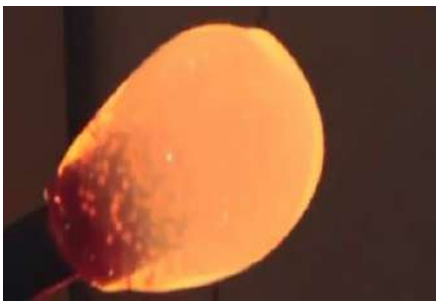
1. انبوب نفخ.
2. ممسكة.
3. ملاقط ومقص حديد وعدد متنوعة.
4. منضدة معدنية او رخامية.
5. قطعة من القماش المعدني العازل.
6. دلو ماء، ومواقد غاز.
7. اكاسيد ملونة مختلفة وإضافات بالعجائن الملونة والعادية.
8. أفرا ن تحميص.

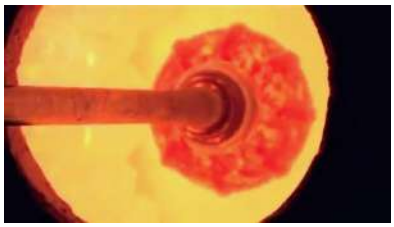
ثالثا - خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**

2	ارتد كفوف واقية والنظارات الواقية والكفوف. كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	ضع النظارات الواقية وأرتداء الاحذية الخاصة لحماية القدمين. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	خذ العجينة من الفرن، ثم قم بدحرجتها ونفخها كما في التمارين السابقة. كما في الشكل (4)	 الشكل (4)
5	شكلها بوساطة الماسك القالب العازل الرطب وقم بتكثيف الزجاج وتشكيله بالطرائق كلها الواردة بالتمارين السابقة. كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

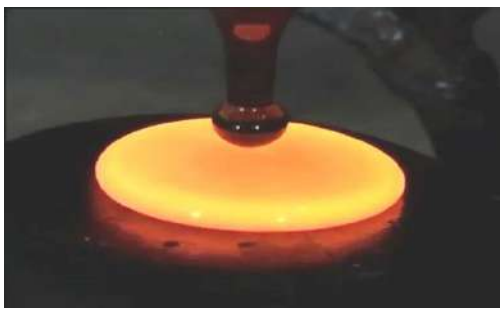
6	قم بدحرجة العجينة الزجاجية على المنضدة الرخامية وليكن قربك الاكاسيد والمواد الملونة المطلوبة. كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	ابدأ بتقريب العجينة الزجاجية المصهورة من الاوكسيد الملون، وقم بتغميس العجينة بطرف الانبوب بالأوكسيد وهي حارة كي يلتصق الاوكسيد الملون بالزجاج المصهور ومرر العجينة ذهابا وايابا على الاوكسيد الملون. كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**

8	ادخل العجينة التي التقطت الاوكسيد الى الفرن ليلتصق بها الاوكسيد الملون. كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**
9	وكما في التمارين السابقة قم بدحرجة العجينة بعد اخراجها من الفرن على الماسك (القالب) العازل الرطب لتكثيفها وتشكيلها فتلتصق حبيبات الاوكسيد بالعجينة. كما في الشكل (9).	 **الشكل (9)**
10	ادخل العجينة في الفرن واغمسها في مصهور الزجاج لتلتقط من عجين الزجاج فيكون طبقة فوق الاكاسيد الملونة الملتصقة بالعجينة الاولى. كما في الشكل (10).	  **الشكل (10)**

11	قم بنفخ العجينة الزجاجية في طرف الانبوب واجعل منها كرة دائرية لتقوم بتشكيلها بالتصميم المطلوب . كما في الشكل (11).	 **الشكل (11)**
12	وباستمرار النفخ تأخذ العجينة شكلا ما، وبمساعدة الملاقط والمساطر المعدنية يتشكل النموذج المطلوب. كما في الشكل (12).	 **الشكل (12)**
13	قم بإدخال النموذج الفرن لإتمام التشكيل فتلتصق المواد جيدا ويحصل التشذيب والإنهاء. كما في الشكل (13).	 **الشكل (13)**

14	بعد اخراج النموذج من الفرن ادخله في فرن التحميص لتحصل بعدها على نماذج ملونة جميلة كما ترغب. كما في الشكل (14).	 الشكل (14)
15	ولغرض الاضافات التزينية الاخرى، قم بلصق كتلة من الزجاج الملون على احد الاطراف او على بدن القطعة الزجاجية المنجزة ضمن التصميم الذي ترغب الحصول عليه. كما في الشكل (15).	 الشكل (15)
16	او قم بلف الكتلة الزجاجية على اطراف النموذج او على البدن وفق التصميم المراد تنفيذه بلطف وانتظام كي تتمكن من لفه والصاقه بشكل صحيح على جسم النموذج، ثم قم بإدخاله الفرن كي تلتصق الزخرفة بالحرارة على النموذج. كما في الشكل (16).	 الشكل (16)

17	لعمل نموذجا زخرفيا على طرف الاناء قم بسحب عجينة زجاجية بطرف انبوب النفخ وانفخها قليلا، وقم بسحب طرفها ولفه على انبوب معدني واستمر باللف لتكوين شريط لولبي يمكن وضعه على اطراف الاواني كمقابض او عناصر زخرفية على الفوهة والبدن. كما في الشكل (17).	**الشكل (17)**
18	بعد تشكيل الانية وزخرفتها يمكن ان تضع قطعاً من العجين الزجاجي على الاطراف وتسحبه بالملاقط لتشكيل عروة او مقبض او فوهة او لتصميم زخرفي معين. كما في الشكل (18).	**الشكل (18)**
19	بعد الانتهاء من فرن التحميص تظهر القطعة الزجاجية بتزيناتها الزخرفية المتنوعة ومقابضها الجميلة . كما في الشكل (19).	**الشكل (19)**

20	لعمل نموذج ملون اخر، نقوم بجلب عجينة زجاجية ونبدأ بنفخها وتشكيلها بالملاقط . كما في الشكل (20).	 **الشكل (20)**
21	نضع عجينة زجاجية من لون معين نفترض انها صفراء على قاعدة رخامية للبدء بتشكيلها. كما في الشكل (21).	 **الشكل (21)**
22	نقوم بوساطة الملاقط بفرش العجينة وبسطها على القطعة الرخامية لتصبح كتلة دائرية سميكة. كما في الشكل (22).	 **الشكل (22)**
23	نجلب عجينة زجاجية اخرى ملونة نفترض انها سوداء ونعمل على لصقها مع العجينة الصفراء التي اخذت شكل الرخامة ، فتلتصق العجينتان معا لتكون تشكيلا ملونا كما في الشكل (23).	

		 الشكل (23)
24	نبدأ بنفخ التشكيل الناتج ومعالجته بالملاقط والادوات الخاصة ليأخذ شكله المطلوب ويتشكل وفق ما نريد. كما في الشكل (24).	 الشكل (24)
25	نقوم بدحرجة العجينة الملونة على قاعدة الرخامة ونفخها وفتح فوهتها ومعالجتها بوساطة الملاقط والادوات الخاصة حتى يظهر التشكيل النهائي. كما في الشكل (25).	 الشكل (25)

26	نقوم بإدخال النموذج بعد اكتماله الى الفرن ليلتصق ويتماسك ويتشذب ويكون بشكله النهائي ثم بعدها نقوم بإدخال النموذج الى فرن التحميص. كما في الشكل (26).	 **الشكل (26)**
27	لعمل تصميم اخر زخرفي بالإضافة ،نقوم بعد اكمال النموذج بالنفخ والتشكيل بجلب عجينة زجاجية بطرف الانبوب النافخ ونضعه على فوهة الانية . كما في الشكل (27).	 **الشكل (27)**
28	نقوم بسحب العجينة ونعمل شريط زجاجي نسحبه الى الاسفل الى نهاية الانية بتأني وحذر لينزل بصورة جميلة وانسيابية. كما في الشكل (28).	 **الشكل (28)**
29	نلصق الشريط الزجاجي الذي تم سحبه بواسطة الانبوب المعدني ونلصقه على بدن الانية ليكون عروة ومقبض للآنية. كما في الشكل (29).	 **الشكل (29)**

30	بالملاقط نقوم برفع وسط العروة (المقبض) ليأخذ شكلا يمثل زاوية قائمة فيكون بذلك قد حقق المواصفات الجمالية والوظيفية بسهولة الاستعمال والشكل الجميل. كما في الشكل (30).	 **الشكل (30)**
31	قم بإدخال النموذج بعد الانتهاء من التشكيل الى الفرن للتشذيب والالتصاق. كما في الشكل (31).	 **الشكل (31)**
32	بعدها ادخله فرن التحميص بدرجة (500 °C) لتكون نماذجك جاهزة. كما في الشكل (32).	 **الشكل (32)**
33	بعد الانتهاء ستكون قد حصلت على نماذجك الملونة الجميلة وهذه ثمرة النجاح والتعب. كما في الشكل (33).	

		 الشكل (33)
34	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
36	المناقشة: 1.لماذا تتم عملية التبريد ببطء أثناء تصنيع الزجاج ؟ أو يجب أن يبرد الزجاج بعد الصهر ببطء. 2.اذا كان المطلوب لف حبل زجاجي حول قطعة زجاجية هل من الممكن اجراء ذلك والقطعة الزجاجية باردة ؟ ولماذا؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين : تشكيل النماذج بالنفخ مع زخرفتها وتلوينها.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل ،والكفوف والنظارات الواقية الاحذية الواقية.	5%		
2	سحب عجينة ونفخها ودحرجتها وغمسها بالأكاسيد الملونة وادخالها الفرن للصقها ونفخها ثانية.	15%		
3	سحب عجينة شفافة من الفرن ولصقها براس الانبوب الذي يحمل العجينة المغموسة بالأكاسيد الملونة سابقا لتعمل على تغليفها وتصبح طبقة ثانية محيطة، والبدء بالنفخ والتشكيل.	15%		
4	الصاق عجائن ملونة على نماذج مشكلة وتشذيبها بالتصاميم المختلفة او لفها بشكل خيوط على بدن الاواني.	20%		
5	عمل مقابض وعراوي وافواه وزخارف مختلفة من عجائن ملونة مضافة .	20%		
6	لصق عجائن ملونة جاهزة مع بعضها وتشكيل نماذج متنوعة منها.	20%		
7	تنظيف الأدوات وإرجاعها إلى مكانها وتنظيف موقع العمل.	5%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(3) و(4) و(5) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :5 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : صنع اشكال زجاجية صغيرة بوساطة المشعل الحراري.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

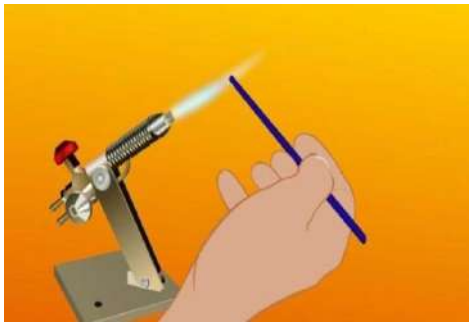
طريقة اخرى من طرق التشكيل للزجاج ومن الطرق المهمة في صناعة الزجاج لعمل على تشكيل ولحام الزجاج مع الزجاج او مواد اخرى.

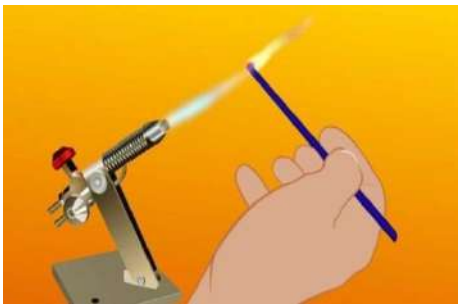
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

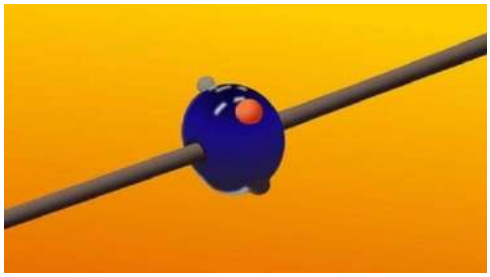
1. منضدة حديدية تعد مساحة للعمل عليها .
2. مشعل حراري ذو مصدر غازي ومجهز بالغاز والهواء والاوكسجين.
3. انبوب زجاجي وسلك حديدي.
4. قاعدة كرافيتية يدوية.

ثالثا - خطوات العمل و النقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**

2	صهر الزجاج بوساطة مشعل حراري هي عملية معالجة الزجاج المنصهر بمشعل صغير وتستعمل لتشكيل الخرز والاشكال الصغيرة الاخرى مثل ثقالة الورق. في هذا التمرين نركز على صنع خرز صغيرة. كما في الشكل (2)	 الشكل (2)
3	قم بتشغيل المشعل الحراري من خلال تغذيته بالغاز والهواء ويمكن استعمال الاوكسجين او من دون الاوكسجين. الشكل (3).	 الشكل (3)
4	قم بتسخين السلك الحديدي بالمشعل الحراري ببطيء ويفضل استعمال سلك حديدي مطلي بالسيراميك وذلك لسهولة نزع الزجاج المنصهر من السلك الحديدي وعدم الالتصاق به . كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	سخن الانبوب الزجاجي في قمة الشعلة المتولدة من المشعل الحراري كتسخين اولي. اذا لم تقم بتنفيذ هذه الخطوة فان الانبوب الزجاجي يتعرض الى الصدمة الحرارية وبالتالي يتحطم الانبوب الزجاجي بدلا من ان ينصهر. قم بهذه الخطوة لمدة 30 ثانية. كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

6	اضبط الشعلة بوساطة صمامات التغذية للهواء والغاز والاوكسجين الى ان تحصل على شعلة ذات كرة برتقالية اللون. قرب الانبوب الزجاجي كثيراً الى قلب الشعلة مع تدوير الانبوب للحفاظ على الشكل المدور للأنبوب الزجاجي . كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
7	ضع قمة الانبوب الزجاجي المنصهر على السلك الحديدي وابدا بتغطية السلك بالزجاج المنصهر من الانبوب حتى تكتمل المنطقة المطلوبة تغطيتها. افصل الانبوب الزجاجي عن السلك الحديدي بوساطة الشعلة اذ ينفصل الانبوب الزجاجي المتبقي بسهولة عن الزجاج المنصهر على السلك الحديدي. كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	ادخل السلك الحديدي والخرزة الزجاجية الى الشعلة مع تدوير الخرزة الزجاجية لمنعها من الانزلاق الى الاسفل عن السلك الحديدي. يمكن اضافة الالوان في هذه المرحلة للخرزة الزجاجية .كما في الشكل (8).	 الشكل (8)

9	خذ السلك الحديدي والخرزة الزجاجية الى خارج الشعلة واستعمل القاعدة الكرافيتية اليدوية لتشكيل حوافي افضل واشكال مربعة وتنظيم محيط المنحني للأشكال المنحرفة . كما في الشكل (9).	 **الشكل (9)**
10	اترك السلك الحديدي والخرزة الزجاجية لمدة قصيرة لكي تبرد مع التدوير المستمر للسلك الحديدي خلال هذه المدة. ومن ثم انقل الخرزة الزجاجية الى فرن التلدين لأجراء عملية التلدين. كما في الشكل (10).	 **الشكل (10)**
11	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
12	<u>المناقشة:</u> 1. ما فائدة السلك الحديدي في التمرين؟ 2. لماذا يتم تسخين الانبوب الزجاجي في قمة الشعلة قبل ادخاله في قلب الشعلة؟ 3. ماذا يمكن ان نصنع من الاشكال الزجاجية بوساطة المشعل الحراري ؟ فائدة التدوير المستمر لسلك الحديدي والخرزة الزجاجية؟ 4. ما عمل القاعدة الكرافيتية اليدوية؟ 5. هل يمكن صنع اشكال كبيرة الحجم بوساطة المشعل الحراري ولماذا؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: صنع اشكال زجاجية صغيرة بوساطة المشعل الحراري.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيئة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تسخين السلك الحديدي والانبوب الزجاجي .	10%		
4	مرحلة وضع الزجاج المنصهر على السلك الحديدي.	15%		
5	مرحلة تشكيل الخرزة بالقاعدة الكرافيتية اليدوية.	10%		
6	مرحلة فصل الخرزة الزجاجية عن السلك الحديدي.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2)،(4)،(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

أسئلة الفصل

س1/ عرف كل مما يلي:-

(التبريد والتجميد، السيليكا، أنبوب النفخ، الاحجار الكريمة الصناعية، فرن التبريد)

س2/ هناك عددة طرائق لتسخين العجينة الزجاجية وتشكيلها في قوالب ، أذكرها مع ذكر التسهيلات والعدد والمواد اللازمة لذلك.

س3/ ما المراحل التي تمر بها صناعة الزجاج؟

س4/ وضح طرائق تلوين العجينة الزجاجية بألوان متعددة؟

س5/ كيف يمكن عمل نموذج سمكة؟ وضح ذلك مع ذكر التسهيلات والعدد والمواد اللازمة لذلك.

س6/ ما الخطوات اللازم اتباعها في اعداد نماذج زجاجية وتشكيلها بأشكال نحتية كالاسماك والخيول وغيرها.

س7/ أملاء الفراغات التالية:

1- يعود سبب تلوين الزجاج الى وجود ---------- على شكل ----------.
2- تنفذ الزخرفة بأساليب مختلفة بالضغط على الاواني وهي ----------.
3- يتم قص العجينة الزجاجية بوساطة ----------.
4- تتكون خلطة المواد الزجاجية من ---------- و ---------- .
5- توجد بالفرن المستعمل في تشكيل منصهر الزجاج فتحتان الاولى ------- والثانية --------.
6- يحتاج السيلكا النقي لدرجة حرارة ---------- وذلك لأن له ----------.
7- يتم تشكيل الزجاج بطرائق ---------- و----------.

س8/ وضح سبب تلوين بعض الزجاجيات بالالوان التالية:

(الاخضر، الكحلي، الاحمر، الازرق، البنفسجي)

الفصل الرابع

الاعمال الفنية على الزجاج

اهداف الفصل الرابع :

من المتوقع ان يتعرف الطالب على :

1. الحفر على الزجاج.
2. طرائق النقش على الزجاج بأستعمال حامض الهيدروفوريك HF.
3. تصنيع المرايا الزجاجية والالواح الفنية من الزجاج المعشق.
4. استعمال الالياف الزجاجية.

محتويات الفصل الرابع:

- تمهيد.

التمرين رقم (1): الحفر على الزجاج بوساطة نفخ الرمل.

التمرين رقم (2): تقسية الزجاج.

التمرين رقم (3): لصق القطع الزجاجية.

التمرين رقم (4): لحام القطع الزجاجية المعشقة المتكسرة بالصولدر.

التمرين رقم (5): تحويل اللوح الزجاجي الى مرآة بوساطة طلاء الفضة.

التمرين رقم (6): تحضير المواد وتهيئتها للعمل باستعمال حامض الهيدروفلوريك HF.

أسئلة الفصل

الفصل الرابع
الاعمال الفنية على الزجاج

تمهيد:

التعامل مع الزجاج من الناحية الفنية مجال واسع ومتشعب، فالزجاج شكله المتميز الراقي من حيث الأداء وهو ما يبعث على الشعور بالراحة والهدوء لشفافية ألوانه ودرجاتها المتميزة. وفن الزجاج الملون والمعشق معروف منذ القدم، ففي القرون الوسطى استعمال الزجاج الملون والمعشق بالرصاص وتميز في صناعته القليلون لصعوبة أدائه. وفي أيامنا هذه أعيد إحياء هذا الفن، وبطرائق أكثر سهولة في الأداء والتنفيذ تتماشى مع العصر الحديث

من حيث التطور والسرعة في الأداء، فأصبحنا نجد الزجاج الملون والمعشق في أركان المنزل كلها كما أنه ينتشر في الفنادق وفي أماكن الاسترخاء، ونستطيع تشكيل أعمال فنية رائعة منه.

هناك عدة عمليات تجهيزية أولية يجب الفراغ منها قبل أن تزخرف المصنوعات الزجاجية وتزين، فمثلاً، يجب إزالة الزجاج الزائد من الأواني التي صنعت بطريقة النفخ، وفي العمليات اليدوية، يجب قطع الزجاج وهو مازال طرياً. وفي بعض الأحيان، تدوّر القطعة الزجاجية أمام لهب ساخن جداً من الغاز. ويؤدي التمدد الفجائي لشريط الزجاج الساخن الضيق الذي يدور أمام اللهب إلى الانفصال عن الزجاج الأكثر برودة من الذي يليه. وفي حالات أخرى، يمكن تثبيت الآنية الزجاجية وهي مقلوبة، بل يمكن أيضا استخدام لهيب أقوى، ثم يصهر الزجاج العالق بتعريضه لتلك الحرارة العالية، ويؤدي ثقل الزجاج المنصهر إلى انفصاله وسقوطه. ثم تجمع كسارة الزجاج هذه في برميل وتعاد للفرن لتستعمل مرة أخرى. ومن الممكن أيضاً فصل الزجاج الزائد بإزالة القطع الزجاجية بعجلة من الماس أو الحديد الصلب، ثم تجذب الزوائد الزجاجية بشيء من الضغط المفاجئ. فإن لم تكن الأجزاء الزائدة المقطوعة من الزجاج ناعمة بالقدر الكافي فإن بالإمكان صقلها بكاشطات ناعمة أو بلهيب آلة صقل نارية

السفع الرملي، يعطي الزجاج سطحاً نصف شفاف، وغالباً ما يكون هذا السطح أكثر خشونة من ذلك الذي يتم الحصول عليه عن طريق الحفر. ينفخ الهواء المضغوط رملاً بذرات خشنة ترتطم بالزجاج، وكثيراً ما يتم ذلك من خلال قالب زخرفي مطاطي يشكل تصميماً خاصاً. كثيراً ما تكون البطاقات على أوعية الكيميائيات محكوكة بالرمل. وغالباً ما تزخرف أواني الإضاءة والأفران والأطباق والنوافذ بالسفع (الحك) الرملي.

رقم التمرين :1 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : الحفر على الزجاج بوساطة نفخ الرمل.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

تعلم الطالب طريقة من طرق الحفر على الزجاج بوساطة الرمل المضغوط والمقذوف بسرعة عالية ليتمكن الطالب من الرسم والنقش وعمل علامات معينة على الانواع المختلفة من الزجاج.

ثانيا- التسهيلات التعليمية:

1. منضدة كبيرة تعد مساحة للعمل عليها .
2. ماكنة نفخ الرمل.
3. لوح زجاجي .
4. قناع فينولي لاصق ومشرط حاد.

ثالثا- خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف النظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	خذ لوحاً من الزجاج ذا سمك يتراوح من (3-25 mm) ويجب ان يكون ذو سطح نظيف. ان الفكرة الرئيسة هي تغطية الزجاج بحيث تكون مساحة منه لا تتعرض الى الحفر ومساحة اخرى تتعرض الى الحفر. كما في الشكل (2).	الشكل (2)

3	ضع طبقة من القناع الفينولي اللاصق على اللوح الزجاجي. كن متأكدا من عدم ترك الفقاعات الهوائية المحجوزة بين سطحي اللوح الزجاجي والقناع الفينولي اللاصق. ان القناع الفينولي اللاصق يجب ان يكون سهل الازالة من اللوح الزجاجي بعد انتهاء عملية الحفر . كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	استعمل صورة للنموذج المراد حفره على الزجاج قد يكون زخرفة او رسماً فنياً او هندسي او كتابة بخط معين وضعها على سطح طبقة القناع الفينولي اللاصق. يفضل الصورة ان تكون باللونين الاسود والابيض. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	اقطع كل الخطوط التي ترسم النموذج المراد حفره على الزجاج والمميزة باللونين الابيض والاسود بواسطة مشرط حاد. كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	قم بإزالة المساحات التي قطعت بوساطة المشرط الحاد كونها هي المساحات التي سوف يتم حفرها على اللوح الزجاجي. كما في الشكل (6). قم الان باستعمال ماكنة نفخ الرمل	 الشكل (6)

7	على اللوح الزجاجي المغطى بالقناع الفينولي اللاصق لتحفر المناطق الظاهر منها سطح اللوح الزجاجي بواسطة نفخ الرمل والمقذوف بسرعة عالية. كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**
8	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
9	المناقشة: 1- لماذا يستخدم الرمل في عملية الحفر بهذه الطريقة؟ 2- ما هو تأثير سرعة نفخ الرمل على عملية الحفر؟ 3- ما تأثير حجم حبيبات الرمل وشكلها على عملية الحفر على الزجاج؟ 4- ما هي المسافة من فوهة مسدس نفخ الرمل الى سطح الزجاج التي تجعل من الحفر مثاليا؟ 5- ماذا تتوقع ان يحصل في عملية الحفر اذا تواجد الغبار والفقاعات الهوائية بين سطح اللوح الزجاجي والقناع الفينولي اللاصق؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: الحفر على الزجاج بوساطة نفخ الرمل.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والكممات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيئة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تنظيف سطح الزجاج ولصق القناع.	10%		
4	مرحلة وضع صورة النموذج وتقطيع الرسم.	15%		
5	مرحلة ازالة المناطق المراد حفرها بالزجاج.	10%		
6	مرحلة استعمال نفخ الرمل وتنفيذ عملية الحفر.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :2 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تقسية الزجاج.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

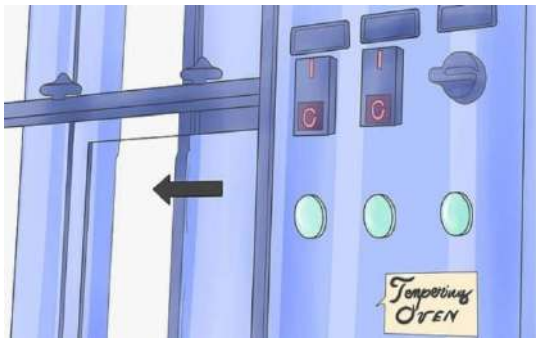
تعرف الطالب على كيفية تصليد الزجاج وتقسيته باتباع احدى طرائق التقسية للألواح زجاجية لكي تتحمل احمال واجهادات اعلى من الزجاج العادي وتكون الالواح المقساة ذات سلامة ونسبة امان اكبر بالنسبة للمستخدم.

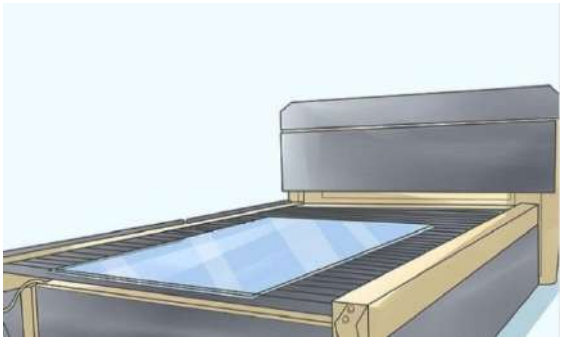
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. منضدة حديدية تعد مساحة للعمل عليها .
2. لوح زجاجي.
3. فرن حثي كهربائي للتسخين.
4. منفاخ هوائي.
5. اداة قطع الزجاج ذي الرأس الماسي مع اناء فيه نفط وقطعة قماش نظيفة.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والكممات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	اقطع اللوح الزجاجي بالحجم المناسب ويجب عمل هذه الخطوة قبل عملية التقسية. اللوح الزجاجي المقسى اذا قطع او حفر عليه سوف يزداد احتمال كسر اللوح الزجاج المقسى. كما في الشكل (2).	 **الشكل (2)**

3	افحص اللوح الزجاجي باحثا عن العيوب مثل الشقوق والفقاعات التي تتسبب في كسر اللوح الزجاجي في اثناء عملية التقسية. اذا وجدت اياً من هذه العيوب فان اللوح الزجاجي لا يصلح لعملية التقسية. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	قم بعملية التنعيم لحافات اللوح الزجاجي لكي يصبح بصورة انعم. والغاية من عملية التنعيم لحافات اللوح هي ازالة النتوءات المتكونة خلال عملية القطع او الحفر. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	اغسل اللوح الزجاجي بالماء الجاري لإزالة اي من الحبيبات الناعمة جدا الناتجة من عملية تنعيم حافات اللوح الزجاجي والمتبقية على اللوح فضلا على الغبار الذي يمكن ان يتداخل مع عملية التقسية. كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	سخن اللوح الزجاجي في فرن التقسية اذ يمكن للزجاج يدخل الى الفرن بشكل وجبات او بصورة مستمرة. تصل درجة حرارة الفرن الى اكثر من $600^{o}C$ حيث تصل درجة الحرارة الصناعية القياسية الى $620^{o}C$. يبقى اللوح الزجاجي في الفرن لمدة نصف ساعة بعدها يخرج من الفرن. كما في الشكل (6).	 الشكل (6)

7	التبريد السريع للوح الزجاجي الحار الخارج من الفرن. اذ يوضع اللوح الزجاجي المسخن لثواني بين نوافخ هوائية ذات ضغوط عالية عند زوايا مختلفة. التبريد السريع يسبب تبريد الاسطح الخارجية للوح الزجاجي وتنكمش اسرع من مركز اللوح الزجاجي وبذلك يعطي الزجاج المقسى متانة وقوة . كما في الشكل (7) .	 **الشكل (7)**
8	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
9	المناقشة: 1. ما الفرق بين الزجاج العادي والزجاج المقسى؟ 2. اهم تطبيقات الزجاج المقسى؟ 3. هل توجد طرائق اخرى لتقسية الزجاج؟ 4. ما تأثير العيوب في الزجاج على عملية التقسية؟ 5. ماذا يحدث عند التبريد السريع للزجاج المسخن؟ 6. ما الغاية من غسل الزجاج قبل عملية التقسية؟	

استمارة قائمة الفحص (ينفذ داخل المعمل)				
الجهة الفاحصة				
اسم الطالب : **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: تقسية الزجاج.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة قطع اللوح الزجاجي وتنعيم الحافات.	10%		
4	مرحلة غسل اللوح الزجاجي وتنظيفه.	15%		
5	مرحلة وضع اللوح الزجاجي بداخل الفرن.	10%		
6	مرحلة نفخ اللوح الزجاجي المسخن بالهواء.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين % 60 على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :3 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : لصق القطع الزجاجية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

تعليم الطالب على طرائق لصق القطع الزجاجية مع بعضها البعض او مع مواد اخرى باستعمال مواد صمغية خاصة بحيث لا تؤثر في جمالية المظهر الخارجي وبخطوات بسيطة.

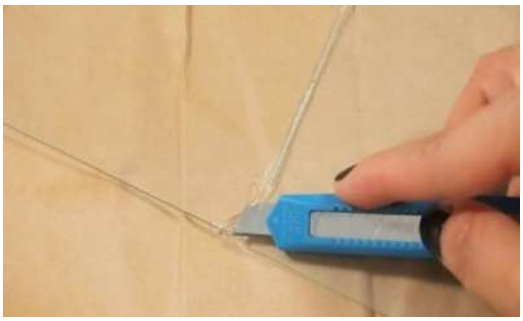
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. منضدة حديدية تعتبر مساحة العمل عليها .
2. لوحان صغيران من الزجاج.
3. المادة الصمغية مثل السيلكون البارد الشفاف.
4. مشرط حاد.
5. قطعة قماش نظيفة.

ثالثا- خطوات العمل و النقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والكمامات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**
2	ان عملية اختيار الصمغ تحتاج الى صمغ خاص يعمل على ربط الزجاج مع الزجاج ويصبح قطعة واحدة بعد تنظيف منطقة الصمغ. اصماغ السليكون تعتبر من الاصماغ القوية والشفافة ولكنها سامة اما اصماغ الحوض المائي تكون غير سامة. مثل راتنجات الاكرلك التي	

	تتصلب بالأشعة الفوق البنفسجية هي ممتازة لتصليح قطع الزجاج بصورة نظيفة ومحكمة ويتطلب التعرض الى ضوء الشمس او مصباح الاشعة الفوق البنفسجية. الزجاج المراد لصقه والذي يكون بتماس مع الماء يجب استعمال اصماغ مضادة للماء مثل معظم اصماغ السليكون وراتنجات الفوق البنفسجية هي مضادة للماء, اما عند لصق زجاج يكون بتماس مع الطعام او الشراب يجب اختيار صمغ مصنوع لهذا الغرض حيث ان بعض الاصماغ تكون سامة حتى وهي جافة. كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	نظف اللوحين الصغيرين من الزجاج بالماء والصابون قبل عملية اللصق ثم بعد عملية التنظيف امسح اللوحين بقطعة نظيفة من القماش الى ان تجف القطعتين بشكل تام. اللوحان يلتصقان بشكل افضل اذا كانا نظيفان وجافان وخاليان من الغبار والزيوت العالقة. يفضل استعمال الكفوف اثناء عملية اللصق لمنع ترك بصمة من أصابع اليد التي تكون طبقة عازلة على الزجاج وايضا لمنع تسمم اليد من الصمغ المستعمل في اللصق. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)

4	ضع الصمغ على طول حافة اللوح الصغير الزجاجي اذ تحتاج الى كمية صغيرة من الصمغ ولكن يجب التأكد من تغطية كل حافة اللوح الصغير الزجاجي فقط. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	امسك اللوحين الصغيرين الزجاجيين باليدين واضغط على حافتي اللوحين مع بعضهما البعض وتأكد ان تكون الحافتان منتظمتان واستمر بالضغط على الاقل لمدة دقيقة واحدة. كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**
6	اترك اللوحين لكي يتصلب الصمغ اذ تحتاج الراتنجات فوق البنفسجية الى التعرض الى اشعة الشمس او مصباح الاشعة فوق البنفسجية لبعض دقائق لكي تتصلب. اما اصماغ السليكون فتحتاج الى عدة ساعات للتصلب ولا تحتاج للتعرض الى اشعة الشمس او الاشعة فوق البنفسجية. كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	

8	المناقشة: 1. على اي اساس يتم اختيار الاصماغ الخاصة بالزجاج؟ 2. ما انواع الاصماغ المستعملة في الزجاج؟ 3. ما المادة الاساسية التي تصنع منها اصماغ السيلكون؟ 4. لماذا يتعرض بعض الاصماغ الى الاشعة الفوق البنفسجية او اشعة الشمس؟ 5. ما مواصفات الاصماغ التي تستعمل في زجاج الاحواض المائية؟ 6. لماذا تعد بعض الاصماغ سامة واين يمكن استعمالها؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: لصق القطع الزجاجية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والكمامات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة اختيار الاصماغ ومعرفة استعمالاتها.	10%		
4	مرحلة تنظيف القطع الزجاجية جيدا.	15%		
5	مرحلة وضع الصمغ على حافة احدى القطع.	10%		
6	مرحلة امساك وضغط اللوحين عند الحافات.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :4 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : لحام القطع الزجاجية المعشقة المتكسرة بالصولدر.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

أن يتعلم الطالب على لحام القطع الزجاجية بالصولدر حيث يفتح الباب امام الطالب لكثير من الافكار الحرفية الكبيرة. هذا التمرين سيجعل الطالب يتقدم بخطوات في لحام الصولدر من المواد التي يحتاجها الى المنتج النهائي.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1- منضدة حديدية تعتبر مساحة العمل عليها .

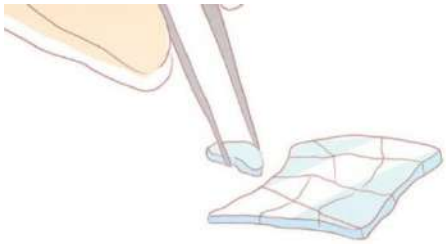
2- قطع متكسرة من الزجاج.

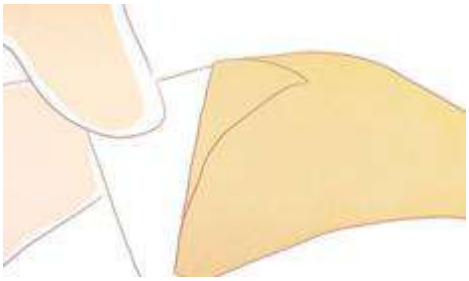
3- شريط لاصق نحاسي.

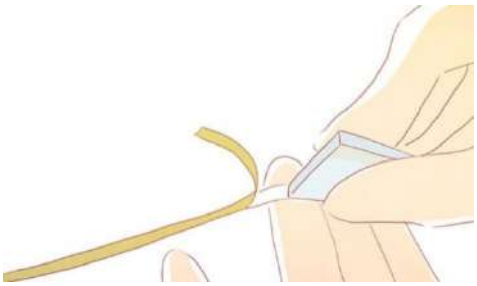
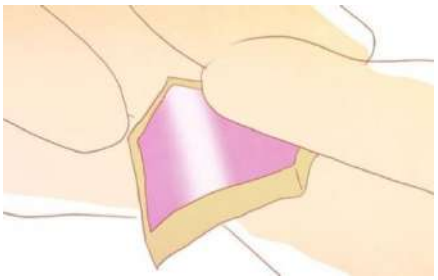
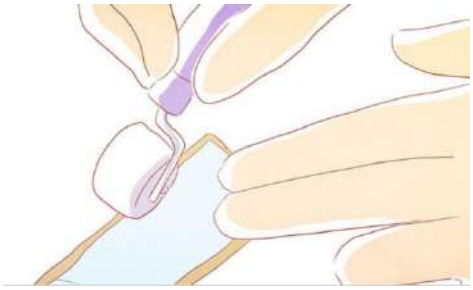
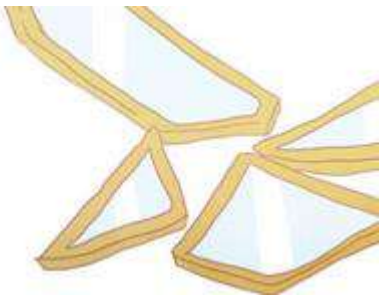
4- كاوية كهربائية وسلك صولدر.

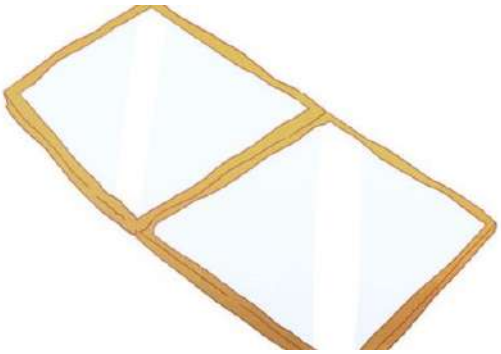
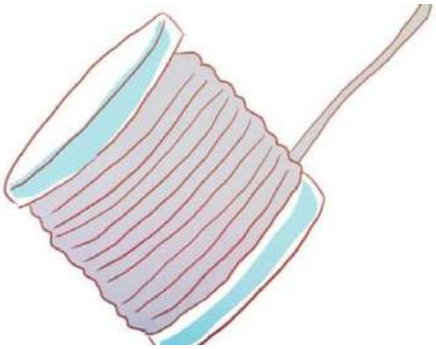
5- سائل منصهر المعادن.

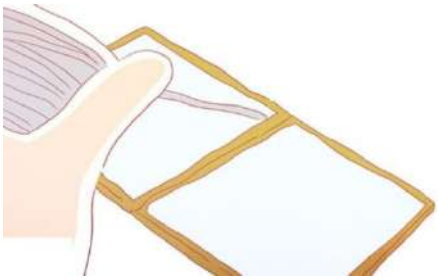
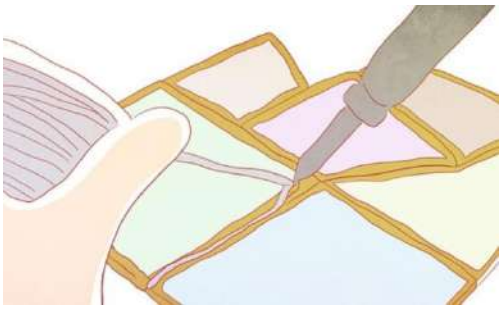
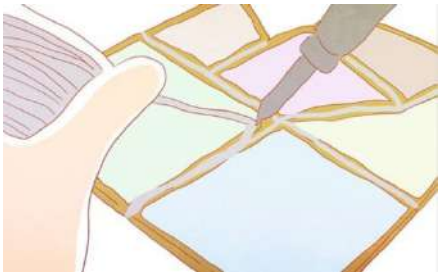
ثالثا - خطوات العمل و النقاط الحاكمة والرسومات.

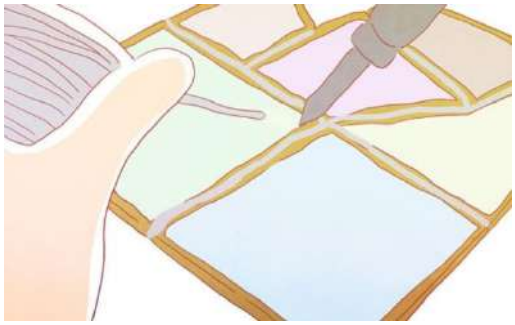
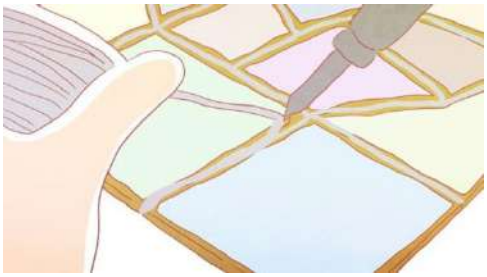
1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**
2	جمع قطع الزجاج المتكسرة الكبيرة والمتوسطة الحجم وشكل القطع الزجاجية المتكسرة بأشكال مرغوبة. قم بترتيب القطع الواحدة بجانب الاخرى والواحدة فوق الاخرى حتى يتشكل شكل فني ويمكن استعمال اية افكار اخرى واشكال اخرى. كما في الشكل (2).	 **الشكل (2)**

3	حضر مواد لحام الصولدر مثل شريط اللاصق النحاسي وسائل صهر المعادن وسلك الصولدر. ضع قابوس الكاوية الكهربائية في المغذي الكهربائي لتسخين الكاوية الى درجة الحرارة المطلوبة. من الضروري تحضير كل شيء قبل عملية لحام الصولدر لان سرعة التوقيت في هذا التمرين حاسمة. كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	اقطع قطعة من الشريط اللاصق النحاسي اذ تلصق حول حافات القطعة الزجاجية المطلوب لحامها بالصولدر. حيث يتم قياس عرض الشريط اللاصق النحاسي بحيث يترك من جانبيه مسافة (3 mm) ويقص بالمقص. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	قم بإزالة الغطاء الخلفي للشريط النحاسي اي غطاء الجهة اللاصقة اذ تنزع بصورة سهلة ليتم لصق الشريط النحاسي حول حافات القطعة الزجاجية الواحدة. كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**

6	ضع الجهة اللاصقة من الشريط النحاسي على حافة قطعة زجاجية. حاول ان تركز موقع حافة القطعة الزجاجية على مركز الشريط النحاسي بشكل مباشر. كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
7	اطوي الزائد من الشريط النحاسي على وجه القطعة الزجاجية. من الممكن استعمال قلم الرصاص لدفع المتبقي الصغير من الشريط النحاسي على وجه القطعة الزجاجية. كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	مرر راس قلم الرصاص بشكل ثابت وقوي فوق كل المساحات التي يتلامس فيها الشريط النحاسي مع وجه القطعة الزجاجية. هذه الخطوة مهمة جدا لأنها تقوي من التصاق الشريط النحاسي بالقطعة الزجاجية وتنعمه. كما في الشكل (8).	 الشكل (8)
9	كرر الخطوات نفسها من الخطوة 6 الى الخطوة 8 للقطع الزجاجية المعشقة الاخرى المطلوب لحامها بالصولدر. كما في الشكل (9).	 الشكل (9)

10	قم بطلاء الشريط النحاسي الملصوق حول حافات القطع الزجاجية المعشقة بسائل منصهر المعادن. سائل صهر المعادن سوف يشجع الفلز في الشريط النحاسي والصولدر على الالتصاق بقوة اكثر. كما في الشكل (10).	 الشكل (10)
11	رتب وضع القطع الزجاجية المعشقة جنبا الى جنب بترتيب فني لكي تتشكل فكرة فنية جذابة وجميلة في الوقت نفسه حيث تتم عملية لحام الصولدر. اترك فراغ قليل جدا بين القطع الزجاجية المعشقة حوالي ملم واحد اي رتب القطع الزجاجية بدون ان تلامس القطعة الاخرى. هذا الفراغ يسمح للحام الصولدر ان يجري في داخل الفراغ ويلصق القطع الزجاجية بشكل جيد . كما في الشكل (11).	 الشكل (11)
12	اقطع بطول 10 cm من سلك الصولدر من البكرة الذي سوف ينصهر ليشكل قوة رابطة بين القطع الزجاجية المعشقة. كما في الشكل (12).	 الشكل (12)

13	امسك سلك الصولدر باليد وامسك الكاوية الكهربائية للصولدر باليد الاخرى لكي تتم عملية لحام الصولدر، كما في الشكل (13).	 الشكل (13)
14	ضع راس سلك الصولدر قريباً من الشريط النحاسي من دون ان يلمسه. افضل النتائج التي ممكن الحصول عليها هي ان نجعل الصولدر المنصهر يسقط في داخل الفراغ بين القطع الزجاجية المعشقة، كما في الشكل (14).	الشكل (14)
15	لامس قمة راس الكاوية الكهربائية مع قمة راس سلك الصولدر. ان سلك الصولدر سوف يبدا على الفور بالانصهار وان الصولدر المنصهر سوف يسقط الى داخل الفراغ بين القطع الزجاجية المعشقة، كما في الشكل (15).	 الشكل (15)
16	حرك يديك بشكل ثابت على طول التقاطعات بين القطع الزجاجية المعشقة. الحركة السريعة سوف تجعل من الصولدر المنصهر لا يتجمع في مساحة واحدة والحركة البطيئة سوف يجعل الفراغ كله بين القطع الزجاجية المعشقة يطلى من حشوة الصولدر. لذلك يفضل ان تكون حركة يديك معتدلة، كما في الشكل (16).	 الشكل (16)

17	ابعد راس قمة الكاوية الكهربائية عن سلك الصولدر بعد ان تصل الى نهاية الفراغ بين القطع الزجاجية المعشقة. ويجب ان تشاهد الخط المستمر من الصولدر على طول التقاطعات بين القطع الزجاجية المعشقة. فالقطع الزجاجية المعشقة اصبحت الان مرتبطة بشكل قوي مع بعضها البعض. كما في الشكل (17).	 **الشكل (17)**
18	كرر الخطوات من الخطوة 13 الى الخطوة 17 عند اضافة قطع زجاجية اخرى الى التمرين. عدد المرات الاكثر في اداء هذا التمرين سوف يشعرك بارتياح اكثر وخطوط الصولدر سوف تظهر اكثر نظافة، كما في الشكل (18).	 **الشكل (18)**
19	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
20	<u>المناقشة:</u> 1. ما الغاية من ترك فراغ بين القطع الزجاجية المعشقة؟ 2. هل من الممكن استعمال شريط لاصق من الالمنيوم بدلا من النحاس ولماذا؟ 3. ماذا تتوقع نتيجة الحركة السريعة لليدين اثناء عملية لحام الصولدر ونتيجة الحركة البطيئة لليدين في اثناء عملية لحام الصولدر؟ 4. ما الفائدة من سائل صهر المعادن؟ 5. لماذا تعد خطوة تمرير قلم الرصاص فوق الشريط اللاصق النحاسي مهمة جدا؟ 6. لماذا يجب ان توضع حافة القطعة الزجاجية في مركز الشريط اللاصق النحاسي؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: لحام القطع الزجاجية المعشقة المتكسرة بالصولدر.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والنظارات الواقية والكفوف.	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة تنظيف وترتيب القطع الزجاجية المعشقة وتنظيفها.	10%		
4	مرحلة لصق الشريط النحاسي على حافات القطع.	15%		
5	مرحلة طلاء سائل صهر المعادن على الشريط.	10%		
6	مرحلة لحام الصولدر للقطع الزجاجية المعشقة.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :5 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تحويل اللوح الزجاجي الى مرآة بوساطة طلاء الفضة.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

اولا- الأهداف التعليمية:

معرفة الطالب كيفية تصنيع المرايا من الالواح الزجاجية بوساطة غمرها في محلول الفضة بأبسط خطوات وادوات ممكنة.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1- منضدة حديدية تعد مساحة للعمل عليها .

2- لوح زجاجي ذو ابعاد 15 x 20 cm.

3- مساحيق كيمياوية وهي نترات الفضة وهيدروكسيد الصوديوم وامونيا وحامض الهيدروكلوريك وسكر.

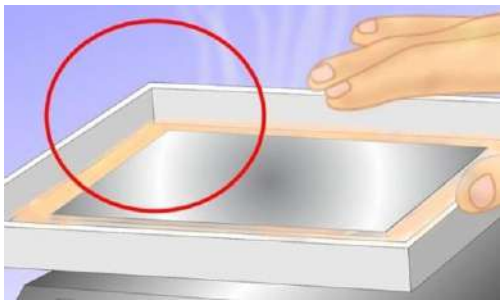
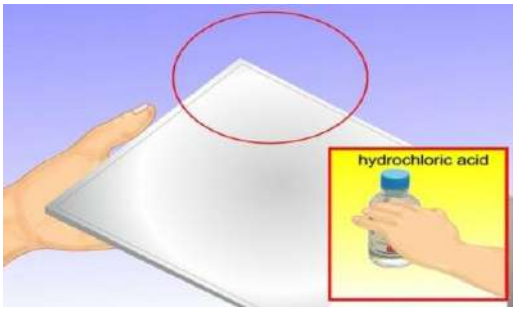
4- مسخن كهربائي ذو صفيحة حارة.

5- اواني الصب والخلط.

ثالثا - خطوات العمل، النقاط الحاكمة، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات والكممات الواقية. كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**
2	خذ واحد غرام من نترات الفضة وضعه في اناء واضف الماء المقطر اليه بكمية كافية. خذ واحد غرام من هيدروكسيد الصوديوم وضعه في اناء اخر واضف اليه الماء المقطر بكمية	

	كافية ليذوب. كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	اخلط المحلولين وامزجهما مع بعضهما البعض فسوف يتكون راسب اسود من اوكسيد الفضة. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	بعد تكون الراسب الاسود اضف الامونيا الى المزيج لكي يعاد ذوبان الراسب الاسود بشكل كامل. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	اضف 4 gm من السكر وحرك المزيج الى ان يذوب السكر في المزيج تماما. كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	بعد تنظيف اللوح الزجاجي بشكل جيد ضعه في اناء مسطح مستوٍ ثم صب المزيج عليه. كما في الشكل (6).	 الشكل (6)

7	ضع الاناء الذي يحتوي على اللوح الزجاجي والمزيج على مسخن كهربائي ذي الصفيحة الحارة. ارفع درجة حرارة المسخن الكهربائي ببطيء ولا تصل الى درجة حرارة الغليان. ان الغليان سيجعل من قطرات الفضة تطفو وتخرج على سطح المزيج الشكل (7).	الشكل (7)
8	سوف يتحول المزيج الى شكل كريمي ملون واللوح الزجاجي قد طلي بالفضة الان. اخرج اللوح الزجاجي المطلي من الاناء وامسح الطلاء الزائد من الاماكن غير المطلوب طلاءها. كما في الشكل (8).	 الشكل (8)
9	اذا تم التصاق بعض من الفضة في مناطق لا تريد طلاءها في اللوح الزجاجي بشكل حقيقي. يمكن استعمال حامض الهيدروكلوريك ووضع كمية قليلة منه في هذه المناطق ومسحها كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
11	المناقشة: 1. ما عمل هيدروكسيد الصوديوم في المزيج؟ 2. ما الراسب الاسود المتكون من مزج نترات الفضة وهيدروكسيد الصوديوم؟ 3. كيف تتعرف على طلاء اللوح الزجاجي بالفضة؟ 4. يجب ان لا تصل درجة حرارة المزيج في اثناء التسخين الى الغليان؟ 5. ما عمل حامض الهيدروكلوريك؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: تحويل اللوح الزجاجي الى مرآة بوساطة طلاء الفضة.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات والكممات الواقية	5%		
2	مرحلة تهيأة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة اذابة نترات الفضة وهيدروكسيد الصوديوم.	10%		
4	مرحلة مزج المحلولان واضافة الامونيا.	15%		
5	مرحلة اضافة السكر مع المزج وتسخين المزيج.	10%		
6	مرحلة طلاء اللوح الزجاجي وتنظيفه.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

طرائق النقش على الزجاج بأستعمال حامض

الهيدروفلوريك HF

تمهيد:

ان املاح فلوريد الامونيوم في الطبيعة توجد على هيأة كتل شبيهه بملح الطعام المتجمد وتطحن وتخلط مع كمية قليلة من حامض الهيدروفلوريك والماء.

وان حامض الهيدروفلوريك وبعض مركباته هي الكيميائيات الوحيدة التي تعمل على تآكل الزجاج وإذابته. ويسمى الزجاج الذي يغمس في هذه الكيميائيات أو يرش بها زجاج متآكل. وبناء على مكونات الزجاج وتركيز الفلوريد والمدة الزمنية التي يتعرض لها سطح الزجاج المتآكل يصبح خشنا ويشبه الثلج ويكاد يكون غير شفاف أو ربما كان له مظهر ناعم نصف شفاف بنعومة مظهر قماش الستان. ويبطن في داخل المصابيح الكهربائية بهذا الدهان الذي يشبه الستان، كما تحفر الأباريق وأقداح الماء والزجاج المصنوع للأعمال الفنية في كثير من الأحيان بتصاميم معقدة.

ويطلى سطح المصباح أولاً بحامض مقاوم للكيميائيات لوقاية اجزاء الزجاج التي تقع خارج قالب النموذج المطلوب. ثم يتآكل سطح الزجاج غير المطلي بفعل الحامض تاركاً النموذج. ومن الممكن عن طريق خلط الهيدروفلوريك وحامض الكبريتيك .

يقدم الزجاج المحفور بالحامض فرصا ممتازة للمهندسين وللمتخصصين في التصميم الداخلي والديكور وللصناع وللفنانين، لأنه يعطي فرصة للاشتغال اكثر فعالية بسبب جودته الثابتة ومتانته ومنظره الفني، فالزجاج المحفور بالحامض يخلق مظهرا لامعا وشفافا وهو مضبب الرؤيا ولكن في نفس الوقت يسمح بنفاذية عالية للضوء . ويستخدم في التقسيمات الداخلية والمكاتب وتقسيمات الحمامات والابواب الداخلية والخارجية ، السلالم ، زجاج المطابخ والاثاث وغيرها.

فالزجاج المحفور بالحامض يتمتع بمظهر نصف شفاف مضبب، وهو يعطي سطحا مخدشا وناعما، وهو لا يتقشر او يفقد لونه كما تتقشر الاغشية وتفقد لونها كما انه لا يتخدش كما تتخدش الطلاءات.

يقسم الزجاج المحفور بالحامض الى اربعة انواع:

الزجاج المحفور بالحامض الشفاف، الزجاج المحفور بالحامض الملون، الزجاج المحفور بالحامض المنقوش والملون، الزجاج المحفور بالحامض المنقوش والشفاف.

وهذه الحرفة ذات تأثير خطر على الصحة، ولها عدة طرائق تمارس بها منها طريقة الحفر بالمغطس اذ تغطى الآنية بالشمع ثم ترسم فوقه الزخارف بعد ذلك تُغطس في الحامض ثم تلون وطريقة الحفر النافر بأن ترسم الزخارف باستعمال الشمع مباشرة، وطريقة الحفر الغاطس وهي مثل الحفر بالمغطس ماعدا أنه يتم صب الحامض بالقطارة فوق الأخاديد فقط .

ويُنتج بهذه الطرائق جميع أنواع الزجاج المحفور والأراجيل والمزهريات والقطع الشرقية العائدة للديكورات ومستلزمات الزينة.

رقم التمرين :6 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : تحضير المواد وتهئتها للعمل بأستعمال حامض الهيدروفلوريك HF.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

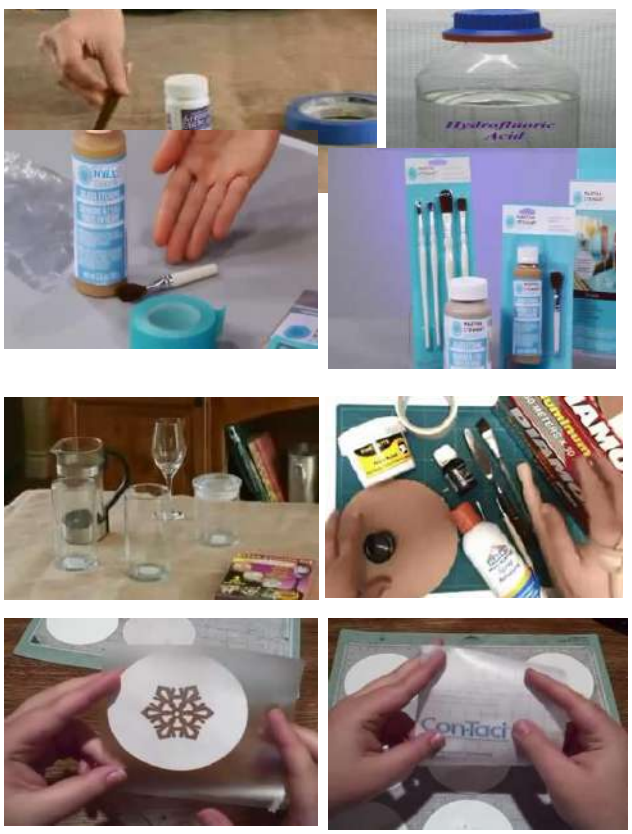
أن يكون الطالب قادرا على النقش على الزجاج باستخدام حامض الهيدروفلوريك HF وتنفيذ نماذج تزينية على السطوح الزجاجية.

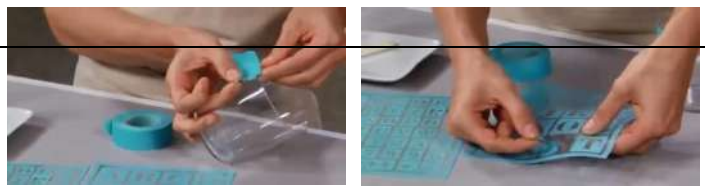
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

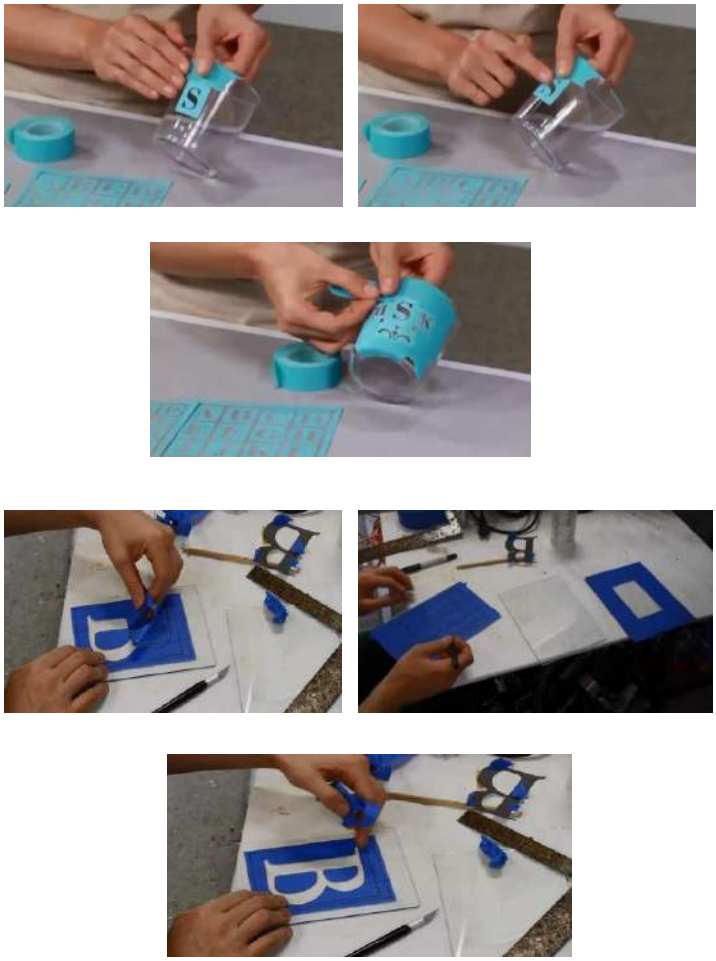
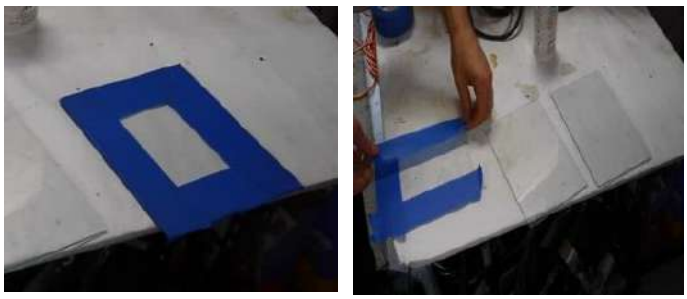
1. حامض الهيدروكلوريك.
2. تصاميم مختلفة لنماذج زخرفية.
3. شمع العسل.
4. فرشاة وقاطع.
5. اوعية بلاستيكية كبيرة، قطع اسفنج او اقمشة قديمة.
6. دلو ماء.
7. اشرطة لاصقة.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك كما في الشكل (1).	**الشكل (1)**
2	البس كفوف واقية . كما في الشكل (2).	**الشكل (2)**

3	البس النظارات الواقية. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
	او ارتدي القناع الواقي لتجنب الغازات المنبعثة. كما في الشكل (3).	
4	حضر المواد المراد الاشتغال بها مثل حامض الهيدروفلوريك ، الشمع ،الفرشاة، النماذج الزجاجية المهيئة، والرسوم المصممة المطلوب تنفيذها. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5		

	قم بعمل تجربة لحامض الهيدروفلوريك، اسكبه بإناء وضع شريط من الزجاج في داخله لمدة زمنية مناسبة وبعد الانتهاء اخرج الشريط لترى تخدشه وتآكله بحامض الهيدروفلوريك وتحدد هذه التجربة نسبة الحامض ومستوى التآكل كي نبدأ العمل. كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	اجلب الاناء المراد النقش عليه، ونظفه من الاتربة والاوساخ. كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
7	حضر التصميم الزخرفي المراد تنفيذه وقم بفتحه من اللاصق وثبته جيدا على سطح الاناء ،وليكن عدد من الزخارف يتم تثبيتها على سطح الاناء، اذا كنت ترغب في نشر الزخرفة على كل اجزاء السطح. كما في الشكل (7).	 الشكل (7) 

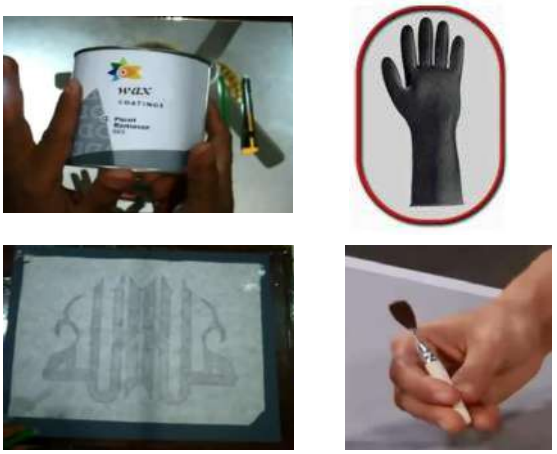
8	أذا كنت ترغب في ان تغطي الزخرفة مقدمة الاناء فقط، فضع التصاميم الزخرفية اللاصقة في مقدمة الاناء فقط وقم بتثبيت شريط لاصق حولها حتى لا يسمح للحامض من الخروج والانتشار في خارج الزخرفة المطلوبة في اثناء التطبيق وبذلك يشوه النموذج. كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**
9	احيانا تكون الزخارف المنفذة عبارة عن مساحات وسطوح فتؤطر بالأشرطة اللاصقة كي تمنع الحامض من الانتشار وتبقى منطقة التنفيذ محددة. كما في الشكل (9).	

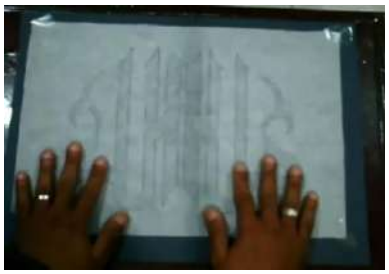
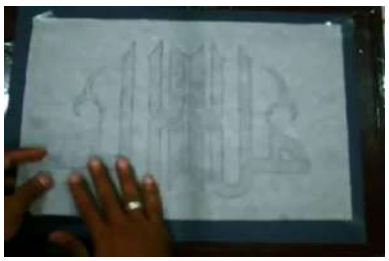
		الشكل (9)
10	هناك طريقتان: اما ان تطلى الزخرفة الملصقة على الاناء والمفرغة من بعض التفاصيل بوساطة الحامض (يستعمل حاليا حامض الهيدروفلوريك الكريمي) المصنع كي يكون سهل الاستعمال وقليل الخطر. كما في الشكل (10A). او تطلى الزخارف المرسومة والملصقة على سطح الاناء بحامض الهيدروفلوريك الكريمي جيدا ليغطي الاجزاء المطلوبة كلها. كما في الشكل (10B).	**الشكل (10A)**

		الشكل (10B)
11	ويستعمل احيانا حامض الهيدروفلوريك على شكل غراء مصنع يلتصق بالسطح المراد تنفيذ الخدش عليه بعد التطبيق وذلك بتذويبه على مصدر حراري. كما في الشكل (11).	

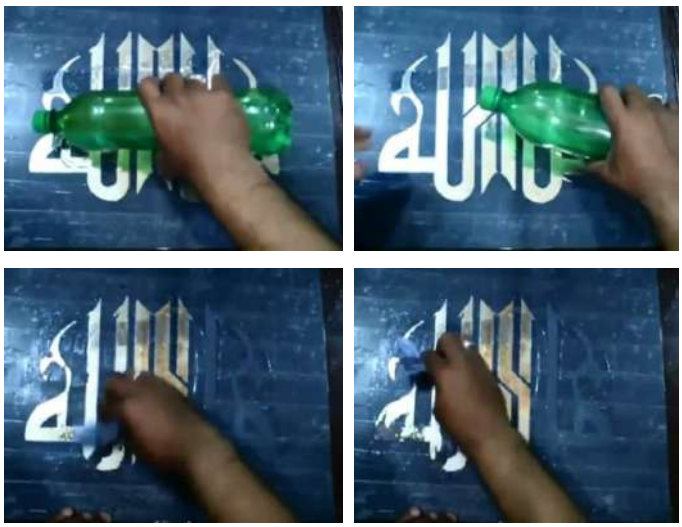
		     الشكل (11)
12	قم بتطبيقه على النموذج الزخرفي الملتصق على سطح الاناء . وذلك بعد اذابته على مصدر حراري وسكبه على الزخارف الملصقة والتي تم تأطيرها مسبقاً بأشرطة لاصقة. كما في الشكل (12).	 **الشكل (12)**

13	بعد جفاف الحامض الكريمي لمدة (3 ساعات) يشطف الاناء بالماء جيدا لإزالة الحامض المطبق. كما في الشكل (13).	 **الشكل (13)**
14	وبالنسبة للحامض المصنع على شكل غراء يتم انتظاره حتى يجف، ويعمل على تكسير الغراء بإزاحته عن سطح الزجاج بوساطة مقشط او فرشاة معدنية، ليتم ازالته كله عن سطح الاناء. كما في الشكل (14).	 **الشكل (14)**
15	وبعد ازالة الحامض وتنظيفه بكل الوسائل والطرق المبينة اعلاه تظهر القطع الزجاجية المزخرفة غاية في الجمال. كما في الشكل (15).	

		الشكل (15)
16	والطريقة الاخرى هي طريقة الشمع، البس كف واقي واحضر الشمع والفرشاة لبدء العمل واحضر التصميم المراد تنفيذه. كما في الشكل (16).	 الشكل (16)

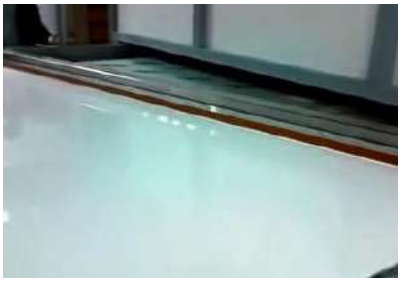
17	الصق التصميم على السطح الزجاجي جيدا واعزله حتى لا ينتشر الحامض الى الاجزاء الاخرى. كما في الشكل (17).	  **الشكل (17)**
18	قم بتفريغ المناطق المراد حفرها وتخديشها بحامض الهيدروفلوريك واحجب المناطق الاخرى لعمل سطحين مختلفين . كما في الشكل (18).	 **الشكل (18)**
19	باستعمال الفرشاة وشمع العسل قم بطلاء النموذج بالشمع واترك السطوح المحفورة، فالسطوح المطلية بالشمع لايخترقها الحامض فتبقى ناعمة صقيلة بعد ازالته ، والسطوح المعرضة للحامض والتي ازيل الشمع عنها سوف تتخدش وتحفر وتصبح مناطق	

	مزخرفة بتشكيلات مختلفة. كما في الشكل (19).	 **الشكل (19)**

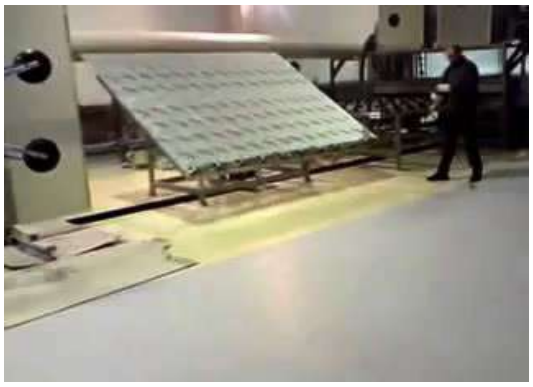
20	قم بغمر النموذج بالحامض لمدة تتراوح ما بين (1-3) ساعات حتى يتشبع السطح الزجاجي بالحامض. كما في الشكل (20).	 **الشكل (20)**
21	بعد اخراجها من الحامض ،قم بإزالة الحامض والشمع العالقين على سطح النموذج الزجاجي بالغسل اولا ثم بالمسح، لتصبح نظيفة ويزول كل ما يعلق بها من مواد . كما في الشكل (21).	

		 الشكل (21)
22	ليكون الناتج بعد ازالة المواد (الحامض والشمع) شكلا زخرفيا جميلا منمقا بحزوز وخدوش رائعة. كما في الشكل (22).	 الشكل (22)
23	ولأجل الكتابة على الزجاج بالألوان لابد من تسخين القطعة الزجاجية اولا، وترسم الالوان الزجاجية (المتكونة من الاوكسيد والكحول) يطبق بالفرشاة او بأية الة اخرى وتدخل الفرن قليلا ليتماسك معا. كما في الشكل (23).	 الشكل (23)
24	تتم عملية التخديش والحفر الميكانيكية في المعامل كما يلي:- يتم تحضير لوح زجاجي أو آنية ، وتدخل في الالة الميكانيكية المعدة	

	للصق التصميم المراد حفره وتنفيذه على اللوح، يتحرك اللوح الزجاجي على بكرات ويكون هناك عامل او اكثر للمراقبة وتوجيه العمل. يخرج اللوح بهدوء من الآلات وقد لصق عليه التصاميم المطلوب تنفيذها. كما في الشكل (24).	 **الشكل (24)**
25	تقوم احد المكائن بعملية قص الزجاج بحجم معين، تقص التصاميم المرسومة اللاصقة على السطح، ويمثل اللون الاحمر في الصورة ابرة القطع المدببة التي تتحرك لتقطع الزجاج، وتعديل ولم بقايا اللوح واللاصق عليه ليغطي اللوح بطريقة مناسبة، ويتعاون عدد من الحرفيين لإنجاز العملية . كما في الشكل (25).	 **الشكل (25)**
26	يتم ادخال اللوح مرة اخرى الى ماكينة الطلاء الشمعي بهدوء ومن فتحة صغيرة كي لا يبرد الطلاء. كما في الشكل (26).	

		 الشكل (26)
27	ويغمس اللوح او الانية كلها في حمام من الشمع المسكوب من الالة والظاهر في الشكل لتسبح القطعة الزجاجية في حمام الشمع السائل. كما في الشكل (27).	 الشكل (27)
28	تخرج القطعة من ماكينة سكب الشمع مغطاة تماما وتتحرك على البكرات باتجاه الجزء الاخر من الماكينة. كما في الشكل (28).	 الشكل (28)
29	يدخل اللوح الزجاجي الى منطقة الحفر ليرسم الشكل المراد تنفيذه بوساطة الات من الفولاذ قوية جدا. كما في الشكل (29).	 الشكل (29)
30	ويدخل اللوح الزجاجي الى الفرن ليطلى بمحلول حامض الهيدروفلويك المخفف بالماء المحضر في المكائن لمدة دقائق. كما في الشكل (30).	 الشكل (30)

31	ثم يخرج من فرن الطلاء الى فرن الغسل والتنظيف وتظهر اشكال زخرفية بسيطة بعد غسلها جيدا حسب الزخارف الملصقة على اللوح. كما في الشكل (31).	 الشكل (31)
32	ويخرج اللوح الزجاجي من المكائن بعد اكمال الحفر والتنظيف ليتحرك على البكرات باتجاه الامام، فتظهر عليه اثار الحامض وسلوكه. كما في الشكل (32).	 الشكل (32)

33	بعد الانتهاء من ذلك تسحب الالواح الزجاجية المرسومة على المناضد ذات البكرات. وتبدأ البكرات بحركتها وتميل المنضدة قليلا في البدء، اذ تهيئ لإتمام المراحل وتقوم رافعة ذات شافط لتلتصق باللوح الزجاجي وترفعه بعيدا باتجاه مكان تخزينه النهائي. كما في الشكل (33).	 **الشكل (33)**
34	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
	المناقشة: 1. ماهي الاواني التي يجب ان يحفظ فيها حامض الهيدروفلوريك؟ 2. ايهما افضل استعمال حامض HF على شكل سائل او على شكل غراء؟ 3. ماهي فوائد استعمال الشمع في الحفر باستعمال حامض HF؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: النقش على الزجاج باستعمال حامض الهيدروفلوريك.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية	5%		
2	تحضير كمية حامض الهيدروفلوريك	10%		
3	القيام بخلط حامض الهيدروفلوريك مع كمية الماء المناسبة	15%		
4	عمل تجربة لحامض الهيدروفلوريك وفحص القدرة على التخديش مع الزمن اللازم	20%		
5	تحضير التصاميم وتثبيتها على سطح الزجاج	10%		
6	القيام بطلاء الزجاج بمادة الشمع	10%		
7	تفريغ الاماكن التي يراد تخديشها من الشمع	10%		
8	القيام بغمر القطعة الزجاجية بالحامض ومراقبتها، واخراجها من الحامض بعد3 ساعات وتنظيفها بالماء	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) و(8) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

أسئلة الفصل

س1/ علل كل مما يأتي:-

1- التبريد السريع للزجاج المسخن عند تقسيته.
2- يعد الزجاج المحفور بالحامض فرصة ممتازة للمهندسين والمختصين في التصميم الداخلي والديكور.
3- تمّيز القليلون في استعمال الزجاج الملون والمعشق بالرصاص.
4- يفضل تحضير كل المواد اللازمة عند لحام القطع الزجاجية قبل عملية لحام بالصولدر.
5- يتم عمل تجربة لحامض الهيدروفلوريك قبل البدء بالعمل.
6- أضافة الأمونيا الى الراسب الاسود (هيدروكسيد الصوديوم + نترات الفضة).

س2/ ما طرائق النقش على الزجاج بأستعمال حامض الهيدروفلوريك HF ؟

س3/ أشرح كيفية تحويل اللوح الزجاجي الى مرآة ؟ وما التسهيلات اللازمة لذلك.

س4/ ما أنواع الاصماغ المستعملة في لصق القطع الزجاجية مع ذكر أستعمال كل واحدة منها.

س5/ وضح كيف يمكن الحفر على الزجاج بوساطة النفخ بالرمل. وما التسهيلات والعدد اللازمة لذلك.

س6 / أملأ الفراغات مما يأتي:-

1- يثبت شريط لاصق حول الاناء حتى ----------.
2- تعتبر حرفة الحفر على الزجاج ذات تأثير خطر ----------.
3- عند خلط نترات الفضة وهيدروكسيد الصوديوم والماء المقطر يكون ---------- من ----------.
4- أملاح فلوريد الامونيوم توجد على هيأة ----------.
5- من الكيمياويات الوحيدة التي تعمل على تآكل الزجاج وأذابته هو ----------.
6- يقسم الزجاج المحفور بالحامض الى ------،---------،---------،----------.
7- يوجد حامض HF على شكل ---------- أو ----------.

الفصل الخامس

الرسم على الزجاج

اهداف الفصل الخامس:

من المتوقع ان يتعرف الطالب على :

1. كيفية الرسم على الزجاج الشفاف وزجاج المرايا.
2. كيفية معالجة اخطاء الرسم على الزجاج.

محتويات الفصل الخامس:

- تمهيد.

التمرين (1): الرسم على لوح الزجاج الشفاف بأشكال هندسية.

التمرين (2): الرسم على الأواني بنقوش مختلفة.

التمرين (3): الرسم على المرايا.

التمرين (4): الرسم على الزجاج بطريقة الأختام.

التمرين (5): معالجة اخطاء الرسم على الزجاج.

أسئلة الفصل

الفصل الخامس
الرسم على الزجاج

تمهيـد:

لقرون عديدة مضت اثمر فن الرسم على الزجاج اعمالاً فنية ذات شكل جذاب وتأثير آخاذ ، وفي عصرنا الحالي وبفضل الألوان المتعددة والرائعة للرسم على الزجاج اصبح من الممكن ان نحاكي هذا الجمال للزجاج المنقوش في نطاق اضيق .

وتتميز التصميمات المرسومة على الزجاج بتأثيرها السحري الفاتن سواء أكان الضوء الساقط عليها طبيعياً ام صناعياً، ولما كان الضوء نفسه دائم التغيير ، انعكس ذلك ايضاً على الزجاج المزخرف علـــى نحو يجذب الأنظار ، سواء اكان الرسم يزين لوحاً زجاجيا لنافذة تنفذ من خلالها اشعة الشمس ام حاوية شموع بألوان جميلة موضوعة على مائدة او احدى قطع الحلي او احد الأشكال الزجاجية المزخرفـة المستخدمة ضمن وحدات الديكور .

ومع تعدد اوجه الزجاج في حياتنا اليومية ازدادت عدد الفرص المتاحة لتزيين الزجاج بالألوان والنقوش فأصبح بالإمكان الرسم على لوح الزجاج الشفاف بأشكال هندسية .

وتعتمد هذه العملية على:

1. نوع الرسم على الألواح الزجاجية الشفافة كتزيين زجاج الشبابيك واللوحات الفنية .
2. الدقة باستعمال الألوان وانسجامها مع بعضها البعض .

رقم التمرين :1 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : الرسم على لوح الزجاج الشفاف بأشكال هندسية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

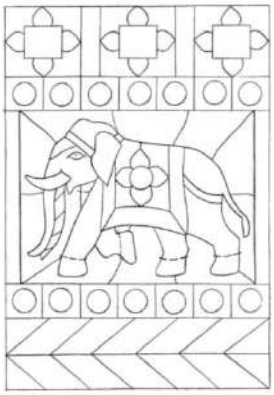
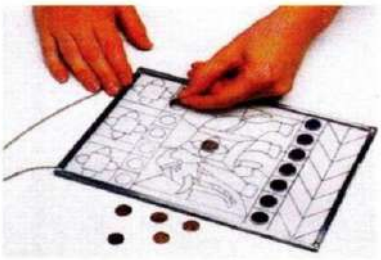
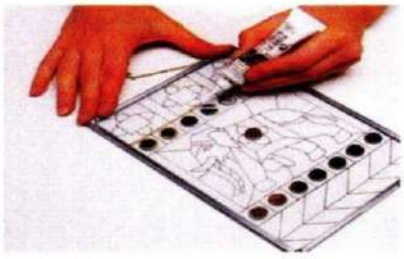
ان يكون الطالب قادرا على الرسم على لواح الزجاج الشفاف.

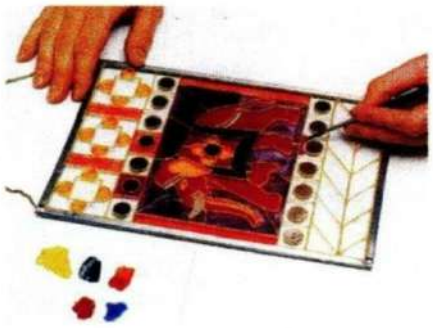
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. لوح زجاجي شفاف.
2. ورق شفاف لرسم التصميم.
3. انبوبة التحديد والوان الرسم على الزجاج.
4. ثنر لتخفيف الألوان.
5. شريط لاصق.
6. مجفف.
7. قطعة قماش قطنية.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكمامات والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	حضر لوح الزجاج الشفاف ونظفه جيداً بقطعة القماش القطنية المبللة بالماء لكي تثبت الالوان عليه. كما في الشكل (2).	 **الشكل (2)**

3	حضر التصميم وارسمه على ورق شفاف بقلم الرصاص. كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	ضع التصميم المرسوم على الورق الشفاف تحت اللوح الزجاجي وثبته بالشريط اللاصق كي لا يتحرك من موضعه واستنسخه . كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	حدد الاطار الخارجي للشكل المرسوم بوساطة انبوبة التحديد مع الضغط على الأنبوبة برفق في اثناء الرسم على طول الشكل التخطيطي للتصميم بحيث يصبح الرسم على شكل سطوح لكي يستقر فيها اللون. كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**
6	جفف الرسم المحدد بأنبوبة التحديد بوساطة المجفف كي لا تختلط الألوان مع بعضها . كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**

7	لون الرسم حسب التصميم المعد مسبقا بألوان الزجاج الخاصة بوساطة الفرشاة بعد ان تخفف بوساطة الثنر واتركها لتجف قبل ان تحركها من مكانها . كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**
8	نظف المكان والأدوات واعدها الى مكانها. كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**
	<u>المناقشة:</u> 1. لماذا يثبت التصميم عند الرسم بالشريط اللاصق قبل البدء بالتحديد ؟ 2. لماذا تترك اللوحة المرسومة لتجف قبل تحريكها من مكانها ؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: الرسم على لوح الزجاج الشفاف بأشكال هندسية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكمامات والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	تحضير لوح الزجاج الشفاف وتنظيفه.	15%		
3	تحضير التصميم ورسمه على الورق الشفاف.	15%		
4	وضع التصميم تحت اللوح الزجاجي.	10%		
5	تحديد الإطار الخارجي للرسم بوساطة انبوبة التحديد.	15%		
6	تجفيف التحديد.	10%		
7	تلوين الرسم بالفرشاة.	10%		
8	تنظيف ادوات ومكان العمل.	10%		
9	الزمن المخصص.	10%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (3) و(5) و(7) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :2 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : الرسم على الأواني الزجاجية بنقوش مختلفة.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

يجب على الطالب ان يكون قادراً على ان :

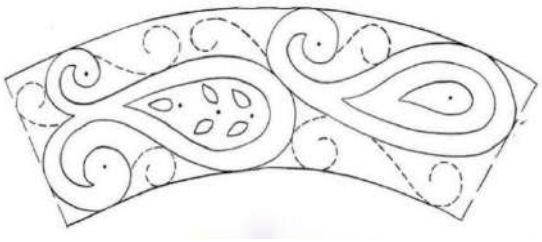
يقوم بالرسم على الأواني الزجاجية بنقوش مختلفة

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. ورشة الخزف والزجاج.
2. اناء زجاجي شفاف.
3. ورق شفاف لرسم التصميم.
4. انبوبة التحديد والوان الرسم على الزجاج.
5. ثنر لتخفيف الألوان.
6. شريط لاصق.
7. مجفف.
8. قطعة قماش قطنية.

ثالثا :- خطوات العمل و النقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكمامات والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	حضر الاناء الزجاجي المراد الرسم عليه ونظفه جيدا من الأتربة بوساطة قطعة القماش القطنية المبللة لكي تثبت الالوان. كما في الشكل (2).	الشكل (2)

3	حضر التصميم وارسمه على الورق الشفاف ثم قصه. كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	قسم محيط الأناء الى اربعة اجزاء وميز حدودها بالقلم، ثم الصق الورق الشفاف تحت الجزء الأول من الآناء بواسطة الشريط اللاصق وابدأ باستنساخ التصميم وبعدها كرر عملية نقل التصميم على باقي الأجزاء. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	حدد التصميم بأنبوبة التحديد واتركه ليجف. كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**
6	لون الأشكال المحددة بألوان مناسبة للتصميم . كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**

7	لون الخلفية والتفاصيل الصغيرة في الشكل بلون مغاير واتركها لتجف لكي لا تختلط الألوان مع بعضها . كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**
8	نظف المكان والأدوات واعدها الى مكانها . كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**
9	المناقشة: 1. لماذا تنظف الأنية الزجاجية من الاتربة قبل البدء بالرسم عليها ؟ 2. الى كم جزء يقسم الأناء قبل الرسم عليه ؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: الرسم على الأواني الزجاجية بنقوش مختلفة .				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكمامات والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	تنظيف الأنية الزجاجية من الأتربة.	5%		
3	تحضير التصميم ورسمه على الورق الشفاف.	10%		
4	تقسيم محيط الأناء الى اربعة اجزاء.	10%		
5	لصق الورق الشفاف تحت الجزء الاول.	10%		
6	تكرار عملية نقل التصميم على باقي الأجزاء.	10%		
7	تحديد التصميم بأنبوبة التحديد وتجفيفه.	15%		
8	تلوين الاشكال المحددة بألوان الزجاج.	10%		
9	تلوين خلفية التصميم.	10%		
10	تنظيف الأدوات والمكان واعادتها الى مكانها.	5%		
11	الزمن المخصص.	10%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (3) و(5) و(7) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :3 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : الرسم على المرايا .

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

يجب على الطالب ان يكون قادرا بالرسم على المرايا.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. ورشة الخزف والزجاج.
2. مرآة.
3. ورق شفاف لرسم التصميم.
4. قطعة كاربون لنسخ التصميم.
5. قلم رصاص.
6. انبوبة التحديد والوان الرسم على الزجاج.
7. ثنر لتخفيف الألوان.
8. مجفف.
9. شريط لاصق.
10. قطعة قماش قطنية.

ثالثا- خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكمامات والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**

2	نظف المرآة المراد الرسم عليها جيداً لكي تثبت الألوان عليها. كما في الشكل (2).	 **الشكل (2)**
3	حضر التصميم المراد رسمه على المرآة وارسمه على الورق الشفاف. كما في الشكل (3).	 **الشكل (3)**
4	انسخ التصميم المرسوم على الورق الشفاف على المرآة بوساطة ورق الكاربون بقلم الرصاص. كما في الشكل (4).	 **الشكل (4)**
5	حدد التصميم بوساطة انبوبة التحديد على شكل سطوح . كما في الشكل (5).	 **الشكل (5)**

6	جفف التحديد بوساطة المجفف لكي لا تختلط الألوان مع بعضها. كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	حضر الألوان وخففها بالثنر لكي تكون اكثر شفافية. كما في الشكل (7).	 **الشكل (7)**
8	لون السطوح المحددة بالألوان المناسبة للتصميم واتركها لتجف قبل ان تقوم بتحريكها لكي لا تسيل الألوان على بعضها. كما في الشكل (8).	 **الشكل (8)**
9	نظف الأدوات ومكان العمل واعدها الى مكانها. كما في الشكل (9).	 **الشكل (9)**
10	<u>المناقشة:</u> 1. لماذا ينسخ التصميم على المرآة ولا يوضع تحتها ؟ 2. لماذا تخفف الألوان قبل استعمالها ؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب : **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: الرسم على المرايا.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكمامات والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	تنظيف المرآة المراد الرسم عليها.	10%		
3	تحضير التصميم المراد رسمه.	15%		
4	نسخ التصميم على المرآة.	10%		
5	تحديد التصميم بوساطة انبوبة التحديد.	15%		
6	تجفيف التحديد بوساطة المجفف.	10%		
7	تحضير الألوان.	10%		
8	تلوين السطوح المحددة.	10%		
9	تنظيف الأدوات والمكان.	5%		
10	الزمن المخصص.	10%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (4) و(7) و(8) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :4 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : الرسم على الزجاج بطريقة الأختام .

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

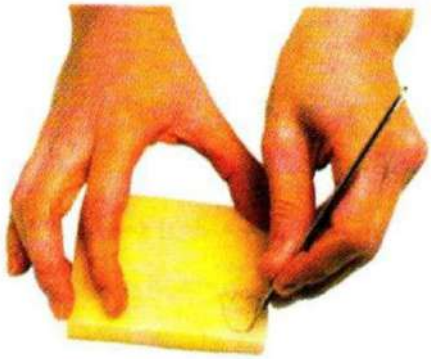
ان يكون الطالب قادرا على الرسم على الواح الزجاج بطريقة الاختام.

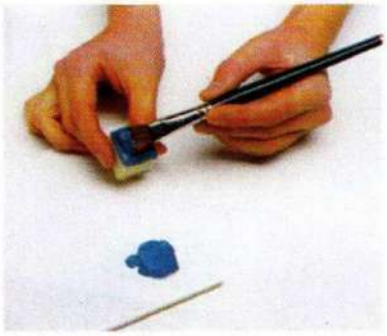
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. ورشة الخزف والزجاج.
2. قطع زجاجية.
3. قطعة من المطاط.
4. قطعة من الإسفنج.
5. سكين.
6. قطعة من الكارتون.
7. قلم رصاص.
8. صمغ.
9. الوان خاصة بالرسم على الزجاج.
10. فرشاة رسم خاصة بالرسم على الزجاج.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك الكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**

2	ارسم الشكل على الورق بقلم الرصاص وقصه بالمقص ليصبح قالب وضعه على قطعة المطاط او الإسفنج وارسم حوله واقطعه بالسكين . كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	قص الكارتون حول المطاط بزيادة حوالي (5 mm) لكي تتيح لك الإمساك بالختم دون الاقتراب من اللون. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	ضع طبقة متساوية من اللون على الختم مباشرة بوساطة الفرشاة . كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	اضغط على الختم بشدة على القطعة الزجاجية ثم ارفعه، كما في الشكل (5) ثم كرر العملية حسب التصميم المراد رسمه على القطعة الزجاجية.	 الشكل (5)

6	نظف الختم جيداً قبل تغيير الألوان وبعد الاستخدام مباشرة لكي لا تثبت الألوان عليه . كما في الشكل (6).	 **الشكل (6)**
7	نظف المكان والأدوات واعدها الى مكانها.	
8	<u>المناقشة:</u> 1. لماذا يقص الكارتون حول المطاط بزيادة حوالي (5 mm)؟ 2. لماذا ينظف الختم قبل تغير الألوان مباشرةً ؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والسيراميك**				
اسم التمرين: الرسم على الزجاج بطريقة الأختام .				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكمامات والكفوف والنظارات الواقية.	10%		
2	رسم الشكل على الورق وعمل القالب .	15%		
3	قص الكارتون حول المطاط .	5%		
4	وضع اللون على الختم.	15%		
5	ضغط الختم على الزجاج .	10%		
6	تكرار عملية الضغط بالختم .	15%		
7	تنظيف الختم قبل تغير اللون .	10%		
8	تنظيف المكان واعادة الأدوات الى مكانها.	10%		
9	الزمن المخصص	10%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (3) و(5) و(7) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها .

رقم التمرين :5 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : معالجة اخطاء الرسم على الزجاج .

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

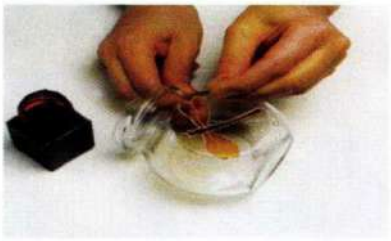
ان يكون الطالب قادرا على الرسم على لواح الزجاج الشفاف.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. ورشة الخزف والزجاج.
2. دبابيس.
3. سكين.
4. قطعة قطن ملفوفة على عصا رفيعة.

ثالثا - خطوات العمل ، النقاط الحاكمة ، الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك الكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	اثقب بالدبوس فقاعات الهواء التي تتكون اثناء التلوين. كما في الشكل (2).	الشكل (2)

3	استخدم انبوبة التحديد مرة اخرى لتغطية المساحة التي تغفلها عند التلوين ولا تستخدم اضافة اللون مرة اخرى اليه لكي لا يظهر خط ملحوظ من اللون. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	اكشط بالسكين التحديد او اللون غير المرغوب به بعد الجفاف. كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	تخلص من اللون الزائد في المساحات المحصورة بخط التحديد بوساطة الفرشاة او قطعة قطن صغيرة ملفوفة على عصا رفيعة . كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	نظف الأدوات والمكان واعدها الى مكانها. كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
7	المناقشة: 1. كيف تعالج المساحة التي اغفلتها عند التلوين ؟ 2. كيف تتخلص من اللون الزائد المحصور بخط التحديد ؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: معالجة اخطاء الرسم على الزجاج .				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكمامات والكفوف والنظارات الواقية.	10%		
2	ثقب فقاعات الهواء في الألوان	15%		
3	استعمال انبوبة التحديد لتغطية المساحة التي اغفلت	20%		
4	كشط التحديد واللون الغير مرغوب فيه	15%		
5	التخلص من اللون الزائد	15%		
6	تنظيف الأدوات والمكان	10%		
7	الزمن المخصص	15%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(3) و(5) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

أسئلة الفصل

س1/ وضح طريقة معالجة أخطاء الرسم على الزجاج, مع ذكر التسهيلات التعليمية.

س2/ علل كل مما يأتي:-

1- تنظف المرآة المراد الرسم عليها جيداً قبل البدء بالرسم.
2- يثبت التصميم المرسوم على الورق بشريط الاصق.
3- يتم تجفيف الالوان بوساطة المجفف.
4- عند نقل التصميم على المرآة يتم وضعه فوق المرآة ونقله.

س3/ بماذا تتميز التصميمات المرسومة على الزجاج.

س4/ على ماذا تعتمد عملية الرسم على الزجاج.

س5/ أشرح طرائق الرسم على الألواح الزجاجية بأشكال هندسية. وما العدد والمواد اللازمة لذلك.

س6/ صحح العبارة التالية لكل مما يأتي:-

1- يقسم الاناء قبل الرسم عليه الى سبعة اقسام.
2- يتم أضافة اللون مرة آخرى عند تغطية المساحة التي نقفلها عند التلوين.
3- تجفف الألوان الخاصة بالزجاج بالماء أو أضافة اللون الأبيض.

الفصل السادس

خصائص الزجاج واختباراته

اهداف الفصل السادس :

من المتوقع ان يتعرف الطالب على :

1. فحص الخصائص الميكانيكية والحرارية والفيزيائية والضوئية والكهربائية للزجاج.
2. المقارنة ما بين خصائص الزجاج وخصائص المواد الاخرى.
3. اجهزة الفحص وطريقة عملها.

محتويات الفصل السادس:

- تمهيد

التمرين (1): قياس الصلادة بطريقة الارتداد (طريقة شورسكليروسكوب).

التمرين (2): قياس التوصيلية الحرارية للمنتجات الزجاجية.

التمرين (3): قياس السعة الحرارية النوعية لنماذج زجاجية.

التمرين (4): قياس معامل التمدد الحراري للأجسام الزجاجية.

التمرين (5): قياس مقاومة الصدمة الحرارية للأجسام الزجاجية.

التمرين (6): قياس ثابت العزل الكهربائي للمنتجات الزجاجية.

التمرين (7): قياس معامل انكسار الزجاج بطريقة العمق الحقيقي والظاهري.

أسئلة الفصل

الفصل السادس

خصائص الزجاج واختباراته

تمهيد:

يشغل الزجاج مكانةً مرموقةً في الحياة اليومية بفضل خصائصه الفريدة كمرشح انتقائي للضوء، وحاجز حراري، ومقاوم للتآكل ومادة هندسية. ويهيمن اوكسيد السيليكون على صناعة الزجاج منذ نشأتها بفضل قابليته للتزجيج ووفرته ورخص كلفته، ومع ذلك فقد أظهرت التطورات التقنية المعاصرة الحاجة لمتطلبات جديدة تفوق خواص زجاج السيلكات التقليدي. في ضمن هذا السياق، تنشط الأبحاث لتعميق فهم بنية الزجاج وسلوكه وخواصه بهدف تحسين الأداء والكلفة وتقنيات المعالجات الثانوية ذات المحتوى التقني العالي، ولتطوير الأنواع الجديدة من الزجاج ذات الإنتاج المحدود والقيمة المضافة العالية، ولاستكشاف تقنيات جديدة لتحضير الزجاج ولاسيما زجاج الكالكوجينات وزجاج الفلوريدات والزجاج المعدني والزجاج نصف الناقل وزجاج الليزر.

ومازالت صناعة الزجاج تصنف في ضمن صناعات المستقبل، ولا يتسع المجال إلا للإشارة إلى أبرز التطبيقات المستقبلية مثل الزجاج الفعال حيوياً للترميمات العظمية والزجاج المشع لمعالجة الأورام موضعياً والزجاج لتخزين النفايات النووية، الزجاج القابل للانحلال كسماد زراعي، زجاج الواجهات ذات الشفافية الانتقائية أو ذاتية التنظيف، زجاج الواجهات والسقوف الفوتوفولطائية المتكاملة وأخيراً الزجاج في الهندسة المدنية حيث تتجه المساعي نحو البناء الزجاجي «الكامل» وتشييد بعض الجسور من الزجاج.

على المستوى التقني، فأن الأنظار تتجه نحو توفير الطاقة وتقليل الهدر وتخفيض الكلفة، ونحو استكشاف التقنيات غير التقليدية لتحضير الزجاج ولاسيما تقنية الهلام وتحضير الزجاج في الفضاء.

رقم التمرين :1 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس الصلادة بطريقة الارتداد (طريقة شورسكليروسكوب).

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

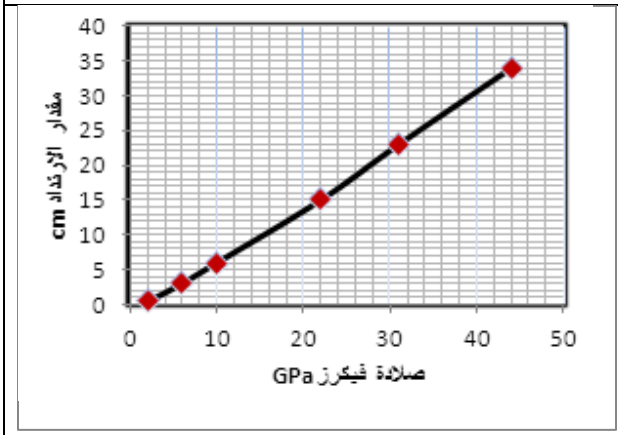
أن يكون الطالب قادرا على قياس الصلادة للمنتجات الزجاجية بطريقة لا اتلافية.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. جهاز قياس الارتداد .
2. نماذج معدنية وسيراميكية قياسية معروفة الصلادة.
3. عينات زجاجية مختلفة في الصلادة.

ثالثا - خطوات العمل و النقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	رتب جهاز قياس الارتداد المؤلف من الاجزاء الموضحة بالشكل (2). بما ان هذه الطريقة غير مباشرة لقياس الصلادة فإنها تحتاج الى نماذج معروفة الصلادة وقياسية مثل الحديد الصلب والالومينا والنحاس والالمنيوم وغيرها. ثم احضر نماذج مختلفة من القطع الزجاجية العادية والملونة والمقسى والمشكلة بطرائق مختلفة. كما في الشكل (2) .	الشكل (2)

3	قم بفحص النماذج القياسية المعروفة الصلادة واحسب مقدار الارتداد الحاصل لكل نموذج، ورتب النتائج في الجدول (1).	**جدول (1)** **ملاحظة: قيم الارتداد في الجدول افتراضية.**
4	ارسم مخططاً بيانياً (مخطط المعايرة) بين صلادة فيكرز القياسية ومقدار الارتداد الحاصل في الجهاز. كما في المثال الموضح الشكل (3) .	 **الشكل (3)**
5	كرر الخطوة 3 باستعمال النماذج السيراميكية والخزفية ثم احسب مقدار الارتداد من الجهاز ونظم النتائج في الجدول (2) وباستعمال منحني المعايرة شكل (3) ومن خلال المساقط المقابلة لقيم الارتداد احسب قيم الصلادة.	**جدول (2)**

النموذج القياسي	الصلادة GPa	مقدارالارتداد cm
كاربيد السيليكون	34	44
الومينا	23	31
مولايت	15	22
زجاج الشبابيك	6	10
حديد الفولاذ الصلب	3	6
الالمنيوم	0.4	2

النموذج	الصلادة GPa	مقدارالارتداد cm
الطابوق العادي		
الطابوق الحراري الثقيل		
الطابوق الحراري الخفيف		
سيراميك الجدران		
سيراميك الارضيات		
خزف مشكل بالدولاب		
خزف مشكل بالصب		

6	1. افصل الجهاز من مصدر الطاقة الكهربائية واعده الى مكانه واحفظ العينات المفحوصة. 2. نظف الاجهزة ومكان وأدوات العمل. 3. أستعمل نماذج ذات سمك مختلف واجر عليها اختبار الارتداد وتبين تأثير السمك.
7	المناقشة: 1. استعمل سماكات مختلفة من النماذج واجرِ عليها اختبار الارتداد وبين تأثير السمك؟ 2. هل هناك تأثير للمسامية على الصلادة؟ 3. هل يؤثر تغير كتلة الكرة الساقطة او كثافتها على مقدار الصلادة المقاسة بهذه الطريقة؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس الصلادة بطريقة الارتداد (طريقة شورسكليروسكوب).				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تحضير الجهاز والنماذج وتجهيز المكان.	10%		
3	مرحلة قياس النماذج القياسية.	10%		
4	مرحلة رسم مخطط المعايرة .	15%		
5	مرحلة قياس النماذج وحساب الصلادة .	15%		
6	مرحلة مناقشة النتائج .	15%		
7	تنظيف الاجهزة ومكان وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :2 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس التوصيلية الحرارية للمنتجات الزجاجية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

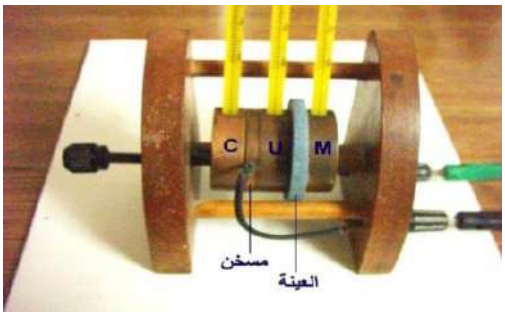
أولا - الأهداف التعليمية:

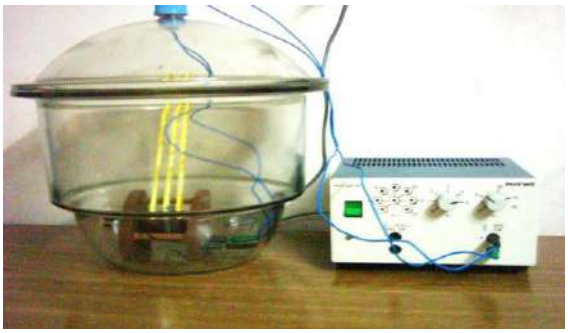
أن يكون الطالب قادرا على ايجاد معامل التوصيل الحراري لمادة زجاجية باستخدام قرص لي.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. جهاز اقراص لي.
2. محارير زجاجية عدد 3.
3. مجهز قدرة.
4. عينات زجاجية وحرارية.
5. فيرنية.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	تكون شكل العينة الزجاجية قرصية الشكل بقطر 5 cm وسمك مختلف على ان لا يتجاوز عن 1 cm. رتب جهاز اقراص لي وباستعمال الفيرنية قم بقياس سمك وقطر الاقراص وسمك العينة. كما في الشكل (2) .	 **الشكل (2)**

3	ضع الجهاز مع العينة داخل ناقوس معزول من المحيط الخارجي واربط الجهاز الى مصدر الطاقة الكهربائية المستمر وبفولتية 6 V وتيار مقدره 0.25 A ثم اترك الدائرة مغلقة لمدة زمنية يحصل فيها الاتزان الحراري. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	اقرأ درجات الحرارة لكل محرار مثبت في كل قرص وسجل القراءات وثبتها في الجدول (1). ثم احسب قيمة الحرارة المفقودة (h) من المعادلة 2 وسجل النتيجة في الجدول، بعدها عوض القيمة في المعادلة 1 لحساب معامل التوصيلية الحرارية (K) للعينة. كرر التجربة لعينات زجاجية تختلف في سمكها وتراكيبها.	جدول (1)

رمز العينة	T_c °C	T_u °C	T_m °C	h w/m².°C	k w/m.°C

إن كمية الحرارة التي تنساب في العينة **(معادلة - 1،2،3 - للاطلاع فقط)**هي:

$$K\frac{T_u - T_m}{d_s} = h\left[T_m + \frac{2}{r}\left(d_m + \frac{1}{4}d_s\right)T_m + \frac{1}{2r}\,d_s\,T_u\right] \ldots\ldots(1)$$

اذ ان: T_u : حرارة القرص U ، T_m: حرارة القرص M ، r: نصف قطر القرص (u,M)

d_m : سمك القرص M ،d_s: سمك القرص s للعينة

h : الحرارة المفقودة وتتحدد بالعلاقة الآتية:

$$h = \frac{H_t}{\pi r\left[(T_c - T_m)r + 2\left[d_m T_m + \frac{1}{2}\,d_s(T_m + T_u) + d_u T_u + d_c T_c\right]\right]} \ldots\ldots(2)$$

	اذ ان: T_c, d_c سمك وحرارة القرص c على التوالي الجهاز المستعمل (قرص لي) مبين في الشكل (1) إذ أنه يعزل من تأثير المحيط الخارجي باستعمال غطاء زجاجي يربط الجهاز بمجهزة قدرة كهربائي فالقدرة بالواط تكون: $H_t = I\,V$ ..... (3) إذ (V) الفولتية (6 volt) I= التيار (0.25 A) وابعاد الجهاز المستعمل (r = 20.7 mm) وان ($d_m=d_u=d_c=13mm$).
5	افصل مصدر الطاقة الكهربائية واستخرج العينة من بين الاقراص وارجع الاجهزة والمعدات الى مكانها.
6	المناقشة: 1. ماذا تصنع لتقليل الفقدان في الحرارة من تأثيرات المحيط الخارجي؟ 2. هل تصح القراءات اذا كان قطر العينة اقل او اكبر من قطر الاقراص؟ 3. ما تأثير السمك في معامل التوصيل الحراري للزجاج؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة				
اسم الطالب : **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس التوصيلية الحرارية للمنتجات الزجاجية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية	5%		
2	مرحلة تهيئة الاجهزة وربطها بمصدر الطاقة الكهربائية	10%		
3	مرحلة حساب قطر النماذج والاقراص وسمكها	10%		
4	مرحلة قياس درجة الحرارة	15%		
5	مرحلة ادراج النتائج في الجدول وحساب معامل التوصيل الحراري.	15%		
6	مرحلة مناقشة النتائج	15%		
7	مرحلة فك التوصيلات الكهربائية وارجاع الاجهزة الى مكانها.	10%		
8	الزمن المخصص	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :3 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس السعة الحرارية النوعية لنماذج زجاجية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

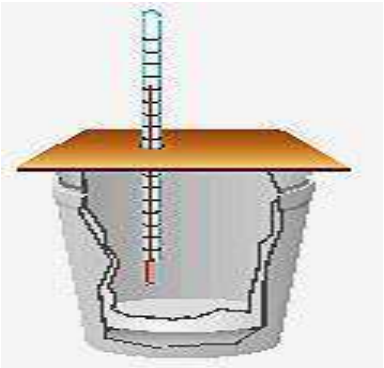
أولا- الأهداف التعليمية:

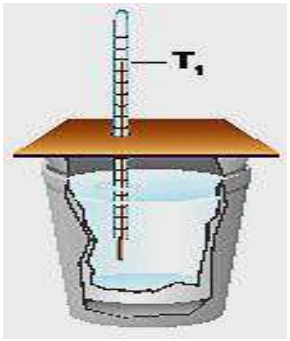
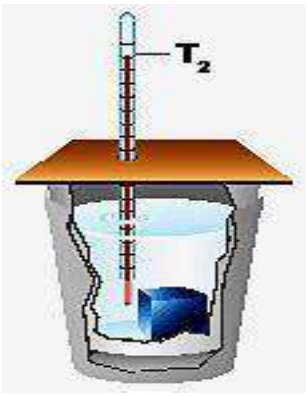
أن يكون الطالب قادرا على قياس السعة الحرارية النوعية لمادة زجاجية.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. مسعر حراري.
2. ميزان حساس.
3. محرار.
4. فرن.
5. عينات زجاجية.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	شكل العينة الزجاجية غير محدد اي شكل يمكن اجراء عليه التجربة. ضع المحرار في المسعر ثم احسب الكتلة باستعمال ميزان حساس وسجل الكتلة m_1 . كما في الشكل (2) .	 **الشكل (2)**

3	ضع كمية من الماء في المسعر ثم احسب كتلة المسعر وفيه الماء m_2 وسجل ايضاً درجة الحرارة T_1. كما في الشكل (3) .	 الشكل (3)
4	احسب كتلة العينة M_s ثم قم بإدخال العينة المراد حساب سعتها الحرارية في داخل فرن واتركه يستقر لدرجة حرارة معينة ثم سجل درجة حرارة الفرن والتي تمثل درجة حرارة العينة وهي ساخنة T_s بعدها اسحب العينة من الفرن وضعها مباشرة وبسرعة في المسعر الذي يحتوي على الماء واتركه لمدة زمنية فتلاحظ ارتفاع درجة الحرارة الى ان تتزن درجة الحرارة عندها سجل قيمتها T_2 . كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	رتب النتائج في الجدول (1)، ثم استعمل المعادلة 2 لإيجاد السعة الحرارة النوعية للمادة الخزفية C_{ps} بعد معرفة السعة الحرارية النوعية لمادة المسعر C_{pc} والسعة الحرارية النوعية للماء C_{pw} باستعمال الجدول المرفق.	جدول (1)

العينة	M_c kg	M_w kg	M_s kg	T_1 °C	T_s °C	T_2 °C	C_{ps} J/kg.°C

6	تقاس السعة الحرارية النوعية للمواد الصلبة باستعمال مسعر حراري (شكل1) وباستعمال المعادلة التالية **(للاطلاع فقط):** $M_s C_{ps} (T_s-T_2) = M_w . C_{pw} (T_2-T_1) + M_c . C_{pc} (T_2-T_1)$ .....(1) بنيت العلاقة اعلاه على اساس: الطاقة المفقودة = الطاقة المكتسبة فاذا تم تسخين كتلة من مادة صلبة مقدارها M_s الى درجة حرارية معينة T_s ومن ثم وضعت في مسعر كتلته M_c وحرارته النوعية C_{pc} موضوع فيه ماء كتلته M_w ودرجة حرارته T_1 وسعته الحرارية النوعية C_{pw} فبعد وضع القطعة الزجاجية الصلبة الساخنة تصبح درجة حرارة الماء في المسعر T_2 بعد التوازن ولذلك فان C_{ps} هي المقدار المجهول في المعادلة السابقة يمكن من خلاله قياس السعة الحرارية النوعية للمادة الزجاجية.
7	اخرج العينة من المسعر ونظف المسعر من الماء جيدا وضعه في المكان المناسب.
8	المناقشة: 1. هل هناك تأثير في سرعة اخراج العينة من الفرن الى المسعر؟ 2. هل تؤثر نقاوة الماء في قيمة السعة الحرارية النوعية التي تدخل في حساب السعة الحرارية النوعية؟ 3. ايهما افضل ان تكون قيم السعة الحرارية النوعية كبيرة أم صغيرة اذا اردنا استعمال المادة كبطانة فرن؟ 4. ما تأثير المسامية والكثافة في السعة الحرارية النوعية للسيراميك؟

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب : **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس السعة الحرارية النوعية لنماذج زجاجية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة المسعر الحراري وحساب كتلته.	10%		
3	مرحلة حساب كتلة المسعر وفيه الماء.	10%		
4	مرحلة ادخال القطعة الزجاجية الى الفرن واخراجها.	15%		
5	مرحلة ادراج النتائج في الجدول وحساب السعة الحرارية النوعية.	15%		
6	مرحلة مناقشة النتائج.	15%		
7	مرحلة تنظيف المسعر واعادته الى مكانه.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :4 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس معامل التمدد الحراري للأجسام الزجاجية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

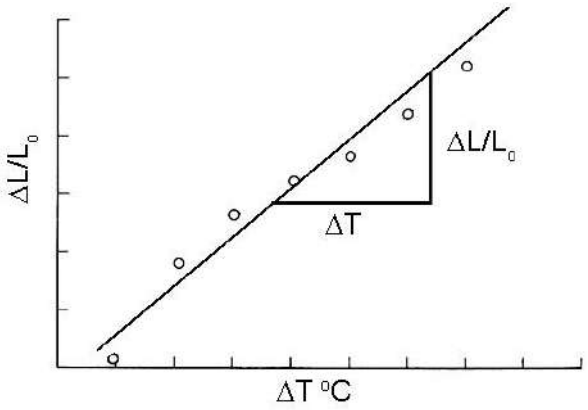
أن يكون الطالب قادرا على حساب النسبة المئوية للتمدد الحراري و قياس معامل التمدد الحراري للأجسام الزجاجية.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. جهاز التمدد الحراري.
2. عينات زجاجية اسطوانية او مكعبة .
3. فيرنية .

ثالثا - خطوات العمل و النقاط الحاكمة و الرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	 **الشكل (1)**
2	رتب جهاز قياس معامل التمدد الحراري وباستعمال الفيرنية قم بقياس طول العينة L_o ثم ضع العينة داخل الفرن وادفع الحامل الى داخل الفرن وأبدأ بتسخين الفرن. كما في الشكل (2).	 **شكل (2)**

3	سجل درجة الحرارة الابتدائية T_o ثم ابدأ بتسجيل القراءات من جهاز المتحسس ودون القراءات L مع تغيير درجة الحرارة (T) في كل مرة في الجدول (1).	**جدول (1)** العينة | T °C | ΔT=T-T_o °C | L mm | ΔL= L-L_o
4	ارسم البياني بين $\Delta L/L_o$ على محور Y و ΔT على محور X كما في الشكل (3)، ثم أختر نقطتين على المنحني واحسب ميل المنحني والذي يمثل معامل التمدد الحراري α وذلك بقسمة $\Delta L/L_o$ على ΔT الشكل (3). حيث: $\alpha = \frac{\Delta L}{L_o} \cdot \frac{1}{\Delta T}$	 **الشكل (3)**
5	أطفئ الفرن وافصل مصدر الطاقة الكهربائية واستخرج العينة من الفرن وكرر الخطوات السابقة لنماذج زجاجية اخرى.	
6	المناقشة: 1. ما الفائدة من قياس التمدد الحراري للزجاج الصناعي والزجاج الفني؟ 2. ماذا تتوقع اذا تم الاستمرار برفع درجة الحرارة الى درجات حرارية مرتفعة على منحني تغير الاستطالة مع تغير درجة الحرارة؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس معامل التمدد الحراري للأجسام الزجاجية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة الجهاز وربطه بمصدر الطاقة الكهربائية.	10%		
3	مرحلة حساب طول العينة.	10%		
4	مرحلة تشغيل الفرن وتسجيل القراءات.	15%		
5	مرحلة ادراج النتائج في الجدول وحساب معامل التمدد الحراري.	15%		
6	مرحلة مناقشة النتائج.	15%		
7	مرحلة اطفاء الفرن وفك التوصيلات الكهربائية وارجاع الاجهزة الى مكانها.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :5 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس مقاومة الصدمة الحرارية للأجسام الزجاجية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا - الأهداف التعليمية:

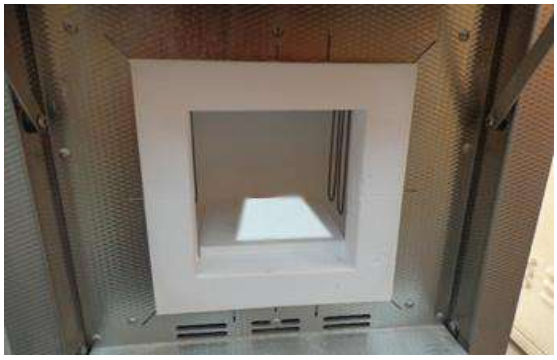
أن يكون الطالب قادرا على فحص مقاومة الصدمة الحرارية للأجسام الزجاجية.

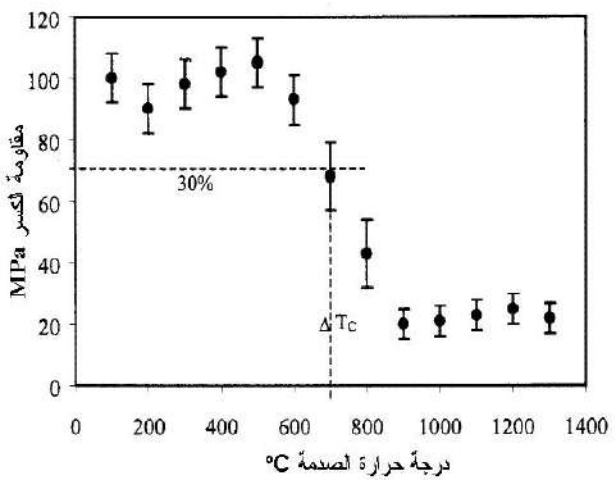
ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. فرن معاملات حرارية.
2. عينات زجاجية .
3. ملقط فرن .
4. حوض مائي.
5. محرار.
6. مكبس.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	احضر نماذج من منتجات زجاجية ويمكن ان تكون على شكل الواح. وباستعمال الفيرنية احسب الابعاد. كما في الشكل (2) .	الشكل (2)

3	شغل الفرن وهيئ حوضاً فيه ماء بدرجة حرارة $20^{o}C$ يحتوي على كمية كافية من الماء بحيث لا ترتفع درجة الحرارة بعد الغمر اكثر من $5\ ^{o}C$. ضع العينات داخل الفرن ولدرجات حرارية مختلفة، بعدها اسحب العينة من الفرن وهي ساخنة بوساطة ملقط واغمرها مباشرة في الماء على ان لا تطول فترة السحب والغمر اكثر من 5 ثوانٍ .كما في الشكل (3) .	 **الشكل (3)**
4	كرر العملية لعينات جديدة ولدرجات حرارية مختلفة، وباستعمال طريقة الانحناء احسب مقاومة الكسر للنماذج بعد الصدمة الحرارية ودون النتائج في الجدول (1). يعبر عن الصدمة الحرارية بالعلاقة التالية: $$R = \frac{\sigma\,(1-\mu)}{E\,\alpha} \quad \ldots\ldots(1)$$ اذ ان R : تمثل التغير في درجة الحرارة ، σ : تمثل الاجهاد الميكانيكي المسلط ، μ : تمثل نسبة بوازون، α : تمثل معامل التمدد الحراري، E : يمثل معامل يونك.	**جدول (1)** **رمزالعينة** | **درجة حرارة الصدمة (^{o}C)** | **مقاومة الكسر MPa** 100 200 300 400 500 600 700 1300....

5	ارسم خطاً بيانياً بين درجة حرارة الصدمة الحرارية ومقاومة الكسر, كما في المثال الموضح في الشكل (5) ، ثم احسب ما نسبته 30% من القيمة القصوى لمتانة الكسر وارسم منها امتداداً موازياً لمحور درجة الحرارة الى ان يقطع المنحني ومنه ارسم مسقطاً على محور درجات الحرارة لتحديد مقاومة الصدمة الحرارية. كما في الشكل (5) .	 **الشكل (5)**
6	أطفئ الفرن وافصل مصدر الطاقة الكهربائية ونظف مكان العمل.	
7	المناقشة: 1. ايهما اكثر مقاومة للصدمة الحرارية المنتجات العالية ام الواطئة في التمدد الحراري؟ 2. كيف يمكن ان نزيد من مقاومة المنتجات الزجاجية للصدمة الحرارية؟ 3. ما تأثير المسامية على مقاومة الصدمة الحرارية؟ 4. قارن بين النتيجة العملية المحصلة من الرسم البياني (ΔT) والقيمة النظرية التي يمكن الحصول عليها من تطبيق العلاقة (1).	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة: الثالثة** **التخصص: الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس مقاومة الصدمة الحرارية للأجسام الزجاجية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة الفرن وربطه بمصدر الطاقة الكهربائية.	10%		
3	مرحلة حساب ابعاد النماذج.	10%		
4	مرحلة اخراج النماذج من الفرن واجراء الصدمة الحرارية.	15%		
5	مرحلة ادراج النتائج في الجدول وحساب الصدمة الحرارية.	15%		
6	مرحلة مناقشة النتائج.	15%		
7	مرحلة اطفاء الفرن وارجاع المعدات الى مكانها.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و(6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين :6 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس ثابت العزل الكهربائي للمنتجات الزجاجية.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

أن يكون الطالب قادرا على ايجاد ثابت العزل الكهربائي باستعمال جهاز قياس السعة.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. جهاز قياس السعة.
2. لوحي متسعة متغيرة.
3. نماذج زجاجية.
4. توصيلات كهربائية.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	احضر نماذج من منتجات زجاجية على شكل الواح ملائمة لمساحة لوحي المتسعة المتغيرة ،كما في الشكل (2). اربط جهاز قياس السعة الى لوحي المتسعة. ثم ضع المادة العازلة بين لوحي المتسعة واكبس اللوحين جيداً على العينة وشغل مقياس السعة وسجل مقدار السعة بوجود المادة، العازلة C ثم ارفع المادة العازلة وكرر	الشكل (2)

	التجربة لنفس السمك ولكن بوجود الفراغ واحسب السعة في الفراغ. C_o كما في الشكل (2).	
3	باستعمال المعادلة (1) احسب ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة ε_r: $$\frac{C}{C_o} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \varepsilon_r \dots\dots (1)$$ اذ ان ε النفاذية الكهربائية للوسط الموجود بين الصفيحتين و ε_o هي نفاذية الهواء.	
4	أطفئ جهاز قياس السعة وافصل اسلاك التوصيل وارجع الاجهزة والمعدات الى مكانها.	
5	المناقشة: 1. هل من الممكن ان يكون ثابت العزل الكهربائي اقل من الواحد للمواد العازلة؟ 2. ما تأثير ان تكون المادة العازلة اكبر او اقل من لوحي المتسعة على قراءة السعة؟ 3. هل يفضل ان تكون السعة كبيرة ام صغيرة لزيادة الدقة في حساب ثابت العزل الكهربائي؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس ثابت العزل الكهربائي للمنتجات الزجاجية.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيأة لوحي المتسعة وربطها بمقياس السعة الكهربائية.	15%		
3	مرحلة حساب السعة الكهربائية بوجود العازل.	10%		
4	مرحلة حساب السعة الكهربائية بوجود الفراغ.	10%		
5	حساب ثابت العزل الكهربائي.	15%		
6	مرحلة مناقشة النتائج	15%		
7	مرحلة اطفاء مقياس السعة وارجاع المعدات الى مكانها.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و (6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

رقم التمرين : 7 **الزمن المخصص : 3 ساعات**

اسم التمرين : قياس معامل انكسار الزجاج بطريقة العمق الحقيقي والظاهري.

مكان التنفيذ : الورشة الزجاجية.

أولا- الأهداف التعليمية:

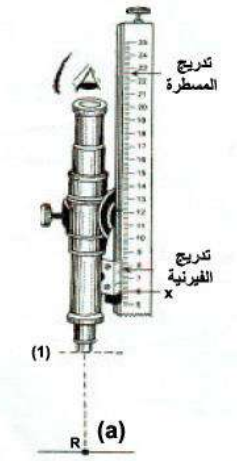
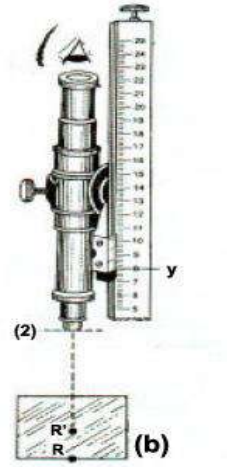
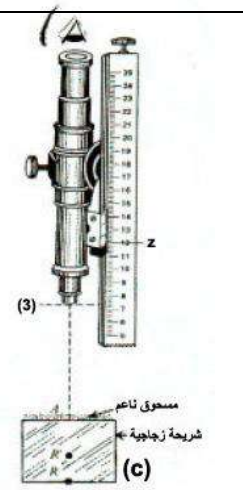
تعرف الطالب على كيفية قياس معامل انكسار الزجاج بطريقة البعد الحقيقي والظاهري.

ثانيا - التسهيلات التعليمية:

1. شريحة زجاجية.
2. مايكروسكوب متحرك مزود بفيرنية.
3. مسحوق ناعم جداً.

ثالثا - خطوات العمل والنقاط الحاكمة والرسومات.

1	ارتد بدلة العمل الملائمة لجسمك والكفوف والنظارات الواقية. كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	هيء المايكروسكوب المتحرك وتأكد من عمل جميع اجزاءه كما في الشكل (2). ثم ضع مسحوقاً ناعماً على قاعدة المايكروسكوب.	الشكل (2)

3	سجل قراءة الفيرنية بعد الحصول على صورة واضحة للمسحوق الموجود على قاعدة المجهر المتحرك والتي تمثل (X). كما في الشكل (3) .	 **الشكل (3)**
4	ضع الشريحة الزجاجية ثم انظر بالمجهر المتحرك سترى ان صورة المسحوق الموجود تحت الشريحة الزجاجية اصبحت اقل وضوحاً ، لذلك غير فيرنية المجهر الى ان تحصل على افضل صورة ثم سجل قراءة الفيرنية ولتكن (Y) . كما في الشكل (4) .	 **الشكل (4)**
5	ضع مقدار من المسحوق على سطح الشريحة الزجاجية ثم غير فيرنية المجهر حتى تحصل على افضل صورة للمسحوق عندها سجل قراءة الفيرنية ولتكن (Z). كما في الشكل (5) .	 **الشكل (5)**

6	باستعمال العلاقة التي تربط بين العمق الحقيقي والظاهري، احسب معامل الانكسار للزجاج.	$n = \frac{\text{العمق الحقيقي}}{\text{العمق الظاهري}}$ $n = \frac{Z - X}{Z - Y}$
7	نظف مكان العمل وادوات العمل وارجعها الى مكانها.	
8	المناقشة: 1. عرف معامل الانكسار. 2. هل هناك طريقة اخرى لقياس معامل الانكسار؟ 3. ماهي العوامل التي تؤثر على مقدار معامل الانكسار لأنواع مختلفة من الزجاج؟ 4. ماهي الاخطاء التي قد تحصل في قياس معامل الانكسار بهذه الطريقة؟	

استمارة قائمة الفحص				
الجهة الفاحصة:				
اسم الطالب: **المرحلة : الثالثة** **التخصص : الخزف والزجاج**				
اسم التمرين: قياس معامل انكسار الزجاج بطريقة العمق الحقيقي والظاهري.				
الرقم	**الخطوات**	**الدرجة القياسية**	**درجة الأداء**	**الملاحظات**
1	ارتداء بدلة العمل والكفوف والنظارات الواقية.	5%		
2	مرحلة تهيئة المكان والادوات.	15%		
3	مرحلة وضع المسحوق وقياس البعد X .	10%		
4	مرحلة وضع اللوح الزجاجي وقياس البعد Y.	10%		
5	مرحلة وضع المسحوق على الشريحة الزجاجية وقياس البعد Z.	15%		
6	مرحلة اجراء الحسابات وايجاد معامل الانكسار.	15%		
7	تنظيف مكان العمل وأدوات العمل.	10%		
8	الزمن المخصص.	20%		
المجموع				
اسم الفاحص		التوقيع		
التاريخ:				

الدرجة الادنى لاجتياز التمرين 60% على ان يكون ناجحاً في الفقرات (2) و(4) و (6) واقل منها يعيد الطالب الخطوات التي فشل فيها.

أسئلة الفصل

س1/ أذكر أبرز التطبيقات المستقبلية للزجاج.

س2/ وضح طرائق قياس السعة الحرارة النوعية لنماذج زجاجية، مع ذكر المعادلة.

س3/ أرسم مخطط قياس التمدد الحراري للأجسام الزجاجية، مع ذكر قانون معامل التمدد الحراري.

س4/ وضح كل من الرموز التالية: $(R, U, L_o, M_s, T_1, X, n , Y, C_o , \varepsilon_o)$

س5/ أذكر المعادلات والقوانين لكل مما يأتي:-

1- معادلة أحتساب ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة.
2- قانون قياس مقاومة الصدمة الحرارية للاجسام الزجاجية.
3- معامل الانكسار.
4- معامل التمدد الحراري.

س6/ أملأ الفراغات مما يأتي:-

1- من خصائص الزجاج الفريدة ----------.
2- يتم قياس معامل التمدد الحراري بالمعادلة التالية ----------.
3- من أبرز التطبيقات المستقبلية ----------،----------.
4- على المستوى التقني لصناعة الزجاج فأن الانظار تتجه نحو ---------- و -------- و----------.
5- من التقنيات الغير تقليدية لتحضير الزجاج ---------- و----------.
6- يعبر عن الصدمة الحرارية بالعلاقة ----------.

س7/ صحح العبارات التالية:-

1- تطول فترة السحب والغمر عند قياس مقاومة الصدمة الحرارية أكثر من 5 ثواني.
2- عند قياس التوصيلية الحرارية تكون العينة الزجاجية قرصية الشكل بقطر 5 cm وسمك مختلف لايتجاوز 3 cm.

الفهرست

الموضوع	رقم الصفحة
مقدمة	3
الفصل الاول- قواعد السلامة والامان في ورش الزجاج	6
تمهيد	6
1-1 طرق السلامة والامان في مختبرات الزجاج	7
1-2 مخاطر المواد الكيماوية	9
1-3 طرق الاسعافات الاولية	9
الفصل الثاني- تصنيع الزجاج وتقطيعه	11
تمهيد	12
تمرين 1 تصنيع الزجاج من الخامات الاولية	13
تمرين 2 قطع اللوح الزجاجي بشكل مستقيم	18
تمرين 3 قطع اللوح الزجاجي بشكل منحني	24
تمرين 4 قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة اللهب والتبريد السريع	28
تمرين 5 قطع القنينة الزجاجية الى نصفين بوساطة حجر التنعيم	32
تمرين 6 طريقة عمل الثقوب في اللوح الزجاجي	35
الفصل الثالث- تشكيل منصهر الزجاج بوساطة النفخ يدويا	40
تمهيد	41
التمرين الاول: تسخين العجينة ونفخها وتشكيلها	43
التمرين الثاني- تسخين العجينة وتشكيلها في قوالب (بطريقة النفخ)	56
التمرين الثالث- تشكيل نماذج نحتية بعملية النفخ	70
التمرين الرابع- تشكيل النماذج بالنفخ مع زخرفتها وتلوينها	85
التمرين الخامس- صنع أشكال زجاجية صغيرة بوساطة المشعل الحراري	100
الفصل الرابع- الاعمال الفنية على الزجاج	106
تمهيد	107
تمرين 1 الحفر على الزجاج بوساطة نفخ الرمل	108
تمرين 2 تقسية الزجاج	112
تمرين 3 لصق القطع الزجاجية	116
تمرين 4 لحام القطع الزجاجية المعشقة المتكسرة بالصولدر	121
تمرين 5 تحويل اللوح الزجاجي الى مرآة بوساطة طلاء الفضة	128
طرائق النقش على الزجاج باستعمال حامض الهيدروفلوريكHF	132
تمرين 6 تحضير المواد وتهيئتها للعمل باستعمال حامض الهيدروفلوريكHF	134
الفصل الخامس- الرسم على الزجاج	153
تمهيد	154
تمرين 1 الرسم على لوح الزجاج الشفاف بأشكال هندسية	155
تمرين 2 الرسم على الاواني الزجاجية بنقوش مختلفة	159
تمرين 3 الرسم على المرايا	163
تمرين 4 الرسم على الزجاج بطريقة الاختام	167
تمرين 5 معالجة اخطاء الرسم على الزجاج	171
الفصل السادس- خصائص الزجاج واختباراته	175
تمهيد	176
تمرين 1 قياس الصلادة بطريقة الارتداد (طريقة شورسكليروسكوب)	177
تمرين 2 قياس التوصيلية الحرارية للمنتجات الزجاجية	181
تمرين 3 قياس السعة الحرارية النوعية لنماذج زجاجية	185
تمرين 4 قياس معامل التمدد الحراري للاجسام الزجاجية	189
تمرين 5 قياس مقاومة الصدمة الحرارية للاجسام الزجاجية	192
تمرين 6 قياس ثابت العزل الكهربائي للمنتجات الزجاجية	196
تمرين 7 قياس معامل انكسار الزجاج بطريقة العمق الحقيقي والظاهري	199
الفهرست	204