



دار «غير» موسكو

تجارب مسلية في الكيمياء

تجارب مسلية في الكيمياء

دار النشر

أ. أولغين

تجارب مسلية في
الكيمياء

ترجمة

الدكتور عيسى مسيح



دار «مير» موسكو

О. Ольгин

ОПЫТЫ БЕЗ ВЗРЫВОВ

Москва «Химия»

يتضمن هذا الكتاب تجارب كيميائية كثيرة تختلف في موضوعها ودرجة تعقيدها ، فمنها البسيطة جدا المخصصة للمبتدئين ، ومنها الصعبة والمحبيرة التي انتفتت لتتفق مع اهتمامات الكيميائي الفنى الذى قطع مرحلة معينة فى دراسة الكيمياء . وأرجو ألا يتزعج القارئ من هذا التنوع للتجارب . فكلما كان الاختيار واسعا سهل انتقاء التجربة الملائمة سواء من حيث المفردة أو الميول . ولا حاجة أبدا الى قراءة هذا الكتاب من أوله الى آخره ، بل يكفي أن يتفحصه التلميذ ويختار منه التجربة التي تهمة ، ولا بأس هنا من استشارة أستاذ الكيمياء (فنصيحته مفيدة دوما) ومن ثم الشروع فى العمل .

ومن الأفضل دائما أن تجرى التجارب الكيميائية (بما فيها التجارب المعروضة فى هذا الكتاب) فى مخبر الكيمياء فى المدرسة ، ليس فقط لأن المخبر هو المكان الأمين الوحيد (فالتجارب المنزلية لن تسبب أية أخطار اذا أجريت بدقة واتقان) بل لأن وجود الأستاذ قريبا يقوى الثقة بالنفس ، وفى كل لحظة يمكن اللجوء اليه للمساعدة على تفسير ما يحدث من ظواهر فيزيائية وتفاعلات كيميائية وتقديم الارشادات والتصائح حول اجراء التجارب على أفضل وأبسط وجه .

ولكن مخبر الكيمياء ، مع الأسف ، ليس مفتوحا طيلة

115 арабское слово

© Издательство «Химия», 1986 г.

© حقوق الترجمة الى اللغة العربية محفوظة لدار «مير» ١٩٨٨
ISBN 5-03-000142-5

الوقت للتلاميذ حتى يقوموا فيه بالتجارب على انفراد . فلا بأس من ذلك ، ولا يجوز أن يشكل هذا الوضع عائقا أمام طموح التلميذ نحو التزود بالمعارف الكيميائية . فالعديد من التجارب يمكن اجرائها في مخبر متواضع بسيط في المنزل . وستحدث في الباب الأول عن كيفية اعداد وتجهيز مثل هذا المخبر . ونرجو جميع القراء ، بلا استثناء ، أن يقرأوا هذا الباب بامعان ليس فقط لقناعتنا بأن كل قارئ سيجد فيه شيئا ما جديدا ومفيدا لنفسه ، وإنما للغاية من ذلك هي التأكيد على أنه من غير المضر أبدا أن يتذكر التلميذ مرة أخرى كيف يمكن جعل التجارب أمينة وسهلة . وإذا كنت تقوم باجراء التجارب لأول مرة ، فما عليك الا أن تقرأ بامعان وتتقيد بدقة جميع النصائح والأرشادات الواردة في هذا الباب .

والرغ بعلم الكيمياء يبدأ عادة بالتجارب . وليس من قبيل الصدفة أن جميع الكيميائيين المشهورين تقريبا أحبوا منذ العقولة اختبار المواد واجراء التجارب عليها . ولكن بعض الكيميائيين الناشئين يرى ، لسبب ما ، أن التجارب الحقيقية هي التي تحدث قرعة وانفجارات ويزافقها لمعان وبريق وينتشر حولها ضباب ودخان كثيف وتفوح منها رائحة كريهة . ولؤكد لكم بأن هذا الرأي غير صحيح أبدا . فتمة العديد من التجارب الممتعة جدا لا تشكل خطرا ولا يوافقها أي شيء من هذا القبيل ولكنها لا تقل جمالا ومنفعة عن غيرها . وإذا كان والدك قلقين من عزيمتك على القيام بتجارب كيميائية فاسمح لهما بقراءة العبارة التالية :

إذا اتبعت نصائحنا ولرشاداتنا عند اجراء التجارب الواردة

في هذا الكتاب فالأمان سيكون حليفك دوما ولن يحدث أي خطر من ذلك أبدا .

وأكرر مرة أخرى أن أفضل مكان لاجراء التجارب الكيميائية هو المخبر وليس البيت . والأكثر من ذلك أن بعض التجارب (وستشير إليها في حينه) لا يجوز اجرائها الا في مخبر الكيمياء ليس فقط لكونها معقدة جدا ، وإنما لعدم توفر الأجهزة والكواشف اللازمة في البيت .

ولكن عندما تصلح التجربة لاجرائها في مخبر المنزل فسنحاول قدر الامكان الاكتفاء بما هو متوفر لدينا من وسائل وأجهزة واستعمال المواد التي يمكن شراؤها في الصيدلية أو في مخزن بيع الأدوات المنزلية . وأشير الى أن بعض التجارب في هذا الكتاب بسيطة جدا للدرجة ان محبي الكيمياء من الفتيان الذين لم يبدأوا بعد دراسة هذا العلم الشيق في المدرسة قادرين على اجرائها بكل بساطة .

واعلانا من أن تجاربنا هذه سيقوم بها تلاميذ ذوو تجربة متباينة ومن سنوات مختلفة فإنا لم نقم ، كما هو متبع عادة في الكتب المدرسية ، بكتابة معادلات التفاعلات في كل حالة بل اكتفينا فقط بذكر المواد التي تتج من هذا التفاعل أو ذلك . وهذا يجعل قراءة النص سهلة للذين لا يزالون يعتبرون المعادلات الكيميائية المعقدة لغزا محيرا لا يمكن حله . اما اذا اهتم تلاميذ المرحلة الثانوية بالمعادلة الكيميائية الدقيقة للتفاعل ، فيمكنهم أن يجدوها دوما في كتاب الكيمياء والمراجع الكيميائية الأخرى . واتسهل البحث عن ذلك قمتا من حين الى آخر بكتابة صيغ المواد الأصلية والنتيجة أثناء سير التفاعل .

مخبر كيميائي في المنزل

أرجوك رجاء حاراً أن تقرأ هذا الباب حتى ولو كنت تتوى اجراء التجارب في المدرسة وليس في البيت . ففيه ، أولاً ، قد تستفيد من بعض التصالح البسيطة حول استخدام الوسائل والأدوات اللازمة للتجربة . وثانياً ، وهذا هو الأهم ، فانتا سنبداً هذا الباب بالتحذيرات والتوصيات التي لا بد أن يعرفها جميع الكيميائيين الفتيان مهما كانت خبرتهم عريقة في هذا المجال ، وأينما أرادوا اجراء التجارب سواء في المدرسة أو البيت .
واليك فيما يلي سبعة شروط الزامية :

الشرط الأول والهام : يجب اتباع توصياتنا وتعليماتنا بدقة تامة .

فانت تعلم ، طبعاً ، أن التفاعل الكيميائي الواحد يمكن أن يجرى بأشكال مختلفة عند تغير شروط التجربة ، وهذا ما يحدث ، مثلاً ، عندما تزداد درجة الحرارة أو تضاف مادة ما الى وسط التفاعل ، أو عندما تضاف المواد بترتيب غير الترتيب المشار اليه في التجربة . وأنا أحذرك من فعل ذلك ، فليس هناك أى ضمان بأن التفاعل سيجرى كما هو مطلوب . وإذا لم تصدق ذلك فاليك مثال بسيط يؤكد صحة هذا القول .

لعلك تعرف أن تحدييد (تخفيف) حمض الكبريت (حمض الكبريتيك) يتم بسكبه ببطء وعلى دفعات صغيرة في الماء مع تحريك المحلول بخللر (وأرجو أن تتذكر هذه القاعدة دوماً) .

ولكن يبدو لأول وهلة أنه لا فرق أبداً في أن تضاف هذه المادة على تلك أو العكس . فلماذا إذن لا تسكب الماء على الحمض ؟ أحذرك بالآلا تضع ذلك أبداً ! فلكل قاعدة كيميائية مغزاهما العميق ، ولا أظن بأن العلماء يضعون القواعد ويقدمون التصالح لمجرد الكلام فقط وبدون أى سبب كان . فما هو السر إذن في ضرورة سكب حمض الكبريت على الماء وليس العكس ؟

عند مزج حمض الكبريت مع الماء تنطلق كمية كبيرة من الحرارة . وباعتبار أن الحمض أقل بكثير من الماء ، لذا فإنه يهبط فوراً الى الأسفل عندما يسكب على دفعات صغيرة في وعاء يحوى الماء ويصبح الحد الفاصل الذي تنتشر عنده الحرارة تحت الماء . وعندئذ يسخن المزيج تدريجياً وبالتساوى وكأنه يسخن على سخانة كهربائية . أما عندما يسكب الماء الخفيف على الحمض الثقيل ، فانه ، أى الماء ، ينساب على سطح الحمض مشكلاً طبقة رقيقة فيسخن فوراً من الحرارة المتطاقة ويتحول الى بخار (وكان الماء سقط على مقلاة حامية) . ويحمل البخار معه رذاذاً من الحمض ، يؤذى العينين ويسبب حرقاً اذا ما سقط على الجسم والألبسة . وهذه هي نتيجة عدم اتباع القاعدة الكيميائية البسيطة .

فأرجوك أن تتبع تعليماتنا في هذه الحالة وفي جميع الحالات الأخرى .

الشرط الثاني : لا تحاول أبداً أن تمزج مادتين لمجرد معرفة ومراقبة ماذا سيحدث نتيجة لذلك . فالنهاية قد تكون سيئة أحياناً .

والأمر يختلف تماما اذا كنت قد درست التفاعل بين هاتين المادتين في المدرسة وتعرف المواد الناتجة منه وكنت على يقين تام بأنه تفاعل غير خطر أبدا . وحتى ولو كنت على علم بكل ذلك ، فيجب أن تأخذ أقل كمية ضرورية من كل مادة ، أى عدة غرامات أو حتى عدة أجزاء من الغرام فقط . فهذه الكمية تكفى لمراقبة سير التفاعل . وإذا كان الهدف هو الحصول على كمية معينة من المادة الناتجة فمن الضروري أولا اجراء تجربة تمهيدية للتعرف على تفصيلات التفاعل .

الشرط الثالث : لا تستعمل الاواني المطبخ لاجراء التجارب . فتجاوبك تحتاج الى اوان خاصة بها . ولا يجوز أبدا أن تتلوث المواد (اذا لم يذكر مباشرة وبوضوح في نص التجربة بأن المادة الناتجة يمكن تلوثها) .

الشرط الرابع : احفظ الكواشف في زجاجات خاصة والصق عليها بطاقة تحمل اسم الكاشف الموجود في داخلها . واذا لم تعد بحاجة الى المادة الناتجة فلا ضرورة للاحتفاظ بها ومن الأفضل التخلص منها وطرحها جانبا .

الشرط الخامس : لا يجوز أن تترك الاواني وسخة . فاحيانا يصعب تنظيفها بعد ذلك وتضطر الى رميها في سلة القاذورات وهو أمر يفسد له . هذا من جهة ، ومن جهة أخرى ، فان بعض المواد يتأكسد في الهواء ويستمر التفاعل بينها الى ما بعد الانتهاء من التجربة وتتكون في النهاية مواد غير المواد التي كنا نرغب الحصول عليها . وبالاخرى يجب تنظيف الاواني جيدا فور الانتهاء من التجربة .

وعلى كل حال ، فالنظافة تجعل العمل أمتع وألذ وتجذب

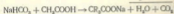
نحوه اهتمام الكبار وبوجه عام ، فان الكيمياء المجرب لا يحقق نجاحا الا عندما يعمل بدقة واتقان .

الشرط السادس : يمنع معنا باتا مسك الكواشف باليدين ، والابتعاد فوق القارورة التي يجرى فيها التفاعل ، وشم المواد ذات الرائحة الواخزة . يجب حماية العينين ، قبل كل شيء ، والجسم واللباس من الرذاذ والحبيبات التي قد تنطير أثناء التفاعل : وبعبارة مختصرة : يجب أن تكون حذرا دوما !

وأخيرا الشرط السابع الذي يجب عليك تنفيذه اذا أردت أن تصبح كيميائيا بكل معنى الكلمة : لا تبدأ بالعمل الا بعد أن تقرأ بامعان شروط التجربة من أولها الى آخرها وتتعرف على جميع خطواتها . سجل في دفتر كل شيء تحتاجه من اوان وكواشف وحوامل وماسك وما شابه ذلك ، حتى أن المنشقة يجب تسجيلها أيضا . رتب جميع الاشياء على طاولة العمل بحيث يسهل الوصول اليها . وبعد انجاز كل ذلك يمكنك الشروع في العمل .

ولعلك لا تدرك مدى أهمية هذا الشرط الأخير . فعدم تنفيذه لن يجلب لك سوى الבלبلة والارتباك والفشل في نهاية الأمر . تصور أنك بدأت التجربة دون اعداد لها وحالما فتحت الكتاب . واذا فيه تقرأ العبارة التالية : « اسكب في القارورة محلولاً من حمض النخل (الخليلك) المخفف ثم الق فيه قطعة من كبريتيت الصوديوم ملفوفة بورقة ترشيح » ، لتفرض أنك قمت بذلك بسهولة (الا اذا قلبت القارورة الحاوية على الحمض عند بحثك عن ورقة الترشيح) . وما هو التفاعل قد بدأ . وبدأ الغاز تنطلق من القارورة . وفي هلم الوقت تتابع أنت قراءة

هدف التجربة : دراسة لتفاعل محلول بيكربونات الصوديوم بإضافة حمض الخليك في وجود دليل ما .
المصدر : تجارب عملية في الكيمياء ، دار « مير » .
ماددة التفاعل :



المواد اللازمة : ١- بيكربونات الصوديوم NaHCO_3 (صودا الخبز)

٢- محلول حمض الخليك CH_3COOH (خل الباذنجان)

٣- الدليل . فنولتالين يباع في الصيدلية

الأدوات : كأس زجاجي ، ماصة .

سير التجربة والمشاهدة : يذاب في ١٠٠ سم^٣ من الماء نصف ملعقة شاي من بيكربونات الصوديوم ويضاف إليها دمج حبة تقريبا من فنولتالين بهد سعتها وتعملها الى ناعم ...
النتائج :

وإذا كانت ملاحظاتك دقيقة ونتائجك صحيحة ، فهذا يعني أنك لم تتجح في اجراء التجربة فحسب (وهذا أمر مسر بحد ذاته) ، بل وأصبحت تفهم مغزاها وتستخلص الفائدة منها (وهذا أهم بكثير) . وأرجوك أن تطلع باستمرار على كتب الكيمياء فمنها تفهم مبدأ التجربة وخصائصها . وقد تركنا قصدا هذه المهمة لك لأن حجم الكتاب لا يسمح بذلك والا لاضطررنا الى حذف عدد من التجارب . وهذا ما لا نرغب عمله حقا .
والآن ، وبعد أن اطلعت على الشروط والملاحظات الواردة أعلاه ، والتي نأمل أن تهتم بها وتفضلها بكل جدية ، فقد حان الوقت الى الاهتمام بتجهيز وتنظيم مخبرك المتواضع .
وأظن بأن ما ستقوم بعمله الآن أقل متعة من اجراء التجارب

المرحلة التالية من التجربة : «اغلق القارورة بسدادة مزودة بانبوية توصيل واركب الغاز يمر خلال محلول من بيرمنجنات البوتاسيوم» . كن على يقين بأن التفاعل في القارورة سينتهي وأنت ما تزال تقشش عن السدادة وتختار لها انبوية التوصيل المناسبة . وسنضطر الى اعادة التجربة مرة أخرى . فهل كان من الصعب عليك أن تقرأ التجربة مسبقا وتعد لها كل ما يلزم ؟
وإذا كانت معرفتك بالكيمياء ليست سيئة كان من المفيد جدا لتنفيذ هذا الشرط أن تسجل معادلات التفاعلات التي تجري أثناء التجربة . عندئذ تصيح جميع خطواتك أكثر وضوحا ، ويمكنك أن تغير الى حد ما شروط التجربة وتوسع اطارها . ولكن ، أكرر القول هنا بأنه لا يجوز القيام بذلك الا عندما تتوفر لديك القناعة التامة بأن التجربة ستجري كما هو متوقع لها .

وتصبح جميع الكيمائيين الفتيان ، مهما كانت خبرتهم جيدة في مجال الكيمياء ، بأن يخصصوا دفترا للمخبر يسجلون فيه خطة العمل وقائمة بالكواشف والأجهزة اللازمة ويلتصرون بالتفصيل شروط التجربة ومعادلات التفاعلات والكميات اللازمة من المواد المتفاعلة وبعدها تسجل فيه الملاحظات والنتائج التي تم الحصول عليها .

ولأخذ فكرة أوضح عن كيفية تنظيم دفتر المخبر نورد فيما يلي مثلا على ذلك . ولا أطلب منك أن تأخذ هذا المثال كنموذج يجب اتباعه بحذائبره ولكنني أعرضه أمامك للاطلاع فقط . وما عليك الا أن تنظم دفترك كما تراه مريحا وملائما لك .

ولكنه أمر ضروري لا بد منه . وعلى كل حال ، فإن تجهيز المخبر بالأدوات والكواشف عمل مفيد أيضا .

وإذا كان تصورك لكلمة «المخبر» هو غرفة فسيحة فيها خزنة (نافذة) لسحب الغازات وأدوات زجاجية وأفران كهربائية ومضخات وتعلق على جدرانها خزائن مملوءة بالأواني والكواشف ، فانت مخطئ في حالتنا هذه . فنحن نعني بذلك زاوية متواضعة في غرفة (ليست غرفة النوم طبعاً) يمكن أن توضع فيها طاولة صغيرة يعلق فوقها رف أو رفين على الأكثر . ولكن ، عليك أن تفقد الشرطين التاليين قبل شروعك بالبحث عن هذه الزاوية في بيتك : الشرط الأول وهو أن تسأل نفسك ما يلي : هل أنت عاجز حقا على اجراء التجارب الكيميائية ؟ وهل يكفي عندك الصبر والجلد على القيام بهذه المهمة بكل دقة وجدية ؟ ألا تترجع من الاعناء لتجارب ومن الأعمال المملة كتنظيف مكان العمل وغسل الأواني الوسخة ؟ وإذا كان جوابك إيجابيا ، فلا يبقى عليك الا أن تنفذ الشرط الثاني وهو الحصول على مواظبة والديك على القيام بالتجارب الكيميائية في المنزل . وأمل أن تبلغ ماريك باصراارك الثابت وتقتاعتك الراسخة .

ولنبدا الآن معا باعداد مكان العمل .

يفضل وضع طاولة العمل بالقرب من النافذة حيث الاضاءة جيدة ولأن العمل بالقرب من النافذة يجعل من السهل تهوية الغرفة (وهذا أمر ضروري في بعض الأحيان) . وإذا لم يتوفر مكان بالقرب من النافذة يجب الاهتمام باضاءة كهربائية جيدة . وعلى أية حال ينبغي أن نتذكر أنه لا يجوز اجراء التجارب الكيميائية في غرفة عاتمة .

وهما كان عملك دقيقا ومنقنا فانه قد يتساقط أحيانا رذاذ من المحاليل على الطاولة وقد تتسكب عليها حبيبات من مسحوق ما . فلحماية الطاولة من التلف ، وتقاديا للحوادث المزعجة يجب أن تغطي الطاولة بقطعة سميكة من الخشب المعاكس أو الكرتون المضغوط وعند الحاجة يكفي بغطاء مشمع أو غطاء شفاف من بولي الاثيلين . ولا بأس من أن يوضع على الطاولة وعاء معدني واسع يمكن غسله بسهولة بعد التجربة . وعلى فكرة ، فانه بعد الانتهاء من العمل يجب مسح الطاولة بقطعة قماش أو اسفنجة مبللة بماء فاتر ثم تشيغها جيدا .

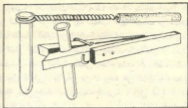
ومن المريح جدا أن يعلق فوق الطاولة رف أو خزنة صغيرة يوضع فيها كل ما يلزم للتجارب . وإذا تعذر ذلك يجب وضع الأواني والكواشف في مكان واحد قريب من الطاولة ، ولا يجوز أبدا بعثرها في مختلف أرجاء الغرفة .

وعليك أن تقتني فوطا (مترزا) سميكة يفضل أن تكون من قماش مشمع . فتستعطر أحيانا الى التعامل بمواد كاوية وعندئذ لا داع أبدا لتخريب لباسك . واشتر في الصيدلية أو في مخزن الأدوات المنزلية زوجين من القفازات المطاطية (تحتاجها في بعض التجارب) . ويجب القناء نظارات واقية ، وإن كنت تستعملها في حالات نادرة وبخاصة عندما يوجد خطر من ترذذ السائل من الاناء .

ولنتحدث الآن عن الأدوات والأواني المخبرية : طبعي أنه من الأفضل أن تكون لديك أدوات كيميائية حقيقية كالدوابق والكنؤوس الكيميائية والبواق وغيرها . ولكن تحقيق ذلك ليس

لا تحتاج معظم التجارب الى حامل خاص . ولكن الأفضل أن تصنع حاملا لأنابيب الاختبار حتى لا تضطر الى مسكها بيدك فترة طويلة . وأبسط حامل يمكن تأميه هو عارضة خشبية عليها ثقب يزيد قطرها قليلا عن قطر أنابيب الاختبار . ويمكنك الاستفادة من زجاجات الأدوية التي تغلق فتحتها عادة سدادات من بول الاثيلين واستخدامها كإوان كيميائية . وهذه السدادات مريحة جدا لأنها تصلح لعدد كبير من الزجاجات ولأن بول الاثيلين ، وهذا هو الأهم ، لا يتأثر بالأحماض والعديد من المذيبات العضوية ولهذا تستعمل لسد الزجاجات التي تحفظ فيها كواشف تتأثر مع الزمن على السدادات المطاطية . وعلى فكرة ، فإن هذه السدادات يمكن أن تستعمل كوعاء لاجراء التجارب فيها عندما تكون كمية المواد المتفاعلة صغيرة . وتصلح الزجاجات والبياقيل التي كانت تستعمل أصلا لحفظ الميريات والماكولات وغيرها لاجراء بعض التجارب ولحفظ الكواشف أيضا . وتذكر دوما أنه لا يجوز تسخين الأواني الزجاجية ذات الجدران السميكة لأنها قد تتشقق وتتكسر بسبب التسخين . وستصحك في حينه باستعمال هذا الاتاء أو ذلك لاجراء التجربة . وإذا لم تنطبق لذلك فيمكنك أن تستعمل أي اناء متوفر لديك .

وهما كان نوع أو شكل الاتاء الذي تستعمله لحفظ المواد الا أنه يجب أن يغلّق بإحكام وأن تلتصق عليه بطاقة تبين نوع المادة المحفوظة والا حدثت البللة وعمت الفوضى مخربك . وأبسط الطباقات وأفضلها هي المصنوعة من الأربطة (السدادات) الطبية اللاصقة ، فهي تلتصق بسهولة على الزجاج



ممكننا في أكثر الأحيان . ومع ذلك فهناك حل لهذه المشكلة ، وهو أن تستعمل ما هو متوفر لديك .

فيمكن ، مثلا ، الاستعاضة عن أنابيب الاختبار بأمولات زجاجية ذات جدار رقيق (كالتى توضع فيها العقاقير الطبية) ولكن ، انتبه الى أنه لا يجوز تسخينها على لهب مكشوف لأن قعرها مستو ولكنها تتحمل التسخين في حمام مائى . وتصلح الزجاجات التي يوضع فيها البنسلين وغيره من الأدوية لاجراء التجارب وحفظ المواد . وستحتاج في الفترة الأولى الى عشر زجاجات منها لا أكثر .

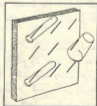
يجب أحيانا تسخين الانابيب . وعندئذ لا يجوز مسكها ، طبعاً ، باليدين وإنما تمسك بممسك خاص . ولا أظن أنك ستجد أفضل من ملقط الغسيل الخشبي لهذا الغرض . وملتقط الغسيل يمكن تلويده بثبيت قضيب خشبي على أحد طرفيه . ومن السهل صنع ممسك أو ملتقط من سلك معدني سميك ولين . ولكن لا تتسعدئذ أن تلبس طرفه الذي تستسكه دائما بيدك بقطعة من المطاط أو أن تلفة بشرط من القماش العازل .

ويمكن أن يكتب عليها بقلم الجبر النشاف وتجديد الكتابة عند الضرورة . كما ويمكن صنع بطاقات من الورق لتلصق على الزجاج بواسطة صمغ خاص . وبفضل ، لبقائها فترة طويلة ، أن تغطي جيدا بشرائط لاصق شفاف .

يجب غسل الأواني جيدا قبل استعمالها وبعده . وإذا كان الاتاء وسخا ويجب غسله بمسحوق الغسيل وفرك جدرانه جيدا بالفرشاة ثم شطفه عدة مرات بماء تقي .

لا تغسل الاتاء قبل التجربة فحسب بل ويجب غسله ايضا بعد التجربة فورا والاحتفاظ به نظيفا (وهذا ، بالمناسبة ، أفضل وأسهل لأن الوسخ قد يلتصق جدا على الجدران بعد فترة من الزمن بحيث يصبح من الصعب قشطه عنها) . وأفضل طريقة لتنشيف الأواني التظيفه هي أن تعلق بحيث يسيل منها الماء بسهولة . ولهذا الغرض يمكن صنع «مجفف» بسيط : تدق على لوحة خشبية سميكة مسامير طويلة الى آخرها ثم يثنى طرفها الظاهر (بزاوية قدرها 45° تقريبا) ويلف عليه شريط من القماش العازل أو يغطي باتبوبة مطاطية كي لا يخدش جدار الاتاء . وأخيرا تعلق هذه

اللوحة على الجدار ويوضع تحتها وعاء لجمع الماء الذي سيسيل من الأواني الزجاجية المعالفة عليها. وهكذا تكون قد صنعت بنفسك مجففا لا بأس به .



وتضطر أحيانا أثناء سير التجربة الى شئ أو تكليس مادة ما . والكيميائي عادة يقوم بهذه العملية في وعاء خزفي . وإذا لم يتوفر لديك وعاء كهذا ، فإمكانك استعمال علبة صفيح عادية . ويكفي ، إذا كانت كمية المادة صغيرة ، أن تستعمل ملعقة حساء أو حتى ملعقة شاي من الفولاذ الذي لا يصدأ . وطبعي أن هذه الملعقة وغيرها من الزجاجات والعلب والأواني الأخرى لا يجوز استعمالها للأكل بعد ذلك .

وبفضل أن تشتري ملاءق من الفولاذ لمخبرك . فهي تصلح ليس فقط للشئ وإنما يمكن استعمالها بدلا من الملوق . ويمكن الاستغناء حتى عن الملوق عندما تجرى التجربة في انبوب اختبار . ولتحدث الآن قليلا عن المرشحات التي ستحتاجها دائما عند اجراء التجارب حيث ستكرر أمامك مرارا النصيحة التالية : رشح السائل أو افضل المحلول عن الراسب . والحقيقة أنه يمكن أحيانا الاستغناء عن الترشيح . فإذا كان الراسب ثقيلًا وكثيفا أمكن سكب السائل من فوقه في كأس نظيف (تسمى هذه الطريقة بالابانة أو الترويق) . ومع ذلك فالترشيح عملية ملازمة لمعظم التجارب . وعليه يجب أن تتعلم تحضير أوراق الترشيح . وهذه عملية ليست صعبة ولكنها تحتاج الى ورق خاص غير مشبع بالصمغ .

والجميع ، وحتى تلاميذ السنة الأولى ، يعرفون هذا الورق جيدا : فالورق النشاف (الذي يستعمل لتنشيف الجبر) ما هو الا ورق ترشيح حقيقي .

ولتحضير المرشح تؤخذ قطعة مربعة من ورقة الترشيح وتطوى من نصفها فتحصل على قطعة مستطيلة ثم تنثى هذه القطعة من

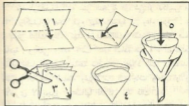
يسكب المحلول مع الراسب يحضر . وعملية الترشيح تحتاج الى صبر لأن السائل يمر ببطء خلال ورقة الترشيح المبيلة . وياك أن تقص أنف الورقة لاسراع الترشيح .

وأحيانا يمكن الترشيح خلال قطعة قماش أو عدة طبقات من الشاش ، وهذه العملية أسرع الى حد ما ولكنها أقل فعالية . وسنذكر عند الضرورة نوع المرشح الذى يمكن استعماله فى كل حالة والا يمكنك استعمال ورقة الترشيح كما شرحنا أعلاه . ونحتاج فى معظم التجارب الى تسخين المواد المتفاعلة .

فإذا كانت درجة الحرارة المطلوبة لا تزيد عن ١٠٠°م كان من الأفضل (الأسلم) استعمال حمام مائى . ويقصد بذلك أية طنجرة (يفضل أن تكون ذات يد) أو أية علية كونسروة مملوءة بالماء . يسخن الماء حتى درجة الحرارة المطلوبة (حتى الغليان مثلا) ثم يغمر فيه الأنبوب الاختيار أه الزجاجية الحلوية على المزيج المتفاعل . ولتثبيت الأنبوب كى لا يسقط فى الماء يلف بسلك معدنى وتسد نهايتها السلك على حافة الطنجرة أو العلية ، أو يصنع غطاء لطنجرة من الخشب المعاكس (الرقائى) فيه ثقب للأنابيب التى تثبت على الغطاء بأسلاك قصيرة .

ولا حاجة لتغطية الكأس عند تسخين المادة فيه . كما لا يجوز وضعه على قعر الطنجرة مباشرة وإنما يوضع على قطعة من الخشب مثقوبة بعدة ثقب لمرور الماء فيها . ولتثبيت هذه القطعة خشية أن تطفو على سطح الماء يرامى أن يكون قطرهما كقطر الطنجرة بحيث تدخل بصعوبة فيها .

ولا يجوز استعمال كمية كبيرة من الماء بل يكفى أن يكون الكأس أو الأنبوب الاختيار مغمورا حتى نصفه فقط بالماء .



نصفها وتطوى فتحصل على قطعة مربعة ، وبعد ذلك تقص أطراف هذه القطعة كى نحصل عند فتحها على مخروط قاعدته دائرية . لاحظ أن نصف هذا المخروط قد تشكل من طبقة واحدة من الورقة والنصف الآخر من ثلاث طبقات .

ولمة مرشح آخر أعقد بقليل وهو المرشح ذو الثنايا . ولتحضيره تؤخذ ورقة ترشح دائرية وتثنى عدة مرات بحيث يتشكل ما يشبه بالأكورديون . والسبب فى ذلك هو أن السائل يترشح من خلال هذه الثنايا بسرعة أكبر . ولكن المشكلة هنا هى أن الراسب الثقيل يمكن أن يشقه . وعابه يصلح هذا المرشح للرواسب الخفيفة فقط أو للبلورات الكبيرة .

وهما كان شكل ورقة الترشيح التى تستعملها ، فانه يجب أن توضع فى القمع الزجاجى أو البلاستيكى (الذى يباع فى الصيدلية أو فى مخزن الأدوات المنزلية) بحيث تلتصق به جيدا وتكون نهايتها العلوية أخفض بعدة مليمترات من نهاية القمع . وقيل العمل تبلل ورقة الترشيح بالمذيب (وهو الماء عادة لانتنا ستعامل بالمحاليل المائية فى معظم الأحيان) ثم

وإذا لم تتوفر لديك سنجات ، فإمكانك استعمال قطع النحاس المعدنية بعد التأكد من وزن كل قطعة منها (وتذكر على سبيل المثال أن وزن القطع النحاسية الصغيرة السوفيتية ، وهي كويبك واحد وكويبيكان وثلاثة كويبيكات وخمسة كويبيكات هو بالترتيب : ١ غم و ٢ غم و ٣ غم و ٥ غم) كما ويصلح الميزان ذو النواع لاستخدامه في تجاربنا لأن معظمها لا يتطلب أوزانا دقيقة جدا .

وبخصوص قياس الحجم يفضل استعمال الكؤوس الحجمية المدرجة التي تباع في الصيدليات . وعند الحاجة يمكن لهذا الغرض استخدام قنينة (زجاجة) الحليب المدرجة التي تستعمل لاطعام الأطفال الرضع .

وستحتاج أحيانا الى أجهزة أكثر تعقيدا من الأجهزة المذكورة أعلاه . ومعظمها يمكن تركيبه من الوسائل والأدوات المتوفرة بين أيدينا وستتحدث في حيته عن ذلك . والآن وبعد أن أصبح كل شيء جاهزا لديك ، فانتى أدعوك الى الشروع بالعمل .



ويمكن ان يعرض عن الماء الشبخر إضافة كمية قليلة منه . يسخن الحمام المائي اما على مصباح غازي أو على سخانة كهربائية (كن دقيقا ومنتبها في عملك) ، وإذا كان من الضروري تسخين المادة على اللهب مباشرة لبلوغ درجات حرارة مرتفعة ، فمن الأفضل ألا تستخدم لهب جهاز الغاز الموجود في المطبخ وإنما يمكن استعمال المصباح الكحول لهذا الغرض . ثمة طريقة أخرى لتسخين حتى درجة حرارة مرتفعة وهي الاستعانة بحمام رمل . ولهذا الغرض تبسط في مقلاة صغيرة طبقة من الرمل الجاف لا يزيد سمكها عن ٢ سم وتوضع على الرمل جفنة من الخزف أو علب معدنية تحوى المزيج المتفاعل وتسخن المقلاة على سخانة كهربائية . وهذه طريقة لتسخين قديمة وأمنة ولكنها بطيئة مع الأسف .

وتختم هذا الباب بالتحدث قليلا عن تعيين الكتل والحجوم . ففي مخبر المنزل يكفي أن يستعمل ميزان الشعرية الذي يباع في مخازن أجهزة التصوير لوزن الكواشف المستعملة لاطهار الصور الفوتوغرافية فهو دقيق الى حد كاف ورخيص الثمن .

التجارب الأولى

ان التجارب المعروضة في هذا الباب هي أولى التجارب وأبسطها . فهي مخصصة لأولئك الذين لم يتعرفوا بعد على الكيمياء أو انهم بدأوا لتوهم دراسة هذا العلم الشيق . ولا شك بأن تلاميذ السنوات الأخيرة قد يجدون في هذا الباب ما هو مفيد لهم أيضا . فليس في الكون انسان يعلم كل شيء . وبالمناسبة ، فهل اطلعتم سابقا على هذه التجربة البسيطة والمعبرة جدا ألا وهي الرسم باليود على الحديد ؟ فدعونا اذن نبدأ بها هذا الباب .

الرسم باليود

ان ما يميز هذه التجربة هو أن ما تحتاجه قليل جدا ومتوفر في البيت : شمعة وحلوقل من اليود وقطعة ما من الحديد . وتتضحك بأن تأخذ قطعة حديدية ناعقة كمفصلة باب قديمة أو مفتاح الفلفل مجهول أو قفل ضاعت مفاتيحه . نظف السطح الذي ستطبع عليه الصورة تنظيفا جيدا بورق صغرة حتى يصبح لناعا . اشعل الشمعة واحنيها فوق القطعة الحديدية كي يتساقط البارافين عليها . سخن القطعة الحديدية بلطف حتى ينتشر عليها البارافين مشكلا طبقة رقيقة . وبعد أن يبرد البارافين خذط عليه بإبرة خطوطا عميقة تصل الى سطح المعدن .

نظف محلوقل اليود بواسطة الماصة على هذه الخطوط ، وبعد عدة دقائق يصبح لونه شاحبا وعندما يجب التنظيط منه مرة أخرى . ازرع البارافين من على سطح الحديد بعد حوال ساعة فتلاحظ على السطح آثارا واضحة للخطوط التي رسمتها على البارافين .

اذا نجحت هذه التجربة فيامكانك الانتقال الى عملية أكثر جدية وهي كتابة كلمة أو اسم أو رسم شكل معين على أداة حديدية تختصك وذلك لتمييزها عن غيرها .

دعونا نبحث ماذا يحدث عندما يمس اليود قطعة الحديد . الواقع أن الحديد يتفاعل عندئذ مع اليود مكونا ملحاً يدعى يوديد الحديد . وهذا الملح عبارة عن مسحوق يتفصل بسهولة من على سطح القطعة الحديدية وتشكون على السطح آثار للخطوط التي رسمت على البارافين . وتسمى هذه الطريقة بالحفر الكيميائي وهي تطبق كثيرا وتستخدم فيها مواد أكثر فاعلية من اليود . وبالمناسبة نذكر أن اليود لا يتفاعل مع الحديد فقط ، وانما يتفاعل مع النحاس أيضا . اذن يمكن الحفر باليود على أدوات مختلفة من النحاس وسبائكك . وبامكانك أن تجرب ذلك بنفسك .

ادلة (مشعرات) من صنعك

في المخابر الكيميائية يلجأ أحيانا الى الأدلة للكشف عن هذه المادة أو تلك ولكن الوظيفة الرئيسية للأدلة هي التعرف على حموضة الوسط ، ذلك أن سلوك المواد وطبيعة التفاعلات تتعلق الى حد كبير بهذه الخاصية . وسنتحاج في تجاربنا هنا

أكثر من مرة الى الأدلة . وبما أنها ليست متوفرة دوماً في الصيدليات والمخازن لذا سنحاول أن نحضرها بأنفسنا معتمدين على النباتات كمادة أولية : فالعنب من الزهور والثمار والأوراق والجذور يحوى مواد ملونة تستطيع تغيير لونها كرد على التأثيرات الخارجية ، وما أن تقع في وسط حمضى (أو قلوئى) حتى تبتسبا بذلك .

تجمع «المادة الأوعية» النباتية في فصل الصيف ، فهي تنتشر في الغابة والحدائق والساتين : اجمع السوسن والثوليب (نبات من الفصيلة الزنبقية) والورود وزهر الثالوث (نوع من البفسج) واجمع أيضا ثمار الخيزان وتوت الأرض (الفراولة) والعليق والعنبة (عنب الأجراس) واحتفظ بعدة أوراق من الملقوف (الكرب) والبفسجى والثولتر .

وبما أن محاليل الأدلة تحضر بساق المادة الأولية (كما يحضر مرق اللحم مثلا) لذا فإنها تفسد بسرعة ويجب تحضيرها قبل البدء بالتجربة مباشرة . خذ قليلا من مخزون المادة الأولية المتوفرة لديك وضعه في انبوب اختبار ثم اسكب الماء فوقه . سخن الانبوب على حمام مائى الى أن يتلون المحلول . رشح المحلول بعد تبريده واحفظ الرشاحة في زجاجة نظيفة عليها بطاقة تحمل اسم الدليل .

ولاستعمال هذه الأدلة في فصل الشتاء يجب جمع الثمار والزهور في فصل الصيف وتجفيفها وتوزيعها في زجاجات خاصة . وعند الحاجة يحضر الدليل بالطريقة السالفة الذكر . ولعمرة الدليل الذى يتأثر في هذا الوسط أو ذاك وكيف يتغير لونه عندئذ لا بد من اجراء تجربة تفصيلية : نقط بالماء

عدة نقاط من محلول الدليل (الذى حضرته) في محلول حمضى (محلول الخل المستعمل في المنزل) أو في محلول قلوئى (كربونات الصوديوم مثلا) . فاذا أضفت خلاصة زهر السوسن ذات اللون الأزرق الفاتح الى محلول الخل أصبح لونها أحمر بينما يصبح أزرق مخضرا في محلول كربونات الصوديوم .

رتب نتائج جميع هذه التجارب في جدول كالجدول التالي . وليست الأوراق والثمار وحدها تقوم بهمة الأدلة . فبعض أنواع العصير متأثر ويتغير لونها بتغير حموضة الوسط الذى توجد فيه (كعصير الكرب الأحمر وعصير الكرز وعصير العنب وغيرها) . والطريف أن الحساء (شوربة) المصنوع من الثولتر يقوم بدور الدليل أيضا . واعتقد أن ربة البيت تعرف ذلك جيدا وتستغل هذه الخاصة عند مرق الثولتر ليس لغرض التحليل وإنما لجعل لون الحساء أحمر ساطعا اذ تضيف اليه قبل الانتهاء من سلقه قليلا من حمض غذائى كحمض الخل أو حمض الليمون .

وثمة دليل آخر يستعمل بشكل واسع في المخابر وهو الفئولفانين (ويدعى أحيانا فينول الفئالين) وسنخضره من حبيبات تحمل الاسم نفسه وتباع في الصيدليات : اسحق حبة أو حيتين منه واذبها في 10 سم³ تقريبا من ماء فاتر . لاحظ أن الفئولانين يكون كاملا لأن هذه الحبيبات تحوى بالإضافة الى الفئولفانين ، مادة حشو (مادة مائلة) من الطلق أو الغلاشير . رشح المحلول الناتج خلال ورقة ترشح مبللة واجمع الرشاحة في زجاجة عليها بطاقة تحمل اسم «دليل الفئولفانين» . والمحلول الناتج عديم اللون ولا يفسد مع الزمن ويستعمله أكثر من مرة

لتأكد من قلوبية الوسط حيث يصبح لونه أحمر فيه . وللتأكد من ذلك أضف نقطة أو نقطتين منه الى محلول صودا الفيسل .
وفيما يلي نموذج للجدول الذي يجب أن ترتب فيه الأدلة :

الدليل	لون المحلول	
	الأصل	في وسط قلوي
صبر المتب	أحمر غامق	أحمر
الصين الأزرق	أزرق سماوي	أحمر

ونختم حديثنا عن الأدلة النباتية بالقصة التالية وهي أنه في غابر الزمان كانت العادة المتبعة عند النبلاء أن يكتبوا الدعوات على أوراق الأرزهار . وكانوا يستعملون في كتابة النص محلولاً حمضياً أو قلوياً وذلك تبعاً لنوع الزهرة واللون الذي يراد أن يظهر فيه نص الدعوة . جرب ، إذا أردت طبعاً ، الكتابة بهذه الطريقة بشرط أن تختار بنفسك الأوراق والمحاليل اللازمة لذلك . ولكن تذكر أن المحلول لا يجوز أن يكون مشعباً كي لا تتلف الورقة الناعمة ، وأن الكتابة لن تبقى فترة طويلة كما نريد . وبالرغم من ذلك فال تجربة طريقة وممتعة إذا نجحت طبعاً .

تجارب على الاستخلاص

ستتعرف الآن على عملية واسعة الانتشار في الصناعة والمخابر الكيميائية تدعى الاستخلاص .
اسحق عدة جوزات (بلا قشور طبعاً) أو حفنة من بذور

عباد الشمس المقشورة أيضاً وضعها في أنبوب اختبار ثم اسكب عليها البترين حتى يغطرها تماماً (انبه الى أنه لا يجوز أن يكون بالقرب منك أي مصبر للشار ، فالبتزين يشتعل فوراً) .
خض محتويات الأنبوب واتركها لتستقر مدة ساعتين مع تحريكها من فترة الى أخرى ، ثم اسكبها على صحن وضعها بالقرب من النافذة كي يتبخر البترين منها . وستلاحظ أنه سيبقى على الصحن (بعد أن يتبخر البترين) قليل من الزيت . وهكذا تكون ، بواسطة البترين ، قد استخلصت الزيت من البذور . وقد تم ذلك لأن الزيت يذوب جيداً في البترين وهذه العملية بالذات تسمى بالاستخلاص .

وبإمكانك الحصول على الزيت من بذور أخرى ، ولكن لا يجوز أن تتلوه أبدأ .

وبإك تجربة أخرى على أوراق النباتات وهي تحتاج الى حمام مائي وكأس ورقب الجدران (تذكر أنه اذا كانت جدران الكأس سميكة فربما تشققت أثناء التسخين) .

خذ ورقة طازجة من نبات ما وضعها في كأس زجاجي . ثم اغمرها بكمول مخفف (ممدد) . سخن الماء في الحمام المائي ثم اسحب من تحته النار وضع فيه الكأس الحاوي على الورقة وبعد فترة من الزمن اسحب الورقة بالمقسط فلاحظ أن لونها قد زال وأن الكحول تلون بلون زمردي . وهكذا تكون قد استخلصت الكالوروفيل وهو الصباغ الأخضر في النباتات .

وبالمناسبة ، فاذا أخذت نباتاً يوكل ، كالخس أو السبانخ مثلا ، استلعت بالطريقة نفسها أن تستخلص منه الصباغ الغدالي (لاستعماله في صبغ الكريما أو الصلصلة) . وهذا ما

يجرى عمله عند تحضير المواد الغذائية والحلويات : إذ يسحب الصباغ الأخضر الصالح للأكل من الأوراق بالاستخلاص .
ولاسراع العملية تنصح بتقطيع الأوراق أولا الى قطع صغيرة ونخس الاناء من فترة الى أخرى .
والتيك تجربة أخرى : املاء انبوب اختبار حتى نصفه بالماء واسكب فيه حوالى ١ سم^٣ من محلول اليود فتحصل على محلول بني باهت . أضف الى هذا المحلول كمية مائلة من البترين ثم نخس المزيج عدة مرات واتركه بعد ذلك ليستقر . وبعد فترة تلاحظ أن المزيج انقسم الى طبقتين : طبقة عليا ، وهي طبقة البترين وأصبح لونها بنيا غامقا ، وطبقة سفلى ، وهي الطبقة المائية وأصبحت عديمة اللون تقريبا . فالإيود مـء اللويان في الماء ولكنه يذوب جيدا في البترين . ولهذا انتقل من المحلول المائي الى طبقة البترين .

وتجربتنا الأخيرة على الاستخلاص تعتمد على الاختلاف في الذوبانية : كيف تميز بسرعة بين مسحوق القهوة ومسحوق الهنتدب البرى (حبيب تسحق وتضاف الى القهوة لاعطائها طعما خاصا (chicory) وليست حبوب الهال المعروفة) ؟ ستجيب قائلا : بالرائحة طبعاً . ولكن ما العمل اذا كانت الرائحة ضعيفة أو أنك لم تعد تذكر تماما هذه الرائحة ؟ عندئذ ارم قبضة من هذا المسحوق وذلك على انفراد في اناء شفاف يحوى ماء ساخن . فاذا بقي الماء على حاله دون أن يتلون دل ذلك على وجود الهنتدب لأن الهنتدب يستخلص بالماء بصعوبة . أما مسحوق القهوة ، فيذوب في الماء ويهبط ببطء الى قعر الاناء تاركاً وراءه أثرا بنيا .

تجارب على الغازات

لقد أجرينا عدة تجارب على المحاليل ، والآن دعونا نجري بعض التجارب على الغازات . والعمل هنا أصعب الى حد ما ، فنحتاج الى سدادات مضمومة وأنابيب لتصرف الغاز .
والايوب يمكن أن يكون من الزجاج أو المعدن أو حتى من البلاستيك وينصح بعدم استعمال السدادات المطاطية فمن الصعب ثقبها بالثقب والأفضل في هذه الحالة استعمال سدادات من الفلين أو بولي الاثيلين ، فثقبها يمكن أن يتم بواسطة مخرزم حام فقط . ادخل في هذا الثقب أنبوبا زجاجيا (يمكن أن تستعمل القطارة لهذا الغرض) بحيث يلتصق تماما بالسدادة . وأوصل هذا الأنبوب بأنبوب آخر من المطاط أو ببولي الاثيلين طوله حوالى ٣٠ سم ، ثم ادخل في طرفه الآخر أنبوبا زجاجيا قصيرا .

والآن يمكننا القيام بأول تجربة على الغازات : اسكب حوالى نصف كأس من ماء ساخن على نصف ملعقة شاي من مسحوق الكلس المطلقاً . اخلط المزيج ثم اتركه ليستقر . فيتجمع الراسب في قعر الكأس ويعلوه سائل شفاف يدعى ماء الكلس . افضل هذا السائل يحذر عن الراسب (تذكر أن هذه الطريقة تسمى بالابانة أو الترويق) .

وإذا لم يكن في حوزتك مسحوق الكلس المطلقاً السابق الذكر ، فإمكانك أن تحضر ماء الكلس من محلولين يباعان في الصيدلية هما كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ ومحلول الشادر المائي (هيدروكسيد الأمونيوم) NH_4OH . فعند مزج هذين المحلولين يتكون محلول شفاف هو ماء الكلس .

افتح زجاجة تحوى ماء معدنيا غازيا أو كازوزة وسدعا فوراً بسدادة مزودة بانبوب تصريف الغاز (وهو الانبوب الذى قمت بتحضيره منذ لحظة) . اغمس طرف الانبوب الآخر فى كأس يحوى ماء الكلس . ضع الزجاجة فى ماء ساخن كى تنطلق منها فقاعات الغاز بسرعة (غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 ، وهو يضاف خصيصاً الى هذه المياه لحفظها من الفساد ولاعطائها طعماً لذيذاً) فتلاحظ بعد فترة أن ماء الكلس يتعكر تدريجياً لأن ثانى أكسيد الكربون . يصل الى الكأس عن طريق انبوب التصريف ويدخل فى ماء الكلس حيث يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم المنحل فيه ويحول الى كربونات الكالسيوم CaCO_3 ، وهذه لا تذوب فى الماء مما يؤدي الى ظهور عكر أبيض .

أود أن أشير بخصوص التجارب على ماء الكلس الى أنه لا داع أبدأ الى البحث عن مصدر خارجى لغاز ثانى أكسيد الكربون طالما أن هذا الغاز يمكن الحصول عليه دوماً من مصدر داخل جسمنا وهو الرئتان . فانت تعلم أنه عند الزفير تطلق الرئتان هواء غنياً بثانى أكسيد الكربون . فإذا غمرت طرف انبوب ما فى محلول طازج من ماء الكلس وتفتحت فى الطرف الآخر من الانبوب لاحظت أن المحلول يبدأ بالتعكر أيضاً . ولتعد الآن الى المصادر الخارجة لـ CO_2 .

افتح زجاجة أخرى ، وضع فيها سدادة مزودة بانبوب . تابع تمرير ثانى أكسيد الكربون خلال ماء الكلس . تلاحظ بعد فترة من الزمن أن المحلول يصبح شفافاً من جديد لأن غاز الكربون هذا يتفاعل مع كربونات الكالسيوم ويحولها الى ملح

آخر هو ثانى كربونات الكالسيوم (بيكربونات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) اثنى تذوب جيداً فى الماء .

والغاز الثانى الذى ستدرسه الآن هو غاز النشادر . وقد جئنا على ذكره آنفاً . ويسهل التعرف عليه من رائحته الحادة المميزة .

اسكب فى زجاجة قليلاً من محلول مشبع ومغلى جيداً من صودا الفسيل . أضف اليه هيدروكسيد الأمونيوم (مأمات الأمونيوم) . اخلق فوهة الزجاجة بسدادة مزودة بانبوب تصريف من تدخل نهايته الأخرى فى انبوب مقلوب (رأساً على عقب) . سخن الزجاجة فى ماء ساخن . ولما كانت أبخرة النشادر أخف من الهواء ، فإنها سرعان ما تملأ الانبوب المقلوب . امسك الانبوب ، كما هو مقلوب ، واغسله بخلر فى كأس من الماء . لاحظ كيف أن الماء يبدأ فوراً بالارتفاع فى الانبوب لأن النشادر ينحل (يذوب) جيداً فى الماء ، فيترك له مكاناً فارغاً فى الانبوب .

والآن ستعلم كيف تكشف أو تتعرف على النشادر ، ليس فقط من رائحته المميزة ، وإنما بطريقة أدق وأصح . تأكد ، أولاً ، من أن محلول النشادر ذو تفاعل قلوى (استمن لهذا الغرض بالقلوبتالين أو بأى دليل آخر حضرته بنفسك) . وأجر ، ثانياً ، تفاعلاً نوعياً على النشادر . وتقصد بالتفاعل النوعى ذلك التفاعل الذى يسمح بالتعرف ، دون خطأ ، على هذه المادة أو تلك .

حضر محلولاً ضعيفاً من كربونات النحاس (يجب أن يكون لونه أزرق باهتاً) . اغمر فيه نهاية انبوب تصريف الغاز

من التجربة السابقة . لاحظ عندما يبدأ غاز النشادر NH_3 بالانطلاق كيف أن لون المحلول عند نهاية الأنبوب يصبح أزرق فاتحا . فالنشادر يشكل مع ملح النحاس معقدا ملونا بلون فاتح وصيغته كالتالي $[Cu(NH_3)_4]SO_4$.

والآن ننسحك بالحصول على قطعة صغيرة من كبريد الكالسيوم لأننا ستقوم معا بتحضير الأميتيلين .

ركب جهازا كما في التجربة السابقة . اسكب في الزجاج ماء عاديا ، عوضا عن هيدروكسيد النشادر ، وارم فيه قطعة صغيرة من كبريد الكالسيوم بحجم حبة الحمص وملفوفة بورقة نشاف ، ثم اخلق فوهة الزجاج بسدادة ذات الأنبوب . وعندما تتبلل ورقة النشاف يبدأ الغاز بالانطلاق . اجمع هذا الغاز ، كما في التجربة السابقة ، في أنبوب مقلوب رأسا على عقب . وبعد مرور دقيقة اقلب الأنبوب وقرب من فوهته عود ثقاب مشعل . لاحظ كيف أن الغاز يشعل بلهب مقحم . وهذا الغاز المتطلق ما هو الا الاسيتيلين الذي يستعمل في لحام المعادن .

ونلكر بالمناسبة أنه لا يتكون في هذه التجربة الأميتيلين فقط ، وإنما يبقى في الزجاج محلول مائي من هيدروكسيد الكالسيوم ، أي ماء الكلس ، الذي يمكن استخدامه في التجارب الخاصة بغاز الكربون .

والتجربة التالية لا يجوز اجرواها الا في حال توفر تهوية جيدة ، والا يجب أن تجرى في الهواء الطلق . ستقوم فيها بتحضير ثاني أكسيد الكبريت SO_2 ، وهو غاز ذو رائحة واخزة حادة .

اسكب في زجاجة حمض الخليك (حمض الخل) المخفف وأضف اليه قليلا من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 الملقوفة بورقة نشاف (تتوفر هذه المادة في المخازن التي تباع المواد اللازمة لتحميض الصور الفوتوغرافية) . اخلق الزجاج بسدادة مزودة بأنبوب لتصريف الغازات ، اهدر الطرف الآخر من الأنبوب في كأس ، يحوى محلولاً مخففاً ومحضراً سلفاً من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$. يجب أن يكون لون محلول البرمنجنات ورديا باهتا . وعندما تتبلل الورقة يبدأ غاز ثاني أكسيد الكبريت بالانطلاق من الزجاج فيصل ال الكأس حيث يتفاعل مع محلول برمنجنات البوتاسيوم ويزيل لونه .

وإذا لم يتسن لك شراء كبريتيت الصوديوم النقية ، فيمكنك أن تستعص عنها بمادة الاظهار الضوئي العادية . صحيح أن غاز ثاني أكسيد الكبريت سيحتوى في هذه الحالة على شائبة من غاز الكربون ، ولكن هذا لن يعيق سير التجربة أبداً .

الأكسدة والاختزال (الارجاع)

عرضنا في تجربة استحضار غاز لثي أكسيد الكبريت تفاعلا من تفاعلات الأكسدة والاختزال الكثيرة . ففي هذه التفاعلات تضم ذرات احدى المواد الالكترونات التي تمنحها ذرات مواد أخرى . ونسمى عندئذ المواد الأولى بالموكسدات (برمنجنات البوتاسيوم في تفاعلنا المذكور أعلاه) ونسمى المواد الثانية بالاختزالات (ثاني أكسيد الكبريت) .

وسنجرى فيما يلي عدة تجارب أخرى على تفاعلات الأكسدة والاختزال .

اقطع شطيرة (أو حزا) من حبة بطاطس . تقطع عليها عدة نقاط من محلول مخفف من اليود ، فيظهر لون أزرق يعود الى أن النشاء الموجود في حبة البطاطس يزرق في وجود اليود الحر . وهذا التفاعل كثيرا ما يستخدم للكشف عن النشاء . إذن ، فهو تفاعل نوعي أيضا .

تقطع على مكان اليود قليلا من محلول كبريتيت الصوديوم ، ولاحظ كيف أن اللون يزول بسرعة . وبذلك تفسير ما حدث : أعطت الكبريتيت الكبريت الى اليود الحر فأصبح مشحونا كهربائيا . واليود في هذه الحالة لا يلون النشاء باللون الأزرق .

وتعني هذه الخاصية عند كبريتيت الصوديوم ، وثاني أكسيد الكبريت أيضا ، أنهما مختزلان جيذان . وفيما يلى تجربة أخرى على الكبريتيت حيث تشترك فيها برمنجنات البوتاسيوم كموكسد أيضا .

خذ أربعة محاليل من برمنجنات البوتاسيوم ألوانها كالتالى : وري ضعيف ووردي وبشجي فاتح وبشجي غامق ، وضع كل منها في انبوب اختبار . أضف الى كل انبوب محلول كبريتيت الصوديوم . لاحظ كيف أن المحلول في الأنبوب الأول يصبح عديم اللون تقريبا وبني في الأنبوب الثانى . وتظهر في الأنبوب الثالث ندف بنية اللون ، يزداد عددها كثيرا في الأنبوب الرابع .

يتكون في الأنبوب الأربعة أكسيد المنجنيز MnO_2 الصلب ، ولكنه يوجد في الأنبوبين الأول والثانى على هيئة محلول غرواني (جسيماته الصلبة دقيقة جدا بحيث يظهر المحلول شفافا)

بينما يكون تركيزه في الأنبوبين الثالث والرابع كبيرا مما يجعل جسيماته تتلاصق مع بعضها متحولة الى راسب .

وبوجه عام ، يمكن أن يطلق على برمنجنات البوتاسيوم اسم « الحبراء الكيميائية » إذ انها قادرة على تغيير لونها مثلها . فمثلا تحول لونها من بنسجى أحمر الى أخضر في وسط قلوى نظرا لأن البرمنجنات تختزل فيه الى البرمنجنات ذات اللون الأخضر . وللتأكد من ذلك ارم بلورة من البرمنجنات في محلول مادة قلوية (محلول مغلى جيدا من صودا الغسيل مثلا) ولاحظ كيف أنه يظهر لون أخضر بدلا من اللون الوردي المألوف .

تظهر هذه التجربة أكثر جمالا عند استعمال الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) . ولكننا لا نتصحك باستخدام هذه المادة وغيرها من القلويات الكاوية في تجاربك المنزلية لعدم توفر الخبرة الكافية لديك بعد . أما اذا أردت اجراءها في مخبر المدرسة ، فمنا عليك الا أن تضع في كأس رقيق الجدران قليلا من محلول للبرمنجنات أحمر اللون (يجب أن يكون شفافا أيضا) وتضيف اليه على دفعات وبحذر (حتى لا يسخن المزيج) كميات قليلة من محلول الصودا الكاوية المركز . والآن راقب تغير لون السائل : فهو يصبح في البداية بنسجيا ، ثم يتقلب الى أزرق كلما ازدادت قلوية المحلول ، ويتحول في نهاية الأمر الى لون أخضر .

ويظهر تغير اللون أكثر وضوحا عند تعريض الكأس لأشعة المصباح الكهربائى . وعلى كل حال ، فالأضاءة الجيدة أمر ضرورى هنا . قبلونها قد تتعذر مراقبة اللحظة التي يتغير فيها اللون .

واليك تجربة أخرى تساعد على التمييز بين الماء النقي والماء القلبي . ضع في انبوب اختبار ماء نقيا من الصنبور وفي انبوب آخر ماء من مستنقع أو بركة ماء آسن . أضف الى الأنبوبين قليلا من محلول برمنجنات البوتاسيوم (المؤكسد) . لاحظ كيف أن محلول البرمنجنات يبقى وديا في الماء النقي ، ويزول لونه في الماء القلبي . والسبب في ذلك هو أن الماء الآسن تتجمع فيه مواد عضوية تقوم ، ككبريتيت الصوديوم ، باختزال برمنجنات البوتاسيوم وتغيير لونه .

اقترحنا عليك في التجربة الأولى أن تشتري المظهر - كبريتيت الصوديوم من مخزن بيع المواد اللازمة لتحضير الصور الفوتوغرافية فإذا نسيت لك ذلك ، فما عليك الآن الا أن تشتري مظهرا آخر هو مزيج من الميتول والهيدروكينون . أذب هذا المظهر في الماء فتحصل على محلول ذي لون ضعيف جدا . أضف الى المحلول قليلا من المسحوق القاصر (وهو مادة مطهرة شائعة الاستعمال ويجب التعامل بها بحذر) فيصبح أصفر اللون . وتعليل ذلك هو أن المسحوق القاصر مؤكسد جيد ، فهو يؤكسد الهيدروكينون ويحوله الى الكينون ذي اللون الأصفر . وإذا أضفت الآن الى المحلول مزيجا من كبريتيت الصوديوم والصدوا زال اللون الأصفر نظرا لأن كبريتيت الصوديوم يختزل الكينون ويحوله الى هيدروكينون من جديد .

وستجرب تجربة أخيرة على الأكسدة والاختزال ، مستخدمين مركبات الكروم . فالتجارب على هذه المركبات تكون جميلة في معظم الأحيان . ولا عجب من ذلك ، فكلمة « كروموس » تعني « اللون » في اللغة اليونانية .

اذن ، خذ قليلا من محلول ثاني كرومات (بيكرومات) البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ الأصفر (هذه المادة تستعمل كمؤكسد في الصناعة ، اذ يستعان بها مثلا لغسل الأدوات والقطع الموصخة جدا ، وعليه يجب التعامل بها بحذر) وأضف اليه قليلا من حمض الكبريت (حمض الكبريتيك) (انتبه ! يجب صب الحمض ببطء وحذر) . لاحظ أن اللون يصبح أحمر . ارم في هذا المحلول المحمض بضع قطع من الزنك . وإذا لم تنظر لديك مثل هذه القطع التي تجرى عليها التجارب عادة ، فيمكنك أن تحصل على الزنك بنفسك من بطارية قديمة : ذلك أن الحجيرات المعدنية في البطاريات مصنوعة من الزنك .

والآن ، وبعد أن رميت في المحلول قطع الزنك ، تختزل البيكرومات وتغير لونها الى لون أخضر غامق نتيجة تشكل ما يسمى بشب الكروم والبوتاسيوم K_2CrSO_4 . ويتعلق عندئذ غاز الهيدروجين . وإذا لم تتأكسد نواتج هذا التفاعل بأكسجين الهواء ، فان التفاعل سيستمر بعد ذلك ، وسيظهر لون أزرق يخص محلول كبريتات الكروم $CrSO_4$. اسكب هذا المحلول في كأس آخر . وبينما أنت تقوم بذلك تحدث الأكسدة ، وينقلب لون المحلول الى لون أخضر من جديد .

الامتزاز

أعتقد أن جميع الناس على الأرض يعرفون الظاهرة الكيميائية الفيزيائية التي سنتحدث عنها الآن ، وإن كان الكثيرون لا يعرفون أنها تسمى بهذا الاسم . وسواء درست ظاهرة الامتزاز في المدرسة أو لم تدرسها بعد ، فانك ستراها بأمر عينك عندما ترفع بقعة

حبر على ورقة أو على الثياب (وهذا أسوأ بكثير) . فالامتزاز يحدث عندما يمتص سطح مادة ما (ورقة أو قماش أو ما شابه ذلك) جميعات مادة أخرى (الحبر أو غيره) .

ولعل أفضل ماز (مادة مازة) على الإطلاق هو الفحم ، وبالذات الفحم الخشبي ، وليس الفحم الحجري ، وزيادة في الدقة نقول أنه نوع من الفحم الخشبي يدعى الفحم الفعال (أو الفحم المنشط) . وهو يباع عادة في الصيدليات . وبه سنبداً تجارينا على الامتزاز .

حضر محولاً باهت اللون من أى حبر كان ، واسكب في انبوب اختبار دون أن تملأه حتى آخره . ارم في المحلول حبة من الفحم الفعال (يفضل أن تستحقها قبل ذلك) . سد فتحة الانبوب بإصبعك وانعاط المحلول جيداً ، ثم لاحظ كيف أن المحلول يزول لونه أمام عينيك . استبدل هذا المحلول بأى محلول آخر بشرط أن يكون ملوناً أيضاً وستلاحظ أن النتيجة هي ذاتها . وعندما تستعمل قطعاً من الفحم الخشبي عوضاً عن الفحم الفعال فإن هذه القطع ستمتص الصباغ أيضاً ، ولكن بشكل أضعف .

وليس هذا بالأمر الغريب ؛ فالفحم الفعال يمتاز عن الفحم العادي بأن سطحه أكبر بكثير ، وجميعاته مملوءة بالسامات (وتحقيق ذلك يعالج الفحم بطريقة خاصة وتفضل منه الشوائب) . وطالما أن الامتزاز هو امتصاص من قبل سطح المادة ، فانه من البديهي أن يوداد الامتصاص كلما كبر السطح . وباستطاعة المازات أن تمتص المواد ليس فقط من المحاليل . وللتأكد من ذلك ، خذ زجاجة سعتها نصف لتر ونقط على

قعرها نقطة من الكولونيا أو أى عطر آخر . احضنها براحتي يديك لفترة نصف دقيقة كي يسخن العطر قليلاً . وعندئذ سيكون التبخر أسرع والرائحة أشد . وكما هو متبع في الكيمياء ، فانه لا يجوز شم المواد من الأواني مباشرة وإنما يجب بحركات خفيفة من الكف توجيه الهواء الحاوي على أبخرة المادة الطيارة نحو الأنف ، فقد تكون المادة الموجودة في الاناء مجهولة التركيب ولا تعرف رائحتها .

والآن ضع في الزجاجة قليلاً من الفحم الفعال ، ثم سدها جيداً بالسدادة وانركها عدة دقائق . افتح الزجاجة ووجه الهواء نحو أنفك من فوق فوهتها، فهل تشعر برائحة ؟

الرائحة زالت . فقد امتصها الماز . وبعبارة أدق ، نقول أن الماز لم يمتص الرائحة نفسها ، وإنما امتص جزيئات المادة الطيارة التي وضعتها في الزجاجة . فهذه الجزيئات ارتبطت بسطح الفحم ولم يعد بإمكانها الوصول الى أنفك وان تشم الرائحة بعد ذلك .

ولكن ، هل من الضروري استعمال الفحم الفعال وحده في هذه التجارب ؟ طبعاً ، لا . فهناك مواد أخرى تمتص الجزيئات جيداً ، مثل : الطرقة والغضار المطحون الجاف والطباشير (الحوارة) وورق النشاف . وهي مواد متنوعة جداً ولكنها تشترك في أن لها سطحاً كبيراً . ومن بينها بعض المواد الغذائية . فالخبز ، كما تعلمون ، يمتص بسهولة الروائح الغريبة .

والبشار (الدرة المحمص) ، الذي يحبه الكثيرون منكم ، هو ماز جيد جداً . وهنا لا حاجة لاستهلاك كمية كبيرة منه بل سنكتفي بوضع حبات منه . أعد التجربة السابقة على المواد

العطرية في وجود حبات من البشار ، ولاحظ كيف أن الرائحة تزول تماما . وطبيعي أنه لا يجوز أكل هذه الحبات بعد التجربة . ولتعد الآن الى تجربة استحضار ثاني أكسيد الكربون (غاز الفحم) . املأ انبوبين بهذا الغاز ، وضع في أحدهما عدة حبات من البشار ثم غصص الانبوب عدة مرات . وبعد ذلك تابع العمل كما في تجربة ماء الكلس (يمكن «سكب» الغاز من الانبوب في هذا الماء لأنه أرى الغاز أثقل من الهواء) . فهل يختلف تصرف ماء الكلس في الانبوبين ؟ أجل . فالسائل يتمركز في الكأس الذي «سكب» فيه الغاز غير المعالج بالماز بينما لن يطرأ شيء على السائل في الكأس الثاني لأن حبات البشار قد امتصت قبل ذلك ثاني أكسيد الكربون .

وإذا كنت عضوا في حلقة الكيمياء في مدرستك وتعلمت فيها استحضار غازات ملونة كالكلور وأكسيد الترووجين (لا يجوز استعمال هذين الغازين في المنزل لأن التعامل بهما يتطلب تهوية جيدة ويجب أن يتم تحت نافذة لسحب الغازات) ، فإمكانك أن تختبر تأثير الفحم وحبات البشار عليها . ولهذا الغرض ، ضع أحد هذين المازين في الاناء الحاوي على الغاز الملوّن ثم غصصه عدة مرات ، ولاحظ كيف أن اللون إما أن يزول نهائيا ، أو أنه يضعف كثيرا .

تستعمل حاليا في المطابخ المنزلية أدوات متنوعة تثبت فوق المواقد الغازية بغية تشيئة الهواء من الدخان والروائح المختلفة . وهي تحتوي جميعا على مادة ملازة يمر خلالها الهواء الملوّن . والآن أصبحتم تعرفون ماذا يحدث بعد ذلك . ونشير هنا الى أن هذه المادة تستبدل من حين لآخر عندما يصبح سطحها مشعبا بالأوراح والجليسيمات الغريبة .

التنظيف الكيميائي

تعبر التجارب الواردة في هذا الفصل تكرارا لما جاء سابقا نظرا لأن التنظيف الكيميائي وإزالة البقع كثيرا ما يتطلبان اجراء عمليات كذلك التي تعرفنا عليها في التجارب السابقة وبالتحديد : الاستخلاص والأكسدة والاختزال والامتزاز . وأعتقد أنكم توافقون معي بأنه لا داع أبدا لتلوّث الثياب عندما تم اجراء التجارب لتنظيفها . ولكن ستصرف كما يلي : ستأخذ عدة قطع من قماش فاتح اللون وسنبقع عليها بقعا مختلفة ثم سنحاول إزالة هذه البقع .

والبقع الكثيرة الانتشار هي البقع الدهنية . وهي تزال عادة بالاستخلاص حيث ينتقى المذيب المناسب لذلك . ويصلح البنزين والترينين والايثير الطبي لإزالة البقع الدهنية الحديثة . ولهذا الغرض تبلل قطعة بالمذيب وتمسح بها البقعة عدة مرات فينتقل الدهن عندئذ الى المحلول . ولتضادى بقاء هالة حول مكان البقعة بعدد الى مسح القماش بماء الصابون أو بمحلول من مسحوق الفسيل .

أما إزالة البقع الدهنية القديمة ، فأصعب من ذلك . وهنا يحتاج الأمر الى أكثر من مذيب واحد . فمثلا يستعمل هنا عادة مزيج من البنزين والايثير الطبي والترينين (٢:١:٧) ، أي تؤخذ ٧ أجزاء من الأول وجزء من الثاني وجزءان من الثالث) أو مزيج من الكحول الاثيلي والبنزين والايثير الطبي (١٠:٢:١) . ويجب الانتباه ، عندما يكون القماش ملونا ، كي لا يؤثر المذيب على اللون . فقبل الشروع بالتنظيف ينبغي التأكد من أن المذيب المختار لن يؤثر على لون القماش .

وتزال جيدا بقعة الوريش الزرني بمعجون من الغضار الأبيض مع البترين . اذ يغطي سطح البقعة بطبقة من هذا المعجون تترك الى أن يتبخر البترين كليا . وهنا ينضم الامتزاز الى الاستخلاص : فالغضار الأبيض يشرب ثم يمتص المواد التي استخلصها البترين :

ولازالة بقعة حديثة من دهان زيتي تبليل هذه البقعة أولا بالتربتين (لتلينها) ثم تزال بالبترين . وعندما يخش من أن يؤثر البترين أو التريبتين على لون القماش ، يلجأ الى مسح البقعة بمحلول ساخن من الغليسرين أو بمزيج من الغليسرين مع كمية مماثلة من الكحول الاثيل .

ويمكن ، بالاستخلاص ، ازالة بقع الأعشاب . نذكرها التجربة التي استخلصنا فيها الكوروفيل بواسطة الكحول . اذن ، فما عليكم الآن الا أن تمسحوا مكان البقعة بالكحول (أو الاثير الطبي) فبيدا عندها الكوروفيل بالاستخلاص تدريجيا من البقعة ويزول اللون بعد ذلك .

وتنسى أحيانا ازالة بقع الحبر عن القماش . ولهذا الغرض يرش على البقعة قليل من مسحوق الطباشير ، ثم تنقط عليه نقطان أو ثلاث نقاط من الكحول . عندئذ ، يذيب الكحول صبغة الحبر ويشرب الطباشير المحلول الملون . يقشط الطباشير بطرف سكين غير حاد ، ثم ترش دفعة جديدة منه وينقط عليها الكحول . تكرر العملية حتى يبقى لون الطباشير أبيض ولن يتغير . عندئذ يترك كمي يجف ثم يظلف مكان البقعة بالفرشاة .

وفي هذه الحالة تكون قد جمعنا بين الاستخلاص والامتزاز

ويوجه عام يظهر هذا الاسلوب في ازالة البقع فعلا جدا في معظم الأحيان : فالغضار الأبيض والطباشير وما شابههما لا تسمح للمحلول الملون بالتوسع في القماش وتشكيل حالة حول مكان البقعة .

والآن سنتحدث قليلا عن تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تستغل في ازالة البقع أيضا .

يلجأ عادة الى الماء الساخن لازالة البقع الحديثة المتبقية عن الثمار أو أنواع العصير المختلفة . وعندما لا تنجح هذه الطريقة ، تزال البقع المذكورة من على الأقمشة البيضاء بمحلول من فوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأكسجيني) : أشع البقعة بهذا المحلول بعد أن تضيف اليه عدة نقاط من هيدروكسيد الأمونيوم . امسح مكان البقعة بقطعة نظيفة ثم اغسله بالماء . وأظنك تعلم أن فوق أكسيد الهيدروجين مؤكسد قوى . فهو يؤكسد العديد من الأصبغة ويزيل لونها نهائيا .

ويمكن ، بواسطة تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ازالة البقع التي تتركها مكواة ساخنة على الأقمشة البيضاء القطنية والكتانية ، وهنا يقوم بعلوم المؤكسد محلول مائي من المسحوق القاصر (كن حللا عند استعماله) بنسبة ١:٥٠ وزنا . فنعلمنا بسخن القماش بصورة مفرطة بالمكواة تتكون نتيجة الأكسدة الحرارية مواد بيضاء يفككها الملح القاصر ويجعلها عديمة اللون . ولا تنسى أنه يتكون هنا حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) الذي يخرب القماش أيضا . ولهذا يجب بعد التنظيف تبليل القماش بمحلول ضعيف من الصودا لتعديل الحمض ثم غسله بالماء النقي .

وأخيرا ، عندما يسقط محلول البود على القماش يمكن إزالة البقعة نهائيا بمسحها بمحلول تيوكبريتات الصوديوم (البيروسوليت) .
والآن أصبحت تعرف ما هو المؤكسد وما هو المرجع في هذا التفاعل .

الغسل

الغسل يتبع التنظيف عادة . وهذا ما سنتفذه أيضا .
والغسل عملية كيميائية فيزيائية تلعب الدور الرئيسي فيها المواد الفعالة سطحيا . وتتألف جزيئات مثل هذه المواد من قسيمين الأول هيدروفيل ، أى محب للماء ، والثانى هيدروفوبى ، أى كاره للماء ولا يتفاعل معه ولكنه يتفاعل برغبة مع المواد الموضحة مثل الدهون والزيوت وغيرها . ويقع هذان القسمان الهيدروفيل والهيدروفوبى فى طرفين مختلفين من الجزيء الطويل . وهذه الجزيئات تثبت على السطح الدهنى بواسطة أطرافها الهيدروفوبية ، بينما تبرز أطرافها الهيدروفيلية الى الخارج كإبر القنفذ تماما . والماء يبلل جيدا هذه « الإبر » ويحيط « بالقنفذ » ويفصله عن السطح . وهكذا يتصرف الصابون ومسحوق الغسيل .
واللاسراع فى إزالة الوسخ من على القماش أو البادين تعدد الى فركها جيدا بامسحجة أو فرشاة .
وسنبدا حديثنا هنا بالصابون طالما أنه أقدم مادة فعالة سطحيا . أدب قليلا من الصابون فى حجم صغير من الماء . صب المحلول فى انبوب اختبار وأضف اليه محلول الفينولفثالين فيتلون بلون أحمر قرمزى ، مما يدل على أن الوسط قلووى .
والواقع ان الصابون العادى هو ملح صوديومى لحمض دهنى

كحمض الأليويك $C_{17}H_{33}COONa$ أو حمض الاستياريك $C_{18}H_{35}COONa$ (أما الصابون السائل فعباره عن ملح بوتاسيومى لهذين الحمضين) . وتتحللأ هذه الأملاح عند اذابتها فى الماء وتتفكك ال حمض وقلوى . ولكن الأحماض الدهنية أحماض ضعيفة ، بينما تكون القلويات قوية فى حالتها هذه . وعليه يكون المحلول قلويا .

وكان يعتقد سابقا أن الصابون يغسل وينظف جيدا لأنه يشكل فى المحلول مادة قلووية ولكن تبين أن الأمر ليس كذلك أبدا ، بل على العكس تماما ، فالمادة القلووية (صودا الغسيل مثلا) تنظف لأنها تتحد مع الدهون وتشكل فى المحلول مواد فعالة سطحيا كالصابون .

وتذكر ، بالمناسبة ، أنه ليس من الصعب الحصول على الصابون . فهناك عدة طرائق لتحقيق ذلك ، وإليك واحدة منها :
حضرم محلولاً مركزاً ساخناً من صودا الغسيل . اسكبهُ فى انبوب اختبار وأضف اليه نقطة فقطعة من زيت نباتى . تابع التقيط حتى يتوقف انحلال الزيت . (يمكن استعمال شمع التحل عوضاً عن الزيت النباتى) . ارم فى المحلول الناتج قبضة من ملح الطعام . ونشير هنا الى أن هذه الطريقة هى الطريقة الشبعة فى مصانع تحضير الصابون حيث تسمى العملية الأخيرة بالفصل بالتصليح (أى فصل مركب عضوى من محلول باضافة الملح) . فبعد اضافة الملح يطفو الصابون الصلب على السطح ويمكن عندئذ فصله من المحلول بسهولة .

يتدر حالياً استعمال الصابون لغسل الألبسة ويستعاض عنه بمساحيق الغسيل التى يزداد استعمالها عاما بعد عام . ويتدخل

في تركيب هذه المساحيق مواد فعالة سطحيا تحضر اصطناعيا ،
ولهذا تسمى بالمنظفات الاصطناعية .

اجر التجربة التالية : خذ ثلاث قطع من قماش وسخ وضع
كل منها في كأس . اسكب في الكأس الأول ماء فاترا ، وفي
الثاني محلول من الصابون ، وفي الكأس الثالث محلول من أي
مسحوق غسيل تجده في البيت . امرك القطع قليلا واطغها بماء
نقي ثم اتركها لتنتشف ، وراقبها بعد ذلك ، فتلاحظ أن القطعة
التي كانت في الماء أصبحت أنظف بقليل من السابق وأن
القطعة التي كانت في محلول الصابون أصبحت أكثر نظافة
من القطعة الأولى ولكنها تأتي من هذه الناحية بعد القطعة الثالثة
التي غسلت في محلول مسحوق الغسيل ، فقد أصبحت هذه
القطعة نظيفة جدا . وهذا يعني أن المنظفات الاصطناعية أشد
تأثيرا من الصابون العادي .

ويتصف العديد من مساحيق الغسيل بخاصة هامة أخرى
وهي أنها تنظف في أي ماء سواء كان ليئا أم قاسيا ، وحتى
أنها تنظف في ماء البحر أيضا ، فهل يتصرف الصابون كذلك ؟
خذ ماء عاديا وأذب فيه ملحًا ما للكاليسيوم أو المغنسيوم ،
(يمكنك أن تشتري في الصيدلية لهذا الغرض الملح الانكليزي
أو الملح البحري أو محلول كلوريد الكاليسيوم) فتجمله قاسيا ،
لأن ما يميز الماء القاسي عن اللين هو احتوائه على نسبة كبيرة
من أملاح الكاليسيوم والمغنسيوم المسماة بأملاح القساوة .

خذ من جديد قطعة من قماش وسخ وحاول أن تغسلها
بالصابون في هذا الماء القاسي ، فلن تفلح في ذلك ، حتى
أن الرغبة لن تتكون في مثل هذا المحلول . والسبب في ذلك

هو أن أملاح القساوة تتفاعل مع الصابون فينتج نتيجة لذلك
صابون كاليسيوم ومغنيسيوم لا يذوب في الماء ، وبالتالي يفقد
جميع خواصه المفيدة في التنظيف .

ولكن إذا أذيت مسحوق الغسيل في ماء قاس لا حظت أنه
ينظف كما ولو كان مذاها في ماء عادي . فالماء القاسي لن
يعيقه في ذلك لأن المواد الفعالة سطحيا الداخلة في تركيب المسحوق
لا تتفاعل مع أملاح القساوة ، وبالتالي لن تفقد خواصها في
هذا الماء .

ومحالييل مساحيق الغسيل ، كمحالييل الصابون ، يمكن أن
تكون قلوية ومنهاما تصلح لغسل القطن والكتان فقط وليس لغسل
الصوف والحرير . ولكن هناك مواد معتدلة أو محايدة تكون
سائلة عادة وتستعمل لغسل الصوف والحرير والأقمشة الاصطناعية .
ولتأكد من امكانية غسل كترة من الصوف بهذا المسحوق أو
ذاك يستعان بالفنتولتالين . فإذا أصبح المحلول أحمر بعد
إضافة الفنتولتالين إليه دل ذلك على أنه يحتوي على مادة قلوية
حرة ولا يجوز غسل الصوف فيه . ولكن إذا بقي المحلول عديم
اللون أو تلون بلون خفيف جدا أمكن بكل ثقة غسل الألبسة
الصوفية والحريرية فيه .

وفي الأريضة القديمة كان الصابون من المواد الكسالية ،
وكانت تستعمل لغسل مواد أخرى أكثر توفرا ، وان كانت أقل
تنظيفا منه . وحاول الآن أن تجرب كيف تؤثر هذه المواد :
يمكنك أن تأخذ لهذا الغرض مسحوق الخردل أو مرق القاصولياء ،
والأفضل من ذلك هو جلور بعض النباتات مثل جلور زهرة
الربيع وحبون القراب وبخور مريم والكوكزل . فهذه الجذور

شمعة من الصابون

ذكرنا عند الحديث عن الصابون وكيفية تنظيفه للأقمشة أن جزئه مؤلف من «رأس» يتجه إلى داخل الماء و «ذنب» طويل يحاول الخروج منه .

ولتفحص باهتمام «الذنب» الهيدروفوبي . فهي عبارة عن سلسلة هيدروكربونية طويلة . والمركبات الحاوية عليه واسعة الانتشار ومهمة جدا في الصناعة . وهي تشكل قسما أساسيا في العديد من الدهون والزيوت وغيرها من المواد المقيدة جدا ، ومن بينها الاستيارين . وسنحاول الحصول عليه الآن انطلاقا من صابون الغسيل .

خذ نصف قطعة من صابون الغسيل واسحبها بالسكين إلى قشور رقيقة ثم ضعها في علبه كونسروية نظيفة . صب الماء عليها حتى يغمر القشور كلها ثم ضع العلبه في حمام مائي حرك المزيج من وقت لآخر بفصيص خشبي كي يذوب الصابون بسرعة في الماء . وعندما يتم ذلك ارفع العلبه عن النار (ليس باليد طبعاً وإنما بملقط خشبي) وصب الخل فيها ، فتتصلب من المحلول بفعله كتلة بيضاء غابطة القوم تطفو على السطح وهي الاستيارين . والاستيارين مزيج نصف شفاف من عدة مواد أهمها حمض الاستياريك $C_{17}H_{33}COOH$ وحمض البالميثيك (حمض التخل) $C_{15}H_{31}COOH$. ومن الصعب تحديد تركيبه بدقة لأنه يتوقف على المواد التي صنع منها الصابون .

وقد جاء في القصص والروايات أن الشموع تصنع من الاستيارين ، وبالأصح ، كانت تصنع منه سابقا ، أما الآن ، فهي تصنع من البارافين الأكثر توفرا والأرخص ثمتا (يحضر

تحتوى على مواد ذات فعل تنظيقي وتدعى الصابونينات) ولعلك صادفت في الكتب القديمة التعبير التالي : الجبلر الصابوني) .
وجميع هذه المواد الطبيعية تغسل وتنظف ، ولكن على نحو أسوأ من الصابون طبعاً . ومع ذلك ، فقد تأكدت بسهولة من أنها تغسل فعلاً .

وستنتهي حديثنا عن المنظفات بتجربة نجبر فيها المادة على التحرك في الماء بعد أن نضيف إليه مادة فعالة سطحيا ونغير بالتالي توتره السطحي .

اصنع من سلك نحاسي رفيع لولبا (حلزونا) مسطحا ومؤلثا من عدة دورات وامسحه بلطف بالزيت أو الفازلين . ضع هذا اللولب بهدوء ودقة على سطح الماء فيظفر عليه لأن الماء لا يبيله ولن يسمح له التوتر السطحي للماء بالفرق . والآن تقط في منتصف اللولب تماما نقطة من محلول الصابون ولاحظ كيف أن اللولب يبدأ بالدوران فوراً . وتعليل ذلك هو أن محلول الصابون ينتشر على سطح الماء داخل اللولب وعندما يبلغ نهاية اللولب يخرج من داخله ويدفعه على الدوران . وعندما يتوقف اللولب عن الدوران تقط مرة أخرى نقطة من محلول الصابون فيبدأ الدوران من جديد .

ويصلح مثل هذا اللولب كجهاز التقدير الفعالية السطحية عند مختلف السوائل : استبدل محلول الصابون بمادة أخرى فيبدأ اللولب بالدوران بسرعة أخرى . ولن يدور أبداً عندما يقط داخله محلول من ملح الطعام ، وسيغرق بسرعة في محلول من مسحوق الغسيل لأن هذا المحلول يزيل ويحل طبقة الزيت التي تحمل السلك على سطح الماء .

البارافين من البترول) . ولكن ، طالما أننا حصلنا على الاستيارين ، فلا مانع من أن نصنع شمعة منه . فهذا ، بالنسبة ، عمل ممتع .

وبعد أن تبردت العلبه تماما اجمع الاستيارين بالمعلقة وضعه في وعاء نظيف . اغسله مرتين أو ثلاث مرات بالماء ثم انه بقطعة قماش نظيفة بيضاء أو بورقة ترشيع لسحب الماء الزائد منه وبعد أن يشف تماما ابدأ بصنع الشمعة . وايلك أبسط طريقة لذلك : خذ خيطا غليظا مفتولا واغمسه عدة مرات في الاستيارين المصهور والمسخن قليلا ، ثم اسحبه بعد كل مرة واتركه في الهواء كي يتجمد عليه الاستيارين . تابع العملية حتى تحصل على شمعة بالفطر المطلوب . وهذه طريقة جيدة وان كانت متعبة نوعا ما . وعلى كل حال ، فهكذا كان الناس يصنعون الشموع في غابر الأزمان .

وثمة طريقة أبسط : اذ يكتفى دهن الخيط المفتول بالاستيارين المصهور والمحضّر لتوه ولكن تشرب الخيط في هذه الحالة بالكتلة المصهورة يكون أسوأ منه في الطريقة الأولى مما يجعل الشمعة أقل جودة وان كانت تحترق كالمعتاد .

ان طرائق تحضير الشموع الجميلة والمتنوعة الأشكال ليست بسيطة فقبل كل شيء يجب صنع القالب المناسب من الخشب أو الجص أو المعدن . ويستحسن هنا أن يشرب الخيط في البداية بالاستيارين ثم يثبت في القالب بحيث يمر في منتصفه تماما ، ويفضل أن يكون مشدودا نوعا ما . وبعد ذلك يسكب الاستيارين الساخن في القالب .

وبالنسبة ، يمكن بهذه الطريقة صنع الشموع من

البارافين أي من شمعة جاهزة تشتريها ثم تصهرها وتسكب الصهارة في القالب الذي تريده . ولكنني أتبهك بأن هذه العملية ليست سهلة ...

وبعد أن حصلت على شمعة من الصابون ستقوم بتجربة معاكسة وهي الحصول على الصابون من الشمعة بشرط أن تكون مصنوعة من الاستيارين وليس من البارافين . فالبارافين لا يصلح لصنع الصابون لأن جزيئاته لا تحتوي على «رؤوس» . وإذا كنت متأكدا من أن الشمعة من الاستيارين فيمكنك أن تصنع منها صابون الغسيل كما ويصلح لهذا الغرض شمع التحل الطبيعي .

سخن عدة قطع من الشمعة على حمام مائي ساخن جدا ولكنه لا يغلي . وبعد أن يتصهر الاستيارين تماما أضف اليه محلولا مركزا من صودا الغسيل ، فتتكون عندئذ كتلة لزجة بيضاء هي الصابون بذاته . اترك المحلول يوضع دقائق أخرى على الحمام المائي ، ثم ضع قفازا على يدك أو لقمها بمنشفة كي لا تحرقها واسكب الكتلة الساخنة في قالب ما ، وليكن علبه نقاب مثلا ، وبعد أن يبرد الصابون يمكن فصله من العلبه بسهولة .

وليس من الصعب التأكد من أن ما حصلت عليه هو صابون فعلا ، وأنه يفضل وينظف كالمعتاد . ولكنني أرجوك ألا تستعمله لغسل يديك لأننا لا نعرف مدى نقاوة المواد التي كانت موجودة في الشمعة .

الطباشير والرغام وقشرة البيضه

نقط على قطعة من الطباشير (الحوارة) الطبيعي CaCO_3 نقطة من حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) فلاحظ حدوث فوران شديد في مكان سقوط النقطة . ضع القطعة في لهب شمعته أو لهب كحول جاف فيتلون لهب بلون أحمر جميل .

وهذه الظاهرة معروفة : فالكاليوم الذي يدخل في تركيب الطباشير هو الذي يجعل لهب أحمر اللون . ولكن ، لماذا الحمض هنا ؟ الواقع أن الحمض يتفاعل مع الطباشير ويشكل كلوريد الكالسيوم CaCl_2 الذي يتطاير رذاذه مع الغازات ويتساقط في لهب مباشرة مما يجعل التجربة أوضح وأكثر فعالية .

ومع الأسف ، لا يصلح طباشير المدرسة المضغوط لهذه التجربة لأنه يحتوي على شائبة الصودا (ملح الصوديوم) ولهذا يمكن أن يتلون لهب بلون برتقالي (يمكنك أن ترش في لهب حبات من ملح NaCl فتأكد عندئذ من أن أملاح الصوديوم تلونه بلون أصفر شديد) . والأفضل أن تجرى هذه التجربة على قطعة من الرغام مبللة بالحمض السابق ذكره .

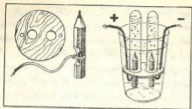
تحتاج التجربة التالية على الطباشير الى شمعته . ثبت هذه الشمعة على حامل لا يحترق ، ثم أدخل قطعة من الطباشير (أو الرغام أو قشرة البيض) في لهب ، فتتغلغل عندئذ بالسناج (هباب الفحم) مما يعنى أن درجة حرارة لهب صغيرة . ولكننا نرى حرق الطباشير ، ونلزمنا لذلك درجة حرارة تتراوح بين 700°C و 800°C . فما العمل ؟ يجب رفع درجة الحرارة بتوجيه الهواء الى داخل لهب .

ولهذا الغرض ، نخذ قنطرة (نفاطمة) ونزرع منها الطاقة المطاوية وضع بدلا منها انبوا من المطاط أو البلاستيك . انسخ في الانبوب وجهه الهواء الخارج من أنف القنطرة بحيث يسقط فوق خيط الشمعة داخل لهب فيتحرف لسان لهب باتجاه الهواء وترتفع درجة الحرارة عندئذ . وجه لسان لهب على زاوية حادة من قطعة الطباشير فتسخن هذه الزاوية كثيرا وينحول الطباشير فيها الى الكلس الحى CaO (أو الكلس المحروق) ويتطلق ثاني أكسيد الكربون .

اجر هذه العملية على عدة قطع من الطباشير والرغام وقشور البيض ثم اجمعها في زجاجة نظيفة . نخذ أكبر قطعة بينها وضعها على صحن صغير ثم نقط الماء على المكان الملتهب فتسمع صوتا كالتفحيع أو الأرز ويمتص الماء كله وتفتت القطعة الى مسحوق يدعى الكلس المطلق Ca(OH)_2 .

أضف كمية زائدة من الماء ونقط بضع نقاط من محلول الفينولفثالين فيصبح الماء في الصحن أحمر اللون مما يدل على أن الكلس المطلق يشكل محلولاً قلويًا .

وبعد أن تبرد القطع المحروقة وضعها في زجاجة واغمرها بالماء . سد الزجاجة وخص المحلول فلاحظ أن الماء يصبح عكرا . وأظنك حزت بأننا سنحصل الآن على ماء الكلس . اترك المحلول ليستقر فترة من الزمن ، ثم اسكب السائل الصافي في زجاجة نظيفة . نخذ قليلا منه في انبوب اختبار واجر معه التجارب المذكورة سابقا على الغازات . ويمكنك الاحتفاظ به لاجراء بعض التجارب السحرية » مثل تحويل «الماء» الى «حليب» وتحويل «الماء» الى «دم» .



وحاول ألا يصبح المحلول غامق اللون (ولا يجوز أن يكون شفافاً في الوقت نفسه) . أوصل الصفيحتين عن طريق سلكين كهربائيين بطاريتين مربوطتين على التسلسل ، أي «الموجب» مع «السالب» . لاحظ بعد مرور عدة دقائق كيف أن المحلول بين الصفيحتين يصفو تدريجياً وتتجمع في قعر الكأس حبيبات سوداء .

تدخل في تركيب الحجر حبيبات ملونة صغيرة جداً تكون معلقة في الماء . فعند مرور التيار الكهربائي تتجمع هذه الحبيبات وتلتصق مع بعضها البعض وتصبح ثقيلة ولا يعود بإمكانها البقاء سابحة في الماء فتسقط إلى قعر الكأس . وطبيعى أن يصبح المحلول أكثر صفاءً .

ولكن ما هو السبب في ظهور جسيمات على السطح ؟ الواقع أنه تنطلق غازات أثناء مرور التيار الكهربائي خلال المحاليل . ففى حالتنا هذه تنلقت فقاعات الغاز الجسيمات الصلبة وتحملها معها إلى السطح .

التحليل الكهربائي فى الكأس

ستعرض أكثر من مرة فى هذا الكتاب إلى التجارب على لكهرباء . وإليكم الآن أبسطها . وتكفى لإجرائها ثلاث أو أربع بطاريات (مركبات) كذلك التى تستعمل فى مصباح الجيب الكهربائى .

وكثيراً ما يحاول التلاميذ إجراء تجارب فى الكيمياء الكهربائية فى البيت ، ولكنها لا تنجح أحياناً لأسباب قد تكون بسيطة جداً . ومع ذلك ، فإذا اتعمت التعليمات التى ستزودكم بها ، فتأكدوا بأن التجربة ستنتج حتماً .

ولنبداً بتجربة بسيطة جداً ولكنها مفيدة ومعبرة . وهى تحتاج إلى مادة واحدة فقط وهى الحجر ، ومع ذلك فلا بد من صرف جهد قليل لت تركيب الجهاز اللازم فيها .

خذ صفيحتين معدنيتين من النحاس أو الحديد أو الألومنيوم طول كل منهما ٨ - ١٠ سم وعرضها ١ - ٢ سم ، واتقب فى كل منهما تقباً لثبيت السلك الكهربائى . حضر قطعتين من

الخشب أو البلاستيك سمك

كل منهما عدة ميلترات

والصفيحتما . على الصفيحتين

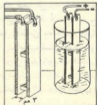
لجعلهما متوازيتين ولا تمس

أحدهما الأخرى .

ضع الصفيحتين فى

كأس زجاجى مملوء بالماء .

نقط عدة نقاط من الحجر



وفي التجربة التالية سنأخذ كأساً زجاجياً ذا جدار سميك وقاعدته أصغر من فوخته ، ونستعمله كحمام الكتروليتي . حضر قطعة دائرية من الخشب المضغوط واجعل قطرها مساوياً لقطر الكأس في مكان يرتفع عن قعر الكأس مسافة ثلاثة أو أربعة سنتيمترات ، ويجب أن تلتصق جيداً بجدار الكأس في هذا المكان . اثقب في هذه القطعة بواسطة المثقب ثقبين واسعين واتقب في جوارها بواسطة المخرز ثقبين ضيقين أيضاً . أدخل في الثقبين الواسعين قلمي رصاص طول كل منهما ٥-٦ سم ولهما نهاية حادة وسيفرمان هنا يدور الالكترودين . انزع الخشب من النهاية الأخرى في كل قلم ولف على الغرافيت النهاية المفتوحة من السلك الكهربائي ثم اعزلها جيداً بشرط عزل ولكي يكون العزل جيداً يفضل أن يغطي مكان الوصل بقطعة من اتيوب مطاوي . والآن أصبحت جميع قطع الجهاز جاهزة ولم يبق سوى جمعها ، أي وضع القطعة الخشبية مع الالكترودين داخل الكأس .

ضع الكأس على صحن ثم اسكب فيه (أي في الكأس طبعاً) حتى أعلاه تقريباً محلولاً من كربونات الصوديوم (حضر هذا المحلول بإذابة ملعقتين أو ثلاث ملاعق شاي من الكربونات في كأس من الماء) . املاً اتيوبي اختباراً بالمحلول نفسه . اغلق فوهة أحد الايوبين بالابهام ثم اقلبه رأساً على عقب واهمره في الماء بحيث لن تمر الى داخله فقاعة هواء وضعه فوق قلم لرقاص . كرر العملية نفسها مع الايوب الثاني .

خذ ثلاث بطاريات واربطها على التسلسل ، أي القطب الموجب في احديها مع القطب السالب للأخرى وهكذا ، ثم

اربط السلكين الآيين من القلمين بالبطاريتين الاخيرتين . وعندما تبدأ حادثة التحليل الكهربائي في المحلول : اذ توجه ايونات الهيدروجين H^+ المشحونة بشحنة موجبة الى الكاثود (المهبط) فتضم اليها هناك الالكترود وتتحول الى غاز الهيدروجين . وعندما يمتلئ* الايوب الذي يغطي القلم المتصل بالقطب السالب بالهيدروجين يمكن سحبه من الكأس واشعال الغاز فيه وهو مقلوباً ، فيشتعل بصوت مميز . وينطلق الأكسجين عند الالكترود الموجب أي الأنود (المصعد) . اغلق فوهة الايوب المملوء به باصبعك وهو تحت الماء ثم اسحبه من الكأس واقلبه . أدخل فيه عوداً محترقاً فيشتعل فوراً .

وهكذا نكون قد حصلنا من الماء H_2O على الهيدروجين H_2 والأكسجين O_2 . فلماذا إذن الصودا ؟ انها ضرورية لتسريع التجربة . فالماء النقي ينقل التيار الكهربائي بشكل سيئ جداً ، ويجري التفاعل الكيميائي الكهربائي فيه ببطء . يمكن بواسطة هذا الجهاز اجراء تجربة أخرى وهي التحليل الكهربائي لمحلول مشبع من ملح الطعام $NaCl$. ففي هذه الحالة يمتلئ* أحد الايوبين بغاز الهيدروجين عديم اللون ويتجمع في الايوب الآخر غاز ذو لون أخضر مصفر هو الكلور الذي يتكون من ملح الطعام . فالكلور يتحلل عن شحنته بسهولة وينطلق على الأنود .

اغلق باصبعك فوهة الايوب الحاوي على الكلور مع قليل من محلول الملح وهو تحت الماء ، ثم اقلبه وخضه دون أن تتزع اصبعك من فوخته ، فيتكون في الايوب محلول الكلور أي ماء الكلور . ولهذا الماء قعل قاصر شديد . والدليل على

ذلك هو أن محلول الحبر المخفف يزول لونه بإضافة هذا الماء إليه .

تتكون أثناء التحليل الكهربائي لملاح الطعام مادة أخرى هي هيدروكسيد الصوديوم . وتبقى هذه المادة القلوية في المحلول ، ويمكن التأكد من ذلك بتقطيع عدة نقاط من محلول الفينولفثالين أو دليل آخر بالقرب من الألكتروليت السالب .

وهكذا نكون قد حصلنا في تجربة واحدة على الهيدروجين والكولور وهيدروكسيد الصوديوم . ولهذا السبب يطبق التحليل الكهربائي لملاح الطعام على نطاق واسع في الصناعة .

ويمكننا بواسطة التيار الكهربائي ومحلول مشبع من ملح الطعام أن نجري تجربة متعة أخرى نحاول فيها أن نثقب الحديد بقلم رصاص عادي .

حضر في صحن صغير محلولاً مشبعاً من ملح الطعام . اربط شفرة حلاقة بسلك مع القطب الموجب للبطارية مصباح الجيب (تقوم الشفرة بدور الأنود) . اقطع الغرافيت من النهاية الحادة بقلم الرصاص . وحاول بالأبرة أن تصنع تجويفاً في هذه النهاية كما لا يظهر الغرافيت من تحت الخشب . اصنع بالسكين حزا يصل حتى الغرافيت ويقع على بعد 2-3 سم من نهاية القلم . لف على الغرافيت النهاية المفتوحة من سلك كهربائي ثم اعزلها جيداً بشرط عازل واربط النهاية الأخرى لسلك بالقطب السالب للبطارية (يقوم قلم الرصاص بدور الكاثود) .

ضع الشفرة في الصحن الحاوي على المحلول واجعل القلم يلمسها فتلاحظ كيف أن فقاعات الهيدروجين تبدأ بالانطلاق

حول القلم وسيتبدأ الشفرة بالدوبان لأن ذرات الحديد تكسب شحنة كهربائية وتتحول إلى أيونات تنتقل إلى المحلول . وهكذا يتكون ثقب في الشفرة بعد عشر دقائق أو خمس عشرة دقيقة . ويتكون بسرعة أكثر إذا كانت البطارية جديدة والشفرة رقيقة (0.08 ملم) . ونشير إلى أن الثقب يظهر في صفائح الألومنيوم الرقيقة خلال ثوان معدودات .

وإذا أردت ثقب صفيحة معدنية رقيقة بالقلم في مكان معين ، فمن الأفضل أن تدعها مسبقاً وتترك مكان الثقب ؟ أشرنا أثناء التحضير لتجربة إلى ضرورة صنع تجويف في الغرافيت . والهدف من ذلك هو منع الغرافيت من أن يمس المعدن ولا انغلفت السلسلة فوراً وتوقف مرور التيار ولن يحدث التحليل الكهربائي .

ويمكن إجراء الثقب بالقلم دون الاستعانة بحمام الكتروليتي (وهو الصحن الصغير في حالتنا هذه) . ولهذا الغرض ضع الصفيحة - الأنود على لوحة أو صحن وقطع عليها ثقلة من الماء . بلل القلم الموصول بالبطارية بالملح واضرب نهايته الحادة بقطعة الماء . اسح نواتج التحليل الكهربائي بقطعة قماش من وقت لآخر وقطع ثقلة جديدة . وبتكرار هذه العملية يمكن دون جهد يذكر ثقب الصفيحة المعدنية . وبالمناسبة يمكن بهذه الطريقة صنع ثقب في سكين مقطوعة بغية تثبيت يد خشبية عليها .

وطبيعي أن بطارية واحدة لا تكفي لثقب معدن يزيد لخته عن المليمتر وهنا يحتاج الأمر إلى عدة بطاريات أو الاستعانة بمحلول مخفف مع مقوم كذلك الذي يستعمل في لعبة الخط الحديدى

للأطفال أو في الجهاز المخصص للكتابة أو الرسم على الخشب بالحرق . وبهما كان مصدر التيار المستعمل وطريقة التحليل الكهربائي المتبعة ، فإنه يجب تغيير محلول الالكتروليت عدة مرات وتنظيف التجويف جيدا بمخز أو مسمار .

التصدير والرصاص

ليست التجارب على المعادن ملائمة جدا لأنها تحتاج الى أجهزة معقدة ، ولكن البعض منها يمكن اجراؤه في البيت . ولتبدأ من التصدير . تفاع في المخازن أحيانا قضبان من فاز التصدير مخصصة للحام . عند قضيبا منها وحاول أن تثنيه بيدك فتسمع قرعقة واضحة .

والواقع أن للتصدير بنية بلورية معينة تجعل بلوراته تحثك ببعضها البعض أثناء تثنيه وتعطي هذا الصوت . وبالمناسبة استفاد من هذه الظاهرة لتبني التصدير النقي عن سبائكته التي لا تعطي أي صوت عند تثنيها .

والآن سنحاول الحصول على التصدير من علب الكونسروة (علبة المحفوظات) الفارغة لأن معظم هذه العلب مطلي من داخله بطبقة من التصدير تحمي الحديد من التأكسد وتحول دون تلف المواد الغذائية داخل العلبه . وبالإمكان استخلاص هذه التصدير ثم استعماله مرة ثانية .

يجب ، قبل كل شيء ، تنظيف العلبه جيدا . والغسل العادي ليس كافيا في معظم الحالات ولهذا يصب في العلبه محلول مركز من صودا الغسيل وتوضع على النار ليغلي المحلول فيها مدة نصف ساعة . يسكب المحلول بعد ذلك من العلبه

وتغسل ثلاث مرات بالماء . والآن يمكن اعتبارها نظيفة .

نحتاج هنا الى بطاريتين أو ثلاث بطاريات (كبطاريات مصباح الجيب الكهربائي) مربوطة على التسلسل . ويمكن ، كما أشرنا أعلاه ، استعمال مقوم مع محول أو بطارية تبلغ استطاعتها ٩-١٢ فولط . وبهما كان مصدر التيار المستعمل فإنه يجب أن يربط قطبه الموجب بالعلبة (يجب أن يكون التماس جيدا ، والأفضل أن تثقب العلبه في أعلاها ويربط السلك بالثقب ربطا جيدا) . اربط القطب السالب بقطعة حديد ، ولكن مثلا مسامرا كبيرا منظفا حتى المعان . ضع الالكترود الحديدي داخل العلبه وعلقه (بالطريقة التي تناسبك) بشرط ألا يمس جدار العلبه وقعرها . اسكب في العلبه محلولاً قلويا كمحلول هيدروكسيد الصوديوم (يجب التعامل به بحذر) أو محلول صودا الغسيل . والأفضل أن يستعمل المحلول الأول ولكنه يتطلب حذرا ودقة بالغة أثناء العمل .

وبما أن المحلول القلوي سيكون ضروريا أكثر من مرة في التجارب القادمة لذا سنذكر هنا طريقة تحضيره : أضف صودا الغسيل Na_2CO_3 الى محلول الكلس المطفأ Ca(OH)_2 ثم اخل المزيج . فيتكون نتيجة التفاعل هيدروكسيد الصوديوم NaOH وكربونات الكالسيوم أي طباشير لا يذوب عمليا في الماء . ويكفي الآن أن يرشح المحلول بعد تبريده حتى تبقى فيه المادة القلوية فقط .

ولتعد الآن الى تجربة علبه الكونسروة .

سرعان ما تبدأ فقاعات الغاز بالانطلاق عند الالكترود الحديدي ويبدأ التصدير بالانفصال من علبه الكونسروة والتحول

تدرجيا الى المحلول . ولكن ما العمل اذا أردنا الحصول على فلز القصدير نفسه وليس على محلول منه ؟ اسحب الالكترود الحديدى من المحلول واستبدله بالكتروود من الفحم يمكن سحبه من بطارية قديمة . اربط هذا الالكترود بالقطب السالب لمصدر التيار فى التجربة . وعند بدء التحليل الكهربائى يبدأ القصدير الاسفنجى بالتوضع على هذا الالكترود ، ويتم ذلك بسرعة اذا كان جهد التيار مناسباً . وقد يحصل أحيانا أن تكون كمية القصدير المستخلص من علية واحدة قليلة . عندئذ عدل علة أخرى وقصها بنقص خاص الى قطع صغيرة وضع هذه القطع داخل العلية الأولى الحاوية على الالكتروليت وانتبه الى أن قطع القصدير يجب ألا تمس الالكترود القمعى .

يمكن إعادة صهر القصدير المتجمع على الالكترود . ولهذا ، اقطع التيار واسحب الالكترود القمعى الحاوى على القصدير الاسفنجى وضعه فى كأس من الخزف أو فى علية معدنية نظيفة فوق النار فتلاحظ بعد فترة قصيرة أن القصدير ينصهر مكونا سبيكة متراصة .

يمكن ابقاء قسم من القصدير الاسفنجى دون صهر والاحتفاظ به لتجارب أخرى . وإذا أذيب هذا القصدير فى حمض الهيدروكلوريك (تؤخذ قطع صغيرة منه ويسخن المزيج بملطف) حصلنا على محلول من كلوريد القصديو . حضر محلولاً كهذا تركيزه حوالى ٧ ٪ وأضف اليه ، مع التحريك ، محلولاً فلويا تركيزه أكبر بقايل ويبلغ حوالى ١٠ ٪ ، فيترسب فى البداية راسب أبيض سرعان ما يذوب فى فائض من الفلوى . وتكون هنا قد حصلنا على محلول من قصديريت الصوديوم وهو الذى

تشكل فى البداية عندما قمت بإذابة القصدير من العلية . وإذا كان الأمر كذلك ، فإن القسم الأول من التجربة (وهو تحويل الفلز من العلية الى المحلول) يمكن الاستغناء عنه والشروع مباشرة بتطبيق القسم الثانى وهو ترسب الفلز على الالكترود . وهذا يدور لك وقتاً كثيراً عندما تريد الحصول على كمية أكبر من القصدير .

والرصاص أسهل انصهاراً من القصدير . ولتأكد من ذلك عدل بوتقة صغيرة وضع فيها عدة حبات من الخردق وسخنها على اللهب . وعندما ينصهر الرصاص ، امسك البوتقة بملقط خشبى واسحبها من فوق النار . اسكب صهارة الرصاص فى قالب من الجص أو المعدن أو فى حفرة على الرمل فتكون قد حصلت على صبة من الرصاص . وإذا كلست الرصاص المصهور فى الهواء تكونت على سطحه بعد عدة ساعات طبقة حمراء من أكسيد الرصاص تسمى بالليثارج وكانت تستعمل سابقاً فى تحضير الدهانات .

والرصاص ، كفلزات أخرى كثيرة ، يتفاعل مع الأحماض مزيجاً منها الهيدروجين . وهو لا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) المركز ، ولكنه يذوب ، وإن كان ببطء ، فى حمض ضعيف كحمض الخليك مثلاً .

ويعىزى هذا التفاعل الى أن تفاعل الرصاص مع حمض الهيدروكلوريك يودى الى تشكل كلوريد الرصاص $PbCl_2$ وهو صعب الذوبان ويغطي سطح الرصاص بطبقة ، تحول دون استمرار التفاعل فيما بعد . ولكن أسيتات (خلات) الرصاص $Pb(CH_3COO)_2$ التى تتكون أثناء تفاعل الرصاص مع حمض الخليك تذيب جيداً فى المحلول ولا تعيق التفاعل أبداً .

الألومنيوم والكروم والنيكل

تسجى في البداية تجربتين بسيطتين على الألومنيوم .
 وتستخدم فيها قطع من ملعقة ألومنيوم مكسورة . ضع قطعة
 من هذه القطع في أنبوب اختبار يحوى حمضاً ماء ، وليكن
 حمض الهيدروكلوريك مثلاً ، فبدأ الألومنيوم فوراً في الذوبان
 مزيجاً الهيدروجين من الحمض ، ويتكون عندئذ ملح الألومنيوم
 $AlCl_3$. ضع قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول مركز لمادة
 قلوية ولكن الصودا الكاوية (كن حذراً أثناء التعامل بها) ،
 فتلاحظ أن المعدن يبدأ بالذوبان أيضاً ، وينطلق الهيدروجين ،
 ولكن يتكون هنا ملح آخر هو ألومينات الصوديوم $NaAlO_2$.

ويظهر كل من أكسيد الألومنيوم وهيدروكسيد الألومنيوم
 خواص قاعدية وحمضية في آن واحد ، أى أنها يتفاعلان مع
 الأحماض والقلويات ولهذا يقال بأنهما أمفوتريان (مذبذبان) .
 وبالمناسبة ، فإن مركبات القصدير هي مركبات مذبذبة أيضاً ،
 ويمكنك التأكد من ذلك بنفسك طالما أنك قد حصلت على
 القصدير من علب الكونسرو .

وشمة قاعدة تنص على أن الفلز يتأكسد بسرعة أكبر كلما
 كان أكثر نشاطاً . فالصوديوم ، مثلاً ، لا يجوز أبدا تركه
 معرضاً للهواء ، بل يجب حفظه في الكيروسين . ولكن تعرف
 حقيقة أخرى أيضاً ، وهي أن الألومنيوم أنشط بكثير من
 الحديد ، مثلاً ، ولكن الحديد يصدأ بسرعة بينما لا يتأثر
 الألومنيوم مهما تركته في الهواء أو الماء . فهل هذه حالة
 استثنائية من القاعدة العامة ؟

لنجر التجربة التالية : ضع قطعة من سلك من الألومنيوم

فوق لهب مصباح غازى وثبتها في وضع مائل بحيث يسخن
 الجزء الأسفل من السلك . ونحن نعرف أن الألومنيوم ينصهر
 في الدرجة ٦٦٠ م . فبدلاً من أن ينصهر هنا ويتساقط على
 المصباح نلاحظ أن الجزء المسخن من السلك يتقوس فجأة .
 وإذا أمعنا النظر فيه شاهدنا غطاءً رقيقاً يوجد داخله الفلز المصهور .
 وهذا الغطاء ما هو الا أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 ، وهو مادة
 متينة وقوية جداً للحرارة .

والأكسيد يغطي سطح الألومنيوم بطبقة رقيقة ومتراصة ولا
 يترك له مجالاً للتأكسد فيما بعد . وهذه الخاصة يستفاد منها
 في الصناعة : إذ يغطي المعدن بطبقة رقيقة من الألومنيوم
 فيغطي الألومنيوم بالأكسيد الذي يحوى المعدن من التآكل
 والصدأ .

وتسجى تجربة مع فلزين آخرين هما الكروم والنيكل .
 فبالرغم من أنهما يقعان بعيداً عن بعضهما البعض في الجدول
 الدوري ، الا أنه يوجد سبب يجعلنا ندرسهما معاً : فالكروم
 والنيكل يستعملان لتغطية وطلاء السلع المعدنية بغية منعها من
 الصدأ وإعطائها لمعاناً جميلاً . ولكن كيف يمكن التمييز بين
 هذين الفلزين ؟

فلنحاول إجراء التحليل التالي : اقطع قطعة طلاء من مادة
 قديمة واتركها في الهواء عدة أيام حتى تتغشى بطبقة من الأكسيد
 ثم ضعها في أنبوب يحوى حمض الهيدروكلوريك المركز
 (انتبه حتى لا يسقط الحمض على اليدين أو الثياب) . فإذا
 كان الطلاء من النيكل بدأ فوراً بالذوبان في الحمض مكوناً
 الملح $NiCl_2$ ، وينطلق الهيدروجين عندئذ . أما إذا كان الطلاء

من الكروم فلن يطرأ أى تغير فى البداية ولكن يبدأ القلزم بعد فترة بالنديان فى الحمض مكونا كلوريد الكروم $CrCl_3$. اسحب قطعة الطلاء من الحمض بملقط معدنى واغسلها بالماء ثم اتركها لتجف فى الهواء . وبعد يومين أو ثلاثة أيام يمكن ملاحظة التعل نفسه . وتعليل ذلك هو أنه تتكون على سطح الكروم طبقة رقيقة جدا من الأكسيد تحول دون تفاعل الحمض مع القلزم ، ومع أن هذه الطبقة تذيب فى الحمض الا أن ذوبانها يكون بطيئا فيه . ويعود الكروم ويتعل فى الهواء بطبقة من لأكسيد أيضا . أما النيكل ، فليست لديه طبقة واقية كهذه .

تجارب على سلك نحاس

نخصص للنحاس بنانا متفرقا لأن التجارب عليه عديدة ومتنوعة . اصنع من سلك نحاسي لولبا صغيرا وثبته على حامل خشبي (يمكن لفة على قلم رصاص وترك نهايته الحرة بطول كاف) . سخن اللولب على النار فيغطي سطحه بطبقة سوداء من أكسيد النحاس CuO . وإذا غمرت السلك المسود فى حمض الهيدروكلوريك المخفف تالين السائل بلون أزرق وأصبح سطح المعدن من جديد أحمر ولهاذا . والحمض ، اذا لم يكن ساخنا ، لن يؤثر على النحاس ، ولكنه يذيب أكسيده محولا اياه الى الملح $CrCl_3$. والسؤال هنا هو أنه اذا كان أكسيد النحاس أسود ، فلماذا

تغطي الأدوات والسلع النحاسية والبرونزية القديمة بطبقة خضراء وليست سوداء ، وما هي هذه الطبقة ؟ حاول أن تحصل على سلعة نحاسية قديمة (كشمعدان أو صحن أو قطعة نفود) . انشط من على سطحها قليلا من الطبقة الخضراء وضعه فى انبوب اختبار . اخلق فوطة الاينوب بسداة مزودة بانيوب لتصريف الغاز واغمس نهاية الاينوب الأخرى فى ماء الكلس (تعلم الآن كيف تحضره) . سخن الاينوب ، فظهور على جدرانها قطرات من الماء ، وتتعلق من الاينوب فقاعات من غاز يهكر ماء الكلس . فهو اذن ثاني أكسيد الكربون . ويبقى فى الاينوب مسحوق أسود يعطى عند ذوبانه فى الحمض محلولا أزرق اللون . وأظنك حزرت الآن بأن هذا المسحوق هو أكسيد النحاس .

وهكذا نكون قد تعرفنا على نواتج تفكك الطبقة الخضراء وبقي أن نكتب صيغتها وهي كما يلي : $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ (كربونات النحاس القاعدية) وهي تتكون على سطح القطع والأدوات النحاسية نظرا لأن الهواء يحتوى دوما على أبخرة الماء وثاني أكسيد الكربون .

ويصادف هذا الملح فى الطبيعة أيضا وهو المعدن المشهور باسم المالاخيت .

سنعود مرة أخرى الى الحديث عن هذه الطبقة الخضراء وعن المالاخيت فى فصل آخر . أما الآن ، فستوجه اهتمامنا الى السلك النحاسي المسود . أفلا يجوز أن يعاد اليه لمعانه السابق دون الاستعانة بالحمض ؟

صب فى انبوب اختبار هيدروكسيد الأمونيوم . سخن السلك

التحاسى حتى الاحمرار ثم اغسسه فى المحلول السابق فتحدث فرقة ويصبح السلك أحمر ولما عا . وهنا يحدث فى لحظة واحدة تفاعل يؤدى الى تشكل التحاسى والماء والتروجين (الأوت) . وعندما تعاد التجربة عدة مرات يتلون هيدروكسيد الأمونيوم الموجود فى الأنبوب بلون أزرق . وفى الوقت نفسه يحدث تفاعل آخر يدعى تفاعل تشكل المعقد ، أى يتكون المعقد التحاسى ذاته الذى ساعدنا سابقا على الكشف عن الشادر من اللون الأزرق لمزيج التفاعل .

ونشير ، بالمناسبة ، الى أن قدرة مركبات التحاسى على التفاعل مع هيدروكسيد الأمونيوم كانت معروفة منذ زمن بعيد وحتى قبل ظهور علم الكيمياء . فقد كانت الأدوات التحاسية والبروزية تنظف بمحلول الشادر . ولا تزال ربات البيوت تستعمل هذه الطريقة حتى الآن . ولتحسين الفعل التنظيفى تضاف الى المحلول قطع من الطباشير تزيد الأوساخ بالاحتكاك وتمتصها من المحلول .

وليكم التجربة التالية : ضع فى انبوت اختيار قليلا من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الذى يستعمل أثناء اللحام . اجعل اللولب التحاسى المتوهج يلمس طبقة المادة التى تغطى قعر الأنبوب ، فتحدث فرقة ويتشدر دخان أبيض ناجم عن تطاير جسيمات كلوريد الأمونيوم ويعود اللولب الى لمعانه التحاسى الأصل . وتتكون نتيجة التفاعل الحادث هنا التواتج نفسها التى تكونت فى التجربة السابقة بالإضافة الى كلوريد التحاسى $CaCl_2$. وبالنظر الى هذه الخاصة بالذات ، أى اختزال فلز التحاسى من الأكسيد ، يستعمل كلوريد الأمونيوم فى عملية اللحام .

فكأوية اللحام تصنع عادة من التحاسى الذى ينقل الحرارة جيدا . وعندما يتأكسد طرف الكأوية الحاد يفقد التحاسى قدرته على التمسك بسيكة القصدير ولكن إضافة قليل من كلوريد الأمونيوم تجعل الأكسيد ينفخى فورا .

ونتهى تجاربنا على السلك التحاسى بالتجربة التالية : اسكب فى انبوت اختيار قليلا من الكولونيا (الأفضل منها الكحول النقى) واغسس فيها سلك التحاسى المتوهج . وأظن أن نتيجة التجربة واضحة الآن بالنسبة لك : فالسلك قد تحرر تماما من طبقة الأكسيد . وهنا يحدث تفاعل عضوى معقد : إذ يختزل التحاسى ويتأكسد الكحول الاثليل الموجود فى الكولونيا متحولا الى مادة تدعى الأسيتالدهيد . وهذا التفاعل لا يستعمل أبدا فى البيوت ، ولكنه يطبق أحيانا فى المخابر عندما يراد الحصول على الألدهيد من الكحول .

وبهذا تكون قد أنهينا التجارب الأولية التمهيدية . والآن وبعد أن تعودتم على التجارب الكيميائية فقد حان الوقت لقيام بتجارب أكثر جدية وإذا كنت تجرى التجارب فى البيت ، فلا شك بأنك أصبحت تفتنى بعض الأدوات والأدوات والكواشف الضرورية وعليه ، دعنا نلقى نظرة داخل خزانة المطبخ .

لننظر داخل خزانة المطبخ

ما أن بدأ الانسان يحضر غذاءه حتى أصبح ، دون لرادته ، كيميائيا . ففى الأواني النحاسية والبراميل الخشبية وفى الطناجر وعلى المقلاة تجرى عمليات كيميائية وكيميائية حيوية معقدة . ولم تكن هذه العمليات واضحة ومع ذلك فقد استمر الناس يطبخون ويسلقون ويصنعون مختلف المخلاتات والموالج وغيرها . ولكن الكثير من هذه العمليات أصبح مدرسا فى الوقت الحاضر ، ويمكننا اجراء البعض منها (البسيطة طبعا) فى مطبخ المنزل . وتمتاز تجارب هذا الفصل بأن المواد الضرورية لاجرائها موجودة فى خزانة المطبخ أو التلاجة (البراد) أو يمكن شراؤها فى مخزن بيع المواد الغذائية . وستحتاج فى هذه التجارب الى كميات قليلة من المواد ولكن اذا صدف واشترت كمية من هذه المادة أو تلك أكبر من الكمية اللازمة للتجربة ، فلا تطلق لذلك ، فالكمية الباقية ستستفيد منها دائما فى مجالات أخرى وإن تضيق سدى .

ان أهم مادة فى الطعام هى البروتين . فالبروتين أساس كل شىء حى وهو « مادة البناء » لكل جسم حى ويقوم آلاف الباحثين فى مختلف أنحاء العالم حاليا بدراسة البروتين وخواصه . ولا أظن أننا سنكتشف أشياء جديدة فى تجاربنا المقبلة ولكن المهم أن نبدأ .

التجربة الأولى هى تفاعل نوعى للبروتين ، أى تفاعل يسمح بالتأكد على أن المادة الموجودة أمامنا هى بروتين أم لا . وثمة عدة تفاعلات من هذا النوع . وستختار واحدا منها يحتاج الى محلول من صودا الفسيل (أو الصودا الكاوية) ومحلول كبريتات النحاس المائية .

حضر عدة محاليل تفترض أنها تحتوى على البروتين ولكن مثلا مرق اللحم أو السمك (يفضل أن يرشح خلال قطعة من الشاش) أو الخضار أو القطور أو غيرها . اسكب هذه المحاليل فى أنابيب اختبار بحيث تملأها حتى منتصفها تقريبا ثم أضف اليها قليلا من محلول مادة قلووية هى صودا الفسيل أو الصودا الكاوية (يفضل غلى محلول الصودا وتركه ليستقر ويبرد فترة من الزمن) وأخيرا أضف محلول كبريتات النحاس الأزرق . ففى حال وجود البروتين فى المرق يتحول اللون فورا الى لون بنفسجى . ويقال عن مثل هذه التفاعلات بأنها تفاعلات مميزة لأنها لا تحدث الا عندما يوجد البروتين فعلا فى المحلول . والمقارنة يمكن اجراء تجربة مماثلة على عصير الليمون أو البرتقال أو على ماء معدنى أيضا .

والكل يعلم أن البروتين يتجمد أو يتخثر أثناء التسخين ويتحول الى شكل لا يذوب فى الماء . فالبيضة النيئة مثلا تصبح جامدة عند تسخينها . وتسمى هذه الظاهرة فى لغة الكيمياء بسخ البروتين . وكل ربة بيت تعرف أنه لتحضير مرق طيب من اللحم يجب وضع قطع اللحم أولا فى ماء بارد

ثم تغليته لمدة طويلة ، أما إذا أريدت سلق اللحم فقط فنضع قطع اللحم الكبيرة في الماء الغالي مباشرة . فهل لهذا التصرف تعليل كيميائي ؟ سنحاول بحث ذلك .

اسكب ماء باردا في انبوب اختبار وضع فيه قليلا من اللحم المفروم النيء ثم سخن محتويات الانبوب . لاحظ أنه يتكون أثناء التسخين (وبكمية كبيرة) غشاء يطفو على السطح ويجب سحبه من وقت لأخر كي لا يفسد طعم المرق وشكله . وهو عبارة عن بروتين متخثر . وعند متابعة التسخين تنتقل لثديجيا المواد النوية في الماء من اللحم الى المحلول ، وتسمى هذه المواد بالمستخلصات لأنها تستخلص من اللحم عن طريق الماء الغالي . وهذه المواد هي التي تغطي المرق طعمه الخاص به . ويسوء طعم اللحم الذي يخلو من هذه المواد .

والآن اغل الماء سلفا في انبوب آخر ثم ضع فيه اللحم النيء . فما أن يلمس اللحم الماء حتى يتغير لونه فورا ولن يظهر على السطح سوى قليل من الغشاء . فالبروتين الذي كان موجودا على سطح اللحم يتخثر بفعل الحرارة العالية ويسد المسامات الكثيرة الواقعة عليه ولن يعد بإمكان المواد المستخلصة ، بما في ذلك البروتين ، الانتقال الى المحلول . اذن ، فهي ستبقى داخل اللحم ، وسيصبح المرق هنا أسوأ منه في الحالة الأولى . والبروتين لا يسخن ولا يتخثر أثناء التسخين فقط . وللتأكد من ذلك ، اسكب في أنبوب اختبار قليلا من الحليب الطازج ونظف فيه نقطتين من الخل أو محلول حمض الليمون فيتخثر الحليب فورا ، أو بعبارة أدق يتخثر البروتين الموجود فيه . ونشير هنا الى أن هذا التفاعل لا يدمره عند تحضير القريشة (اللبنه) ،

وليس صدفة أن تكون القريشة مغذية ومفيدة لأن البروتين الموجود في الحليب ينتقل كله تقريبا اليها .

وعندما يوضع الحليب في مكان دافئ يتخثر البروتين الموجود فيه أيضا . ويعود ذلك الى سبب آخر يختلف عن السبب السابق وهو أن البكتريا هي التي تقوم بذلك فعندها كبير جدا وجميعها يفرز حمض اللكتيك (حمض اللبن) حتى ولو كانت لا تغذى بالحليب . رشح قليلا من الحليب المخثر وأضف الى الخثارة بضع نقاط من دليل ما صنعته بنفسك . عندئذ سيدل الدليل على أن المحلول سيحتوي على حمض ما هو الا حمض اللكتيك الذي يمكن اكتشافه في المحلول الملحي للمخضلات . والى جانب الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين يدخل في تركيب بعض الجزيئات البروتينية الكبريت أيضا . ويمكننا التأكد من ذلك تجريبيا : ضع قليلا من بياض البيض في أنبوب يحتوي على محلول الصودا الكاوية أو صودا الغسيل . وبعد التسخين أضف الى المزيج قليلا من محلول أسينات (خلات) الصوديوم القاعدية $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$. فاذا اسودت محتويات الانبوب دل ذلك على وجود الكبريت فيه . ويعود السبب الى تشكل كبريتيد الرصاص PbS ، وهو مادة سوداء اللون .

وأخيرا سنقوم بتحضير صمغ بروتيني حقيقي ، وهو صمغ الكازئين (الكاسين) الذي لا يزال يستعمل حتى الآن بالرغم من توفر أنواع كثيرة جدا من الصمغ الاصطناعي . والكازئين هو المادة الاساسية في القريشة ، وعاليه ، فستحضر الصمغ من الحليب أو ، بعبارة أدق ، من المواد البروتينية الموجودة فيه : افصل الخثارة من اللبن الزائب بالترشيح . واغسل ما تبقى

على ورقة الترشيح عدة مرات بالماء لفصل الشوائب العالقة عليه وإزكته ليجف . وبعد ذلك اغسل الكتلة الناتجة بالبنزين ثم جففها مرة أخرى . والغرض من ذلك هو التخلص من دسم الحليب (ينوب هذا الدسم في البنزين) . وبعد أن تجف الكتلة تماما استحقها في الهاون فتحصل بذلك على مسحوق الكازئين .

ولا يبقى لصنع الصمغ منه سوى أن يخلط هذا المسحوق مع هيدروكسيد النشادر والماء بنسبة ١:١:٣ . وطبيعي أنك ستزرب الآن في اختيار فعالية هذا الصمغ . اذن حاول أن تلتصق به قطعاً خشبية أو من الخرف ، فهو يصلح جيدا لهذه المواد .

تجارب على الكربوهيدرات

تشكل الكربوهيدرات مع البروتينات والمواد السامة القواعد الأساسية التي يقوم عليها غذاء الانسان . فالغلوكوز والفركتوز والنشاء وعشرات الكربوهيدرات الأخرى تتكون باستمرار وده تحترق (تتأكسد) في الخلايا النباتية والحيوانية وتقوم بتسوية الجسم بما يلزمه من الطاقة .

وبالرغم من تباين الكربوهيدرات ، الا أن لها خواص مشتركة تساعد على اكتشافها حتى ولو كانت بكميات قليلة جدا . ويعتبر تفاعل موليش اللوني طريقة مضمونة لكشف عنها .

اسكب في انبوب اختبار ١ سم^٣ من الماء وارم فيها عدة حبات من السكر وثقفة من ورقة ترشيح (سليولوز) . والآن أضف نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول كحول لريزورسين

أو التيمول (تباع هاتان المادتان في الصيدلية) . أمل الانبوب قليلا واسكب على جداره بحدود ١ - ٢ سم^٣ من حمض الكبريتيك المركز . (كن حذرا أثناء التعامل بهذا الحمض واتبه كئي لا يسقط على الجسم أو اللباس) . ثبت الانبوب في وضع شاقول ولا حظ كيف أن الحمض الثقيل يفوح الى القعر وتظهر على الحد الفاصل بينه وبين الماء حلقة جميلة واضحة لونها أحمر أو وردي أو بنفسجي .

وإذا أعطت مادة مجهولة التركيب هذه الحلقة في تفاعل موليش أمكن القول بأنها حتما من الكربوهيدرات . ولكن لا تنس أن هذا التفاعل حساس جدا وأن وجود أية حبة أو شعرة مهما كانت صغيرة على جدار الانبوب قد تسبب الفعل ذاته . ولهذا يجب غسل الانبوب جيدا وشطفه بالماء المقطر قبل اجراء الكشف .

والآن ، وبعد أن اتقنت طريقة التعرف على الكربوهيدرات تنتقل الى النشاء الذي يعتبر من أشهر الكربوهيدرات . وفي البداية مستعلم كيف يحضر النشاء المطبوخ أي المحلول الغرواني للنشاء في الماء . اسكب في طنجرة صغيرة قليلا من الماء البارد وأضف اليها النشاء بمعدل ملعقتين صغيرتين لكل كأس ماء (مع الأخذ بعين الاعتبار الماء الذي ستضيفه فيما بعد) . اخطف المزيج جيدا فتحصل على ما يسمى بحليب النشاء . أضف اليه أثناء تحريكه ماء غالبا وتابع التحريك ثم سخنه على النار حتى يصبح المحلول شفافا . اتركه ليبرد فتحصل على النشاء المطبوخ الذي يعتبر مادة لاصقة جيدة لاورق .

ذكرنا سابقا أن النشاء يزرق في وجود اليود الحر . وسنستفيد

من هذه الخاصة فيما بعد ولكن انتبه الى أن محلول اليود يجب أن يكون ضعيفا جدا . وبالمناسبة يمكن الاستفادة من هذا المحلول في الكشف عن النشاء في مختلف المواد الغذائية . وبعد أن نحضر أنبوب اختبار يحوى محلولاً ضعيفاً من اليود سترقب التحولات التي تطرأ على النشاء . وسنحاول أن نحضر الغلوكوز من النشاء المطبوخ .

تتحللاً جزئيات النشاء الضخمة بفعل الماء وتفككك الى جزئيات أصغر . ففى البداية يتكون نشاء ذواب ثم ديكسترين فسكريد ثنائى هو المالتوز وأخيراً يتفكك المالتوز ويتكون الغلوكوز أى سكر العنب .

أضف الى نصف كأس من النشاء المطبوخ ملعقة أو ملعقتين صغيرتين من حمض الكبريتيك المركز (تركيزه ١٠ ٪ تقريباً) . انتبه عند تخفيف حمض الكبريتيك أنه يجب سكب الحمض فى الماء وليس العكس .

انرك مزيج النشاء المطبوخ مع الحمض يغلى فى طنجرة صغيرة وحاول أن تعوض الماء المتبخر بإضافة قليل من الماء الى المزيج .خذ من وقت لآخر بالملعقة عينة من السائل وبردها قليلاً ثم نقط عليها محلول اليود المخفف . فالنشاء ، كما تعلمون ، يعطى مع اليود لونا ازرق بينما يعطى الديكسترين مع لونا بيا أحمر أما المالتوز والغلوكوز ، فلا يتلونان أبداً . وهكذا سيتغير لون العينات أثناء الحلأ لتدرجياً حتى يخفى نهائياً ويتوقف تأثير اليود على المحلول . عندئذ يجب وقف التسخين والأفضل أن يستمر عدة دقائق أخرى بعد ذلك حتى يتفكك المالتوز كلياً .

وبعد الغليان يترك السائل ليبرد قليلاً ثم يضاف اليه مع التحريك حوالى ١٠ غم من مسحوق الطباشير لتعديل حمض الكبريتيك كلياً . وسيرغو المزيج لأن ثالى أكسيد الكربون يتطلق أثناء تفاعل الحمض مع الطباشير . وبعد انتهاء الارغاء يوضع السائل المصفر الناتج فوق نار هادئة كى يتبخر ثلثاه تقريباً ثم رشحه وهو ساخن خلال عدة طبقات من الشاش ويخر السائل الآن بهدوء على حمام مائى ، فتحصل على كتلة لزجة حلوة يشكل الغلوكوز المادة الأساسية فيها . وهكذا تقريباً تجرى العمليات فى مصانع النشاء .

والغلوكوز ضرورى للانسان ، وهو واحد من أهم مصادر الطاقة . ففى الخبز والبطاطس والمعكرونة يوجد غالباً النشاء الذى يتحول فى جسم الانسان الى غلوكوز بفعل الخمائر أو الأنزيمات .

وفى تجربتنا لم يستهلك حمض الكبريتيك فى التفاعل وانما لعب دور الوسيط (الحزاز) ، أى المادة التى تعجل التفاعل . ولكن الفعل الحفزى للأنزيمات الطبيعية أقوى بكثير وأكثر انتقائية . والأنزيمات كثيرة جداً ولكل منها قطاع عمل ضيق خاص به . فالزيم الاميلاز الموجود فى اللعاب مثلاً يمكنه تحويل النشاء الى مالتوز . ولترقب فعل هذا الانزيم .

غرغر فمك بهام مقطر (يمكنك استعمال الماء المغلى فى حال غياب الماء المقطر) لفترة دقيقة فتحصل على محلول اللعاب . رشح هذا المحلول وامزجه مع كمية مماثلة من النشاء المطبوخ . انقل المزيج الى انبوب اختبار ثم ضع الانبوب فى كأس يحوى ماء درجة حرارته حوالى ٤٠° م . خذ من وقت

لآخر عينة وجرب عليها فعل اليد . لاحظ أن تغير اللون هنا يطابق تماما تغير اللون أثناء الحلمأة بواسطة حمض الكبريتيك ولكن التفاعل هنا أسرع . وبعد مرور ربع ساعة على الأكثر يتحلل النشاء متحولا الى مالتوز وينتهي تأثير اليد عندئذ .
 وإليك تجربة أبسط بكثير : حاول أن تمضغ لفترة قطعة من الخبز فتشعر في النهاية أن طعمها أصبح حلوا الى حد ما ، وسبب ذلك هو أن أنزيم الأميلاز (الموجود في اللعاب) يحول النشاء الموجود في الخبز الى مالتوز .

سكر من النشأة

سميت الكربوهيدرات (أى مادات الكربون) بهذا الاسم خطأ . وقد حدث ذلك في أواسط القرن الماضى . وعندما كان يعتقد أن جزيء أية مادة سكرية توافقه الصيغة $C_6(H_5O)_5$ وانطبقت هذه القاعدة على جميع الكربوهيدرات (مادات الكربون) التي كانت معروفة في ذلك الحين . فصيغة الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ مثلا كانت تكتب كما يلى $C_6(H_5O)_5$.

ولكن الوضع تغير فيما بعد ، فقد اكتشفت مواد سكرية أخرى لم تعد القاعدة السابقة تنطبق عليها . فالرمانوز مثلا ، وهو من الأفراد البارزة بين الكربوهيدرات (يحقق تفاعل موليش أيضا) ، يمتلك الصيغة التالية $C_6H_{12}O_6$. وبالرغم من أن عدم الدقة في نسبة هذه الفصيلة من المركبات كان واضحا لتعيين الا أن مصطلح «الكربوهيدرات» توسع كثيرا واعتاد عليه الجميع وتكره على حاله . ونذكر بالمناسبة أن كثيرا من الكيمائيين

يفضلون في الوقت الحاضر تسمية أخرى هي «السكريات» أو «الساكر» .

سنحاول الحصول على سكر من هذه «الساكر» من نشأة الخشب بواسطة الحلمأة ، أى التفكك بالماء ، التي تعتبر من العمليات الكيميائية الواسعة الانتشار جدا . تحتوى نشأة الخشب وغيرها من النفايات الخشبية على كربوهيدرات هو السيلوبوز ومن هذا السيلوبوز يحصل في المصانع على الغلوكوز الذي يستعمل فيما بعد لأغراض شتى ، وغالبا يخمر ويحول الى كحول يدخل كمادة أولية في اصطناعات كيميائية شتى .
 وقبل أن نجرى عملية حلمأة الخشب سنحاول فهم جوهرها وطبيعتها . ولتسهيل ذلك ، يفضل أن نبدأ بتجربة على الخيار ، وليس على نشأة الخشب .

اغسل خياره طازجة وإبرشها ثم اعصرها . وبإمكانك ترشيح العصير الناتج الا أن ذلك ليس ضروريا .

حضر في انبوبة اختبار هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$. ولهذا الغرض أضف قطعتين أو ثلاث نقاط من محلول كبريتات النحاس الى ٠.٥ - ١ ملل من محلول هيدروكسيد الصوديوم . أضف الى الراسب الناتج حجما مماثلا من عصير الخيار . وخض الانبوبة ، فيذوب الراسب ويتكون محلول أزرق اللون . ويعتبر هذا التفاعل تفاعلا مميزا للكحولات متعددة الهيدروكسيل .
 ولأن سخن الانبوبة الحاوى على المحلول الأزرق حتى الغليان ، فيصفر المحلول في البداية ثم يصبح برتقالى اللون . وبعد تبريده يترسب راسب أحمر من أكسيد النحاس Cu_2O . وهذا التفاعل خاص بفصيلة أخرى من المركبات العضوية تسمى

بالألددهيدات . إذن ، توجد في عصير الخيار مادة عبارة عن
ألددهيد وكحول في آن واحد . وهذه المادة هي الغلوكوز الذي
يمكن القول عنه استنادا الى بنته بأنه كحول الألددهيدى . ويعزى
اليه الطعم الحلو قليلا عند الخيار .

وأنتك فهمت بأن هذه التجربة يمكن أن تجرى على
غير عصير الخيار ، فهي تتحقق جيدا مع أنواع أخرى من
العصير كعصير العنب أو عصير التفاح أو غيرها .

والآن سنجرى تجربة تمهيدية أخرى على عود من الخشب .
حضر محلولا من حمض الكبريتيك (اسكب في حجم
واحد من الماء حجما مماثلا من حمض الكبريتيك المركز .

وياك أن تسكب الماء على المحض) . ارم في الأنبوب الحاوى
على هذا المحلول عودا من الخشب ثم سخن المحلول حتى
الغليان فيتفحم العود عندئذ ، ولكن هذا لا يضر بالتجربة .

وبعد التسخين اقل العود من هذا الأنبوب الى انبوب آخر
يحوى ١-٢ ملل من الماء ثم اغل المحلول ، فتحصل الآن
على الغلوكوز فى الأنبوبين . ولتأكد من ذلك نضاف الى كل

من المحلولين نقطتين أو ثلاث نقاط من كبريتات النحاس
ثم يضاف هيدروكسيد المريدوم فيظهر عندئذ اللون الأزرق
المألوف . وعند غل هذا المحلول يتكون ، كما توقعنا ، راسب

أحمر من أكسيد النحاس Cu_2O وهكذا نكون قد كشفنا عن
الغلوكوز . ان الحصول عليه من عود الخشب يعنى أن السليلوز

(تبلغ نسبه فى الخشب حوالى ٥٠ ٪) قد تحلأ . وكما هو
الحال أثناء حلأة النشاء ، فإن حمض الكبريتيك لا يستهلك
فى هذه العملية وإنما يلعب دور الوسيط (الحفاز) فقط .

وأخيرا وصلنا الى التجربة الأساسية التى جاءت عنوانا لهذه
الفقرة ، وهى الحصول على السكر من نشارة الخشب :

ضع فى جفنة من البورسلين ثلاث ملاعق من نشارة الخشب
وبلها بالماء . أضف بعد ذلك قليلا من الماء أيضا وكمية مماثلة
من محلول معد سلفا من حمض الكبريتيك (١:١) . اخلط
المزيج جيدا . غط الجفنة وضعها فى فرن موقد المطبخ الغازى
لمدة ساعة أو أقل من ذلك بقليل .

اسحب الجفنة من الفرن بعد ذلك واملاها بالماء ثم حرك
المزيج ورشح المحلول وعدل الرشاحة بإضافة ماء الكلس اليها
حتى يتوقف انطلاق فقاعات من ثانى أكسيد الكبرين . ولتأكد
من انتهاء التعديل يمكن استعمال ورقة عباد الشمس ، أو
أى دليل من الأدلة التى حضرتها بنفسك . ولا داع لإضافة الدليل
الى الكتللة المتفاعلة مباشرة ، وإنما يمكن أخذ عدة نقاط
منها ووضعها على صفيحة من الزجاج أو فى انبوب اختبار
صغير .

اسكب محتويات الجفنة فى زجاجة . غض السائل فيها
ثم اتركه ليستقر عدة ساعات . وستلاحظ بعد ذلك أن كبريتات
الكالسيوم التى تكونت أثناء تعادل المحض تترسب فى قعر
الزجاجة ويبقى محلول الغلوكوز فوقها . انقله بحذر (يفضل
لذلك أن يسكب المحلول على قضيب زجاجى) الى جفنة
تنظفة ثم رشحه .

وبقيت مرحلة أخيرة ، وهى تخيير الماء على حمام مائى ،
وتظهر بعدها على قعر الجفنة بلورات من الغلوكوز ذات لون
أصفر فاتح :

وهكذا نكون قد بررنا أربع عمليات هي طبخ النشارة مع محلول حمض الكبريتيك وتعديل المحض والترشيح والتبخير .
والحقيقة أن هذه العمليات بالذات هي التي تطبق في المصانع للحصول على الغلوكوز ولكن في أوان أخرى غير الجفثات البورسائية طبعاً . وثمة عملية صناعية أخرى يمكننا تنفيذها دون أية صعوبة وهي تحويل نوع واحد من السكر الى نوعين آخرين .

كثيراً ما تتسكر (أى تتحول الى سكر) المربيات المصنوعة في البيت عند حفظها وقتاً طويلاً ويعزى ذلك الى أن السكر يتلون ويفصل من العصير . ولكن ، نادراً ما يحدث الأمر ذاته مع المربيات التي تباع في المخازن . والواقع أنه يستعمل في مصانع تحضير المربيات ، الى جانب سكر القصب أو سكر الشوندر ، مواد سكرية أخرى مثل السكر المنقلب .

وستعرفون من التجربة التالية ما هو السكر المنقلب وما هو تأثيره .
اسكب في انبوب اختبار أو كأس زجاجي ١٠ - ٢٠ غم من محلول ضعيف من السكر وأضف إليها بضع نقاط من حمض الهيدروكلوريك المخفف . سخن المحلول بعد ذلك على حمام من الماء الغالي لمدة ١٥ دقيقة ثم عادل الحمض بكميوات المغنسيوم $MgCO_3$. (يباع في الصيدليات ملح المغنيسيا الأبيض وهو ذو تركيب أعقد من تركيب كميوات المغنسيوم ولكنه يصلح للمعادلة) وإذا لم يتوفر لديك هذا أو ذلك فامكانك أن تستعمل صودا الخبز $NaHCO_3$ ولكن سيبقى عندئذ في المحلول ملح الطعام الذي لا ينسجم مع السكر .

اترك السائل ليستقر بعد أن يتوقف انطلاق فقاعات من ثاني أكسيد الكربون . واستعن بدليل من الأدلة المتوفرة لديك

للتأكد من تمام تعادل الحمض . افصل السائل الرائق وتذوقه قليلاً فتشعر بأنه أقل حلاوة من المحلول الأصلي (احتفظ ، للمقارنة ، بقليل من محلول السكر الأصلي) .

لم يبق السكرز عملياً في المحلول الجاهز ، ولكن ظهرت عوضاً عنه ، مادتان جديدتان هما الغلوكوز والفركتوز . وهذه العملية هي التي تسمى بانقلاب السكر ، كما يسمى المزيج الناتج بالسكر المنقلب .

والطريف هنا هو أنك لا تشعر أبداً بحدوث تفاعل أثناء هذا التحول : فلون المحلول وحجمه لا يتغيران ووسط المحلول يبقى كما كان عليه في السابق . ولا تنطلق غازات ولا تظهر رواسب . ومع ذلك فالتفاعل يجري ، ولكن الكشف عنه يحتاج الى أجهزة ضوئية . فالسكريات مواد فعالة ضوئياً ، بمعنى أن شعاع الضوء المستقطب يغير اتجاه الاستقطاب عندما يمر خلال محاليلها . ويقال بأن السكريات تحرف مستوى الاستقطاب بزوايا معينة في هذا الاتجاه أو ذلك . فالسكرز ، مثلاً ، يحرف مستوى الاستقطاب نحو اليمين ، بينما يحرفه الغلوكوز والفركتوز ونواتج حلمائه نحو اليسار . ومن هنا جاءت كلمة « انقلاب » السكر .

ولكن ، بما أنه ليس في حوزتك أجهزة ضوئية ، فسنحاول بطريقة كيميائية التحقق من أن السكر المأخوذ يتعرض لتغيرات فعلاً : أضف الى كل من محلول السكر الأصلي والناتج بضع نقاط من محلول أزرق الميتالين (يمكن أن تأخذ الحبر الأزرق عوضاً عنه) وقليلاً من محلول ضعيف لمادة قلوية . سخن المحلولين على حمام مائي . لاحظ أنه لن يطرأ أي تغيير في

الانبوب الحاوى على السكر العادى بينما تصبح محتويات الانبوب الحاوى على السكر المنقلب عديمة اللون تقريبا .
والسكر المنقلب أقل ميلا الى التبلور من السكر العادى .
فاذا بخرنا محلوله بحدز على حمام مائى حصلنا على سائل لزج يشبه العسل الى حد ما ، ولا يتبلور بعد التبريد .
وقولنا بالنسبة أن عسل التحل المحبب للجميع مؤلف من كاربوهيدرات كالسكر المنقلب ، أى من الغلوكوز والفركتوز وتصل نسبتها فيه الى 75 ٪ . كما ويصنع العسل الاصطناعى من السكر المنقلب أيضا . وطبيعى أن يختلف السائل اللزج الذى حصلنا عليه عن العسل وبالاخص لكونه عديم الرائحة ولكن يمكن أن نضيف اليه قليلا من العسل الطبيعى حتى يزول الاختلاف نهائيا .

فلماذا ، إذن ، لا نحضر فى البيت كميات كبيرة من هذا السائل غير المتبلور كى نطبخ فيها المرببات المختلفة ؟
الواقع أن نغته تماما من الشوائب والمواد الغريبة أمر صعب ، وليست هناك ضمانات فى امكانية تحقيقها بشكل كامل . وعلى كل حال فلا داع للمخاطرة .

فئجان من الشاى

من الطبيعى أن تنتقل الى الشاى بعد حديثنا عن العصير والمرىب والعسل . وستستخلص منه المادة التى تنشط الجسم وتنشع النفس ألا وهى الكافئين (اكتشفت هذه المادة أولا فى حبات القهوة وهى موجودة فيها بنسبة أكبر منها فى أوراق الشاى) .

وزيادة فى الدقة نقول أن الشاى يحوى عدة مواد منشطة غير الكافئين مثل الفيتامينات والزيوت الاثيرية وغيرها ولكن الدور الرئيسى بينها يعود الى الكافئين الذى ينتمى الى فصيلة أشباه الفلويات أو الفلويات (وهى فصيلة كبيرة من المواد العضوية الحاوية على التترجين ويدخل فى عدادها النيكوتين الموجود فى التبغ والباپافارين الموجود فى الخشخاش وغيرها) .
تحتاج التجربة الى بوتقة من المعدن أو الخزف (ويمكن أن يستعمل أى وعاء معدنى مناسب بشرط ألا يكون مسطحا وأن يكون ذا جدار مرتفع كما فى الكأس الزجاجى مثلا) .
ضع فى هذه البوتقة أو الوعاء ملعقة صغيرة من مسحوق الشاى وحوالى غرامين من أكسيد المغنسيوم (تباع هذه المادة فى الصيدلية عادة) . اخلط المادتين ثم ضع البوتقة على النار .
يجب أن يكون التسخين هادئا . ضع على سطح البوتقة صحن أجوف صغير مملوء بماء بارد . يتصدد الكافئين فى وجود أكسيد المغنسيوم أى أنه يتحول الى بخار مباشرة ، وعندما يصطدم بسطح الصحن البارد يعود من جديد الى حالته الصلبة ويتوضع على هذا السطح البارد على شكل بلورات عديمة اللون . أوقف التسخين واسحب الصحن من على البوتقة بحدز ، ثم اقسط البلورات واجمعها فى زجاجة نظيفة .

ولكن كيف يمكننا التأكد من أن هذه البلورات هى بلورات الكافئين فعلا ؟ يوجد لهذا الغرض تفاعل نوعى جميل :
ضع بضع بلورات على صحيفة أو لوح من الخزف ونقط عليها نقطتين من حمض التترك المركز (يجب التعامل بحدز مع الأحماض المركزة) . سخن الصحيفة حتى يجف المزيج ،

فيتأكسد الكافئين عندئذ ويتحول الى حمض الأمالينيك ذى اللون البرتقالى .

ولكن لم تنته التجربة بعد . وستحاول تعديل الحمض الآن بإضافة عشر نقاط من محلول النشادر المركز اليه . عندئذ يتكون ملح ذو لون أحمر جميل يتحول الى لون أرجوانى ، واسمه الموروكسيد .

يفضل اجراء التجارب المقبلة على الشاى فى المدرسة لأنها تحتاج الى مواد لا تتوفر فى البيت عادة ولأن تنفيذها بنجاح يتطلب خبرة جيدة . وسنحاول أن نستخلص من الشاى المواد الغفصية أو مواد الدباغة أى التانينات ، ومنها مستخلص على التانين الذى هو عبارة عن مزيج من مواد تستخدم فى دباغة الجلود (ومن هنا جاءت تسميتها بمواد الدباغة) وكمرسحات فى الصباغة وكمواد قابضة فى الطب (تلكروا القلم المر القابض لمحلول الشاى الثقيل) .

وهكذا سنحاول استخلاص التانين من الشاى الأخضر . وإذا لم يتوفر لديك مثل هذا الشاى ، فإمكانك استخدام الشاى الأسود ولكن لا تنس أن نسبة التانين فيه أقل منها فى الشاى الأخضر .

ضع ٥٠ غراما من الشاى الأخضر فى طنجرة وصب عليها نصف كأس (١٠٠ غم) من ماء غزال . اغل المزيج حوالى ساعة على نار هادئة حتى يتم استخلاص المواد اللوابة على أكمل وجه . رشح المحلول خلال عدة طبقات من الشاش . اغسل الراسب المتبقى على الشاش بماء ساخن (نصف كأس) ، فتحصل فى نهاية الأمر على محلول أخضر مصفر .

أضف الى هذا المحلول ١٥ - ٢٠ غم من أسيتات الرصاص

(انتبه الى أن أسيتات الرصاص مادة سامة ولا يجوز تلوثها أبدا) . افصل السائل بلطف وأضف الى الراسب كوبا من الماء الساخن حرك المزيج ثم اتركه ليستقر ، وافصل السائل من جديد كرر هذه العملية ثلاث أو أربع مرات حتى يتخلص نهائيا من ايونات الرصاص . وبالتأكد من ذلك ، خذ عينة من السائل وأضف اليها عدة نقاط من حمض الكبريتيك المخفف .

فاذا تعكر المحلول ، دل ذلك على أن الرصاص لا يزال موجودا فيه . عندئذ يجب تكرار الغسل وإعادة الاختيار حتى لا يظهر التعكر . افضل الراسب (وهو تانات الرصاص) بالترشيع ثم اغسله بـ ٥٠ ملل من محلول حمض الكبريتيك ذى التركيز ١٪ . اجمع المحلول وعدك الحمض بإضافة نقطة فقطة من محلول هيدروكسيد الباريوم ذى التركيز ٠.٥٪ وبعد ذلك ، افضل الراسب المتكون ، وهو كبريتات الباريوم ، بالترشيع . يحتوى المحلول الشفاف المتبقى بعد الترشيع على التانين .

بخر هذا المحلول حتى الجفاف على حمام مائى . افشط التانين المتبقى من على قعر الاناء واسحقه حتى تحصل على مسحوق منه .

وتعرض فيما يلى عدة تفاعلات جميلة على التانين (ستقتصد فى استهلاكه لأنه لدينا كمية قليلة منه لا تزيد عن ثلاثة غرامات) .

أذب حوالى ٠.٥ غم من التانين فى ٤٠ ملل من الماء . وما أن تضيف اليها محلول كلوريد الحديد ثلاثى التكافؤ أو أى ملح آخر للحديد ثلاثى التكافؤ حتى يسود المحلول فورا .

وتكون قد حصلت عندئذ على الحجر الذي كان يحضر قديما على هذا الشكل وكان الثابتين اللازم له يستخلص من ثمار الباوط وأغصانه الغضة .

واليك تجربة أخرى : ضع حوالي ٠,٣ غم من الثابتين فى انبوب اختبار صغير ونقط عليها ثلاث نقاط من حمض الهيدروكلوريك المركز ، فيتكون عندئذ القلوياتان وهو مادة ذات لون أحمر .

أضف قليلا من الثابتين الى محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، فيترسب عندئذ راسب بني من نانات الفضة .

وفيما يلى التجربة الأخيرة على الثابتين : أذب فى محلول من حمض الهيدروكلوريك تركيزه ٢ ٪ حوالي ٠,٣ غم من الفانيلين (أو كمية مماثلة من سكر الفانيل) ثم أضف ٠,١ غم من الثابتين ، فيظهر فوراً لون قرمزي . وهذا التفاعل لا يخص الثابتين وحده وإنما يعتبر تفاعلا مميزا لجميع المواد فى فصيلة الكاتيكينات التى ينتمى إليها كثير من مواد البياغة .

والعظام مفيدة أيضا

العظام لا تذهب هدرا عند رية بيت الاقتصادية . فمنها يمكن أن يحضر مرق لذيد . والواقع أنه اذا غليت العظام فى الماء فترة طويلة ثم تركت المحلول ليبرد ، حصلت فى نهاية الأمر على كتلة هلامية . والهلام ليس من مفردات فن الطهى فحسب ، وإنما هو تعبير كيميائى أيضا . فتدة مجموعة واسعة من الجمل الغروانية تسمى بالهلام نسبة الى أول فرد منها وهو الهلام الناتج من مرق اللحم .

ويتكون الهلام من العظام لأنها تحتوى على مادة بروتينية خاصة ، هى الجيلاتين ، وهى تباع فى المخازن . وستحاول الحصول من العظام على صمغ جيلاتينى جيد ، أما الجيلاتين المستعمل فى الغذاء ، فيصعب علينا تحضيره لأنه يحتاج الى تقنية معقدة جدا .

خذ كمية من فئات العظام واتزع عنها الدهن بقمرها فى البترين مع التحريك وتركها فيه لمدة نصف ساعة (تعرف أن الدهن يذوب جيدا فى البترين ولكن لا تنس أن البترين سريع الاشتعال) . اسكب البترين فى وعاء آخر ثم اغسل الفئات بالماء الساخن عدة مرات .

والآن ستحضر المرق من العظام الخالية من الدهن . ولا حاجة هنا لاستعمال الطنجرة بل يمكننا أن نستفيد هنا من علبه كونسرو فارغة بشرط أن تكون نظيفة . وفيها سنغل العظام فى الماء لفترة طويلة وبعدها ستابع غل المرق حتى يصبح لزجا . والآن يجب التحل بالصبر : ضع المرق فى مكان جاف ودافئ وراقبه من فترة الى أخرى وستلاحظ بعد عدة أيام أنه قد جف تماما وتحول الى صمغ بني اللون . وبالرغم من أنه يبدو جافا ، الا أنه يحوى كمية لا بأس بها من الماء كان الجيلاتين قد امتصها أثناء الغل . ولكن اذا أردت استعمال هذا الصمغ ، فما عليك الا أن تسخنه على حمام مائى فيفضل منه قسم من الماء .

وستفاد من هذا الصمغ فى لصق مختلف الأدوات الخشبية ، ولكنه لا يصلح لتجارينا الثقيلة لأنه غير نقى تماما . وستسعين بالجيلاتين الذى يباع فى المخازن .

وتحضير محلول من الجيلاتين توضع ١٠ غم من مسحوقه في ربع كأس من الماء البارد وتترك حوالي ساعة للتبلل وتتفخخ . وبعد ذلك يسخن المزيج حتى الدرجة ٥٠° م مع التحريك المستمر حتى يذوب الجيلاتين تماما . اسكب قسما من المحلول على لوح من البلاستيك (وليس على الزجاج لأنك لن تستطيع فصل الجيلاتين عنه) بحيث يشكل طبقة رقيقة ثم اتركها لتجف جيدا في الهواء فتحصل بعد ذلك على ورقة جيلاتينية رقيقة . ولاضفاء المتعة والطراقة على هذه التجربة يمكنك أن تقص من الورقة شكل سمكة صغيرة ، وتضعها على ورق نشاف ثم تطفخ عليها يهدوء ، وتلاحظ عندئذ كيف أنها تلتف وتلتوى لأن تضسك يربط الورقة من جهة واحدة فيزداد حجمها وتضطر عندئذ الى الالتواء .

والجيلاتين المتفخخ صفة متعة أخرى وهو أنه يعطي أشكالاً جليدية جميلة ويحافظ عليها فترة طويلة . ولتأكد من ذلك حضر محلولاً من الجيلاتين كما في التجربة السابقة ولكن بشرط أن تكون كميته فيه أقل بمرتين أو ثلاث مرات منها في المحلول السابق (أو يمكن أخذ ما تبقى من المحلول السابق وتخفيفه بماء فاتر) . اسكب المحلول وهو لا يزال دافئاً على لوح من الزجاج ثم ضع اللوح فوراً في حجرة التجميد في الثلاجة . عندئذ سيتبلور الماء ويأخذ أشكالاً جليدية مختلفة كالأشكال التي تطفخ على التوافق أيام البرد الشديد في فصل الشتاء .

ولنتقل الآن الى تحضير الأسمدة المعدنية . وأظنك تعلم أن المادة الأساسية في معظم العظام هي القوسفوريت . فلي

المصانع تحضر الأسمدة القوسفورية من معدني القوسفوريت والأباتيت . وستقوم الآن بتحويل العظام الى سورفورفات . حسس العظام جيدا على النار كي تحترق المركبات العضوية التي لسا بحاجة اليها . وبقي بعد التحبص فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ أي القوسفوريت . اختر عدة قطع بيضاء نظيفة من العظم المحمص واسحقها بالمطرقه أولاً ثم في الهاون حتى تتحول الى مسحوق . اغلط ٥٠ غم من هذا المسحوق مع ٣-٥ غم من الطباشير وضع الخليط في زجاجة نظيفة ثم اسكب عليه تدرجياً ومع التحريك المستمر بقطيب زجاجي ٢٠ غم من محلول حمض الكبريتيك ذي التركيز ٧٠٪ (لتذكر مرة أخرى بأنه يجب سكب الحمض في الماء أثناء التخفيف) ، فسخن المزيج بسرعة ويتحول الى معجون أولاً ثم الى مسحوق أبيض جاف هو السورفورفات $Ca(H_2PO_4)_2$. وستغرق هذه العملية حوالي ساعة واحدة :

ولكن لماذا لا يستعمل القوسفوريت نفسه كسماد وانما تفضل عليه السورفورفات ؟ وللإجابة على هذا السؤال سنجرى التجربة التالية :

خذ زجاجتين تحتويان على ماء وضع في احدهما قليلاً من مسحوق العظم (القوسفوريت) وفي الأخرى السورفورفات التي حصلت عليه . لاحظ كيف أن مسحوق القوسفوريت يترسب بسرعة على قعر الزجاجاة ولا يتغير حجمه . أما السورفورفات ، فيعرض لعلامة ، ويزداد حجمه كثيراً ، ولا يترسب فوراً وانما يبطء وخلال عدة ساعات . وهذه الميزة



ستستخدم فيها كغشاء نصف نفوذى ورقة من البارشمان أو السلوفان (باستثناء يولى الايلين) ويجب ابقاء الورقة فى الماء حتى تتبلل وتلين وعتدها تحصل على العناصر التى نهدنا .

حضر محلولاً مشعباً من

السكر واجعله كثيفاً جداً بحيث لن يندوب فيه السكر بعد ذلك . والأفضل أن يحضر مثل هذا المحلول فى ماء ساخن . اسكب هذا المحلول فى كأس من الزجاج حتى يملأه تماماً . غط الكأس بالورقة المبللة واربطها جيداً مع مراعاة عدم بقاء فقاعات لهواء تحت الورقة . ضع الكأس فى زجاجة تحوى ماء (يجب أن يتغير الكأس بالماء) واتركه على هذا الحال عدة ساعات . وستشاهد بعد ذلك كيف أن الورقة التى تغطى الكأس قد انتضخت وكان تجويفاً قد تكون فوق الكأس .

ولمعرفة ما حدث هنا لا بد قبل كل شيء من التعرف على الغشاء نصف النفوذى . فهو غشاء ذو قدرة على تمرير جزيئات معينة ولا يسمح بمرور جزيئات أخرى . وورق البارشمان والسلوفان ذو مسامات صغيرة جداً لا تستطيع جزيئات السكر المرور من خلالها . والماء موجود على جانبيه الغشاء ولكنه أقل فى الجانِب الحلو على محلول السكر ولهذا تسمى جزيئات الماء الى النفوذ عبر الغشاء الى داخل الكأس مما يؤدى الى ازدياد حجم السائل فيه وانتفاخ الغشاء نصف النفوذى . والمعروف أن

تساعد السورفوسفات على التوزيع جيداً فى التربة والبقاء فيها أطول مدة ممكنة .

وطالما أنك حصلت على السداد بنفسك ، فلا بد من أن تستفيد منه بشكل معقول . حاول أن تستعمله لتسميد النباتات الموجودة فى بيتك ورأبب نموها بعد ذلك . ولا تنس أن تترك بعض النباتات دون تسميد وذلك من أجل مقارنتها مع النباتات الأولى ، والأفضل أن تسمد مجموعة أخرى من النباتات بسداد يباع فى الأسواق . فهل هذا السداد أفضل بكثير من السداد الذى حضرته بنفسك ؟

عصير الثمار

عندما يجف النبات وتصفى الأوراق بمعنى ذلك أن الخلايا النباتية تنتشر الى الماء . ولكن كل خلية مغلقة بغشاء . فكيف ينفذ الماء الذى تمتصه الجذور داخل الغشاء ويصل الى داخل الخلية ؟ وما الذى يدفع الماء على الانتفاخ باتجاه معاكس لقوة الجاذبية الأرضية من الأسفل الى الأعلى أى من الجذور الى الأوراق ؟

وقبل الاجابة عن هذين السؤالين ، ستقوم باجراء تجارب تهيئها على غشاء يشبه غشاء الخلية :

عندما يفصل حاجز كتييم بين محلولين فأنهما لن يمتزجان طبيعياً ، وعلى العكس فأنهما يمتزجان بنفسهما بدون تحريك فى حال عدم وجود حاجز بينهما ، ولكن ما الذى يحدث اذا كان الحاجز نصف نفوذى ؟

الجواب على هذا السؤال هو موضوع التجربة التالية التى

كل شيء في الطبيعة يسمى نحو التوازن ، وفي حالتنا هذه يكون الهدف هو تساوي تركيزي المحلولين . وهذا ما يحدث بعد فترة ، إذ يصبح عدد جزيئات الماء التي تدخل الكأس مساويا لعدد الجزيئات التي تخرج منه الى الزجاجية ولهذا لن يكون الانتفاخ كبيرا :

تسمى هذه الظاهرة الكيماوية الفيزيائية بالحلول أو التناضح (الأزموز) أما الضغط الذي يجعل الغشاء يلتوي ، فيسمى بضغط الحلول أو الضغط التناضحي (الضغط الأزموزي) . فلكي تتحقق هذه الظاهرة لا بد من وجود حاجز وسائليين : الأول هو محلول مادة ما والثاني هو المذيب النقي (وهو الماء في حالتنا هذه) أو ، على الأقل ، محلول للمادة المذكورة أضعف من المحلول الأول :

وغلاف الخلية الحية هو دوما غشاء نصف نفوذى ، فهو لا يسمح بمرور جزيئات لمواد كثيرة منحلة في الماء ، بينما يسمح بمرور جزيئات الماء . وبناء على ذلك ، فإن كل خلية حيوانية أو نباتية هي عبارة عن جملة تناضحية ميكروسكوبية ، كما ويلعب ضغط الحلول دورا هاما جدا في نشاط الأجسام الحية :

ويمكننا أن نراقب ظاهرة الحلول في أبسط التجارب : اقطع بسكين حاد شريحة (حزا) ورقيقة من ليمونة وضعها على صحن صغير . لاحظ أنه لا يوجد تقريبا عصير على سطح الشريحة ، ولكن يكفي أن ترش السكر على السطح حتى يبدأ العصير بالظهور بسرعة .

ومن الممكن اجراء تجارب مماثلة على الفريز (الفراولة)

وغيره من الثمار الأخرى بوضعها في زجاجات جافة ورشها بالسكر فبدأ العصير عندئذ بالتفوح منها .

اذن ، فالحلول هو التفاعل الأمامي في جميع هذه الحالات . إذ يتكون على سطح الليمون أو الثمار محلول مركز من السكر ، فيسمى العصير عندئذ ، وهو أقل تركيزا ، الى تخفيف هذا المحلول ، فيمر من خلال الأغشية الخلووية ويخرج الى السطح كالماء الذي انتقل من الزجاجية الى الكأس الحاوي على المحلول السكري في التجربة السابقة .

ولنتنقل الى البطاطس : اقطع من حبة بطاطس ثلاثة مكعبات يفضل أن تكون متساوية الحجم . حضر ثلاث زجاجات . صب في الزجاجية الأول ماء مملحا قليلا ، وفي الزجاجية الثانية محلول ملحيا مركزا ، وفي الزجاجية الثالثة ماء للشرب . ضع في كل زجاجية مكعبا من المكعبات المذكورة واتركها فترة ثلاث ساعات ثم راقبها جيدا . فتلاحظ أن المكعب المغسور في الماء المملح قليلا لم يتغير أبدا ، بينما طرأ تغيير واضح على المكعبين الآخرين : فالمكعب المغسور في المحلول الملحي المركز قد انخفض حجمه كثيرا بينما ازداد بشكل واضح حجم المكعب المغسور في ماء الشرب .

ولنبدا بالسؤال التالي : لماذا لم يتغير المكعب الأول ؟ الواقع أنه كان مغسورا في محلول مخفف يساوي تركيز الملح فيه تركيزه في عصير البطاطس نفسه . أما المكعب الذي كان موجودا في المحلول المركز ، فقد بدأ يطرح الماء لخفض تركيز المحلول وبذلك قل حجمه . وعلى العكس من ذلك ، فقد أخذ المكعب الثالث يمتص الماء وبالتالي ازداد حجمه نتيجة لذلك .

وستقل من البطاطس الى الجزر الذي سنجيره على العمل كمنضخة .

أدخل في رأس جزرة انبوسا زجاجيا وضعها عموديا في كأس من الماء .

اسكب محلولاً من الملح في الانبوس الزجاجي بحيث يملأ نصفه تقريبا وراقب الوضع . وستلاحظ بسرعة كيف أن مستوى الماء في الانبوس يبدأ بالارتفاع حتى أنه قد يتسكب من الانبوس اذا كانت التجربة معدة بشكل صحيح . ويتضح من ذلك أن الجزر يتصرف وكأنه يضغط الماء من الكأس ويدفعه على الصعود في الانبوس .

وعندما ترش الجزر بالماء في حديقة منزلك فإنه يقوم بسحب الماء من التربة أيضا لأن تركيز الأملاح في عصيره أعلى منه في الماء المرشوش . وهكذا نرى أن الجذور وجميع أنسجة النبات تحصل على الماء المنعش بفضل ظاهرة الحلول .

تجارب في فصل الصيف

يمكننا ، ونحن في الحقل أو الحديقة ، التأكد من وجود ظاهرة النقل التناضحي للماء أو كما يسمى أحيانا بالضغط الجذري (نسبة الى الجذور) . اختر تينة نائمة ويستحسن أن يكون ساقها متينا وعريضا نوعا ما وقصها على ارتفاع ١٠ سم من سطح الأرض . أدخل في الساق انبوسا قصيرا من المطاط متصل بانبوس زجاجي رفيع ولا يقل طوله عن نصف متر . ومن الضروري تثبيت هذا الانبوس الطويل بربطه بعمود مثبت في الأرض

ويستحسن أن يلف الانبوس المطاطي بخيط في مكان اتصاله بالساق كي يلتصق جيدا به .

والآن رش الماء على التربة المجاورة للساق وستلاحظ كيف أن الماء يبدأ بالارتفاع في الانبوس ، ويصل الى ارتفاع عال اذا كان قطر الانبوس لا يزيد عن ٥ ملم .

ولكن الضغط التناضحي ليس السبب الوحيد الذي يجعل الماء يرتفع في النباتات من الأسفل الى الأعلى ، وإنما هناك أسباب أخرى من بينها ظاهرة النتج أي تبخر الماء من الأوراق . فبعد أن يقدم الماء المواد المغذية للنباتات يبدأ بالتبخر من خلال المسامات الموجودة على الأوراق وتحت محله دفعة جديدة قادمة من الجذور ... وهلم جرا . وإليك تجربة بسيطة على النتج : ضع في انبوس اختيار يحوى ماء غصنا مقصوصا من نبات ما وحدد مستوى الماء فيه بإشارة ما أو بخيط ملون تلتفه حول الانبوس عند هذا المستوى ، وستلاحظ بعد وقت قصير أن الماء في الانبوس سينخفض عن مستواه الأصلي . وربما كان سبب ذلك هو أن الماء يتبخر من الانبوس مباشرة وليس من خلال الغصن .

فلمنع حدوث تبخر مباشر من الانبوس ينقط على سطح الماء قليل من الفازلين أو أي زيت نباتي آخر فيغطي سطح الماء ويمنع تبخر الماء منه . وبالرغم من ذلك ، فإن مستوى الماء سينخفض في هذه الحالة أيضا مما يؤكد أن الماء يتبخر من خلال الأوراق . ويمكن ، في حال توفر ميزان ليديك ، جعل التجربة على النتج أسرع وأكثر وضوحا : ضع انبوس الاختيار الحاوى على الغصن (لا تنس أن تنقط بوضع نقاط من الزيت على

سطح الماء) على كفة ميزان ووزنه بسنجات على الكفة الأخرى .
لاحظ بعد فترة كيف يختل التوازن وترتفع كفة الميزان الحاوية
على أتوب الاختيار .

ومن الممكن اجراء تجارب مماثلة على نباتات مختلفة وعندما
يتبين أن سرعة التفتح تختلف من نبات الى آخر . ولكن سنحاول
أن نجري التجربة بشكل آخر : ولنغطي غصن البتة بزجاجة
مقلوبة . ولأحاجة هنا الى قص غصن من البتة ، وإنما يمكن
اختيار بنة صغيرة وتغطيتها كلها بالزجاجة . وعندما نسقى البتة
جيدا يتشبع الجو داخل الزجاجة بخار الماء ، ولن يتمكن الماء
من التبخر من الأوراق بعد ذلك ، مما يدفع الى القول بأن
التفتح قد توقف . ولكن نظهر على الأوراق بعد فترة من الزمن
قطرات من الماء تؤكد أن الضغط التناضحي بدأ يعمل من جديد .

وثمة سبب آخر يدفع الماء الى الارتفاع في ساق النبات
وهو أن النباتات مملوءة بأوعية شعرية رقيقة جدا ، يرتفع فيها
السائل بسرعة أكبر كلما كانت أرفع وأضيق . فإذا كان لديك
أتوب شعري زجاجي قطره ٠.٠٢ ملم ، فإن الماء يمكن أن
يصل فيه الى ارتفاع قدره ثلاثة أمتار ! وفي النباتات أوعية شعرية
أرفع من ذلك ...

خذ عدة زجاجات تحتوي على ماء ملون بعدة نقاط من
الحرير . اقطع بسكين حادة أغصانا من نباتات مختلفة وضعها
في الزجاجات فبيدأ الماء الملون يملء جميع الأوعية في الأغصان
تدريجيا والارتفاع داخل الأوعية الشعرية . والدليل على ذلك هو
أن لون العروق على الأوراق يتغير تغيرا واضحا . وإذا قصصت
عدة مقاطع عرضية في كل غصن شاهدت بوضوح تواضع

الأوعية الشعرية فيها (تصح باستعمال عدسة مكبرة لهذا
الغرض) .

وليك التجربة الأخيرة على النباتات : اسكب الماء الملون
بالحرير في وعاء واسع . غطس الغصن في الماء واقطع قسما من
ساقه تحت الماء . اسحب الغصن من الماء بعد عدة دقائق
وشطبه بسكين حادة في عدة أماكن . لاحظ كيف أن الماء
يرتفع عاليا في الساق خلال دقائق معدودة (لا تنس أن تحدد
الزمن بدقة) .

خذ غصنا مماثلا وشطبه في الهواء ثم اغمره في الماء ذاته
واتركه فترة مماثلة أيضا ، فلاحظ أن الماء يرتفع أقل بكثير من
ارتفاعه في الحالة السابقة .

ويغزى سبب ذلك الى أن الأوعية الشعرية في النباتات ضيقة
جدا ويمكن أن تسد بسهولة بفقاعات صغيرة من الهواء وعندما
يتوقف وصول الماء الى الأوراق . ولكن عندما نشطب الساق تحت
الماء نحول ديون دخول فقاعات الهواء الى الأوعية .

ولعلك فهمت الآن مغزى التصيحة التي يقدمها الأخصائيون
في تربية الأزهار : إذا أردت الاحتفاظ بياقة الزهر أطول مدة
ممكنة في الزهرة فما عليك الا أن تقص سيقانها تحت الماء
وليس في الهواء .

كم تبلغ نسبة الفيتامين C في التفاح ؟

الجواب عن هذا السؤال يمكن أن نجده في المراجع
الكيميائية والطبية . ولكن الحديث هناك يدور حول التفاح بوجه
عام ، وليس عن هذه التفاحة التي تود أكلها الآن . ان تقدير

نسبة الفيتامينات عملية معقدة ، ولكن الفيتامين C بالذات (وهو حمض الأسكاربيني) يمكن تقديره في مخبر المنزل .

ولعلك قررت أنه طالما أن الفيتامين C حمض ، فيجب تعيين كميته بواسطة مادة قلوية ما . وجبنا لو تحقق ذلك لأن مثل هذا التحليل لا يصلح هنا أبدا . ففي الثمار يوجد ، بالإضافة الى حمض الأسكاربيني ، كثير من الأحماض العضوية الأخرى مثل حمض اللبون (حمض البيريك) وحمض التفاح وحمض العنب (حمض الطرطريك) وغيرها ، وجميعها يدخل في تفاعل تعادل مع المواد القلوية . إذن ، فالقلويات لا تصلح هنا .

سنستفيد من صفة مميزة عند حمض الأسكاربيني وهي سهولة أكسدته . وتعلمون طبعاً أن الثمار تفقد عند طهيها وحفظها الكثير من الفيتامين C الموجود فيها . ويهزى ذلك الى أن جزيء حمض الأسكاربيني غير ثابت ، فهو يتأكسد بسهولة (حتى أن أكسجين الهواء يؤثر عليه) ويتحول الى حمض آخر لا يملك خواص فيتامينية . وسنعمل في تجربتنا مؤكسد أقوى من أكسجين الهواء وهو اليود .

يلزمنا محلول من اليود ذو تركيز معلوم . ويمكننا لهذا الغرض أن نشترى في الصيدلية محلول اليود في الكحول الذي يبلغ تركيزه 5% أي أنه يحوى 5 غم من اليود في 100 ملل من المحلول . وسنحضر محلولاً للنشاء : ولهذا نذيب 1 غم من النشاء في حجم صغير من الماء البارد . نسكب المحلول في كأس يحوى ماء غاليا ، ثم نغل المحلول حوالى دقيقة ، فتحصل على محلول من النشاء يصلح لاجراء التجارب خلال أسبوع كامل .

والآن أصبح كل شيء جاهزا لاجراء التجربة وتعيين نسبة الفيتامين ولكن ستمرن قبل الشروع بالتحليل على حمض الاسكاربيني النقي . نخذ 0.5 غم من حمض الأسكاربيني الذي يباع في الصيدلية (بشرط ألا يحتوى على الغلوكوز) وأذينا في 500 ملل من الماء ثم نخذ من المحلول 25 ملل ، وأضف إليها حوالى نصف كأس من الماء و 2-3 ملل من محلول النشاء . والآن أضف محلول اليود نقطة نقطة من القطارة مع خض المزيج باستمرار (يستحسن أن تجرى هذه العملية في دورق مخروطي) ، احسب عدد النقاط التي تضفيها وانتبه الى لون المحلول . فما أن يتأكسد اليود كل الحمض الموجود حتى تزدى النقطة التالية منه الى تلوين المحلول بلون أزرق ، مما يدل على أن عمليتنا هذه (وتسمى بالمعايرة) قد انتهت .

ولكن كيف نعلم حجم اليود المستهلك ؟ فالنقاط ليست وحدات قياس ... وتوجد في المخابر الكيميائية مساحات خاصة مدرجة بالمليمترات . ولكننا سنطبق هنا طريقة أخرى دقيقة ولكنها تستغرق وقتا أطول . نحسب بواسطة القطارة ذاتها عدد النقاط الموجودة في أمبولة اليود التي اشتريناها من الصيدلية (فهى تستوعب عادة 10 ملل) . لا تخف ؛ فهذه العملية كلها لا تستغرق سوى عدة دقائق . فبتعيين حجم النقطة الواحدة يمكن ، بدقة كافية ، تعيين حجم محلول اليود الذى استهلك في عملية معايرة حمض الأسكاربيني والآن يمكن ، اعتمادا على معادلة التفاعل (ترك لك كتابتها) ، حساب كمية حمض الأسكاربيني الموجودة في العينة . وبالمقابل ، يمكننا من معرفة كمية الحمض بتعيين تركيز محلول اليود والتأكد من أنه 5% فعلا أم لا ؟

يطلق الكيمائيون كثيرا هذه الطريقة السهلة في التحليل لتقدير نسبة اليود وغيره من المؤكسدات الأخرى .
تنقل الآن الى دراسة قضيتنا الأساسية ، وهي تعيين كمية الفيتامين C بعد أن أصبح تركيز محلول اليود معروفا لدينا فالميلتر الواحد من محلوله ذى التركيز 5/ 35 ملغم من حمض الأسكاربينى .

ولنبداً من عصير الليمون أو البرتقال . خذ 20 ملل من هذا العصير وخففها بالماء حتى يصبح الحجم 100 ملل . اسكب فى المحلول قليلا من محلول النشاء ثم أضف بعد ذلك محلول اليود نقطة نقطة حتى يظهر لون أزرق ثابت لا يزول خلال 10 - 15 ثانية . انبه الى أن كمية حمض الأسكاربينى فى المحلول هنا أقل بكثير منها فى التجربة السابقة وبالتالي سيكون حجم اليود المستهلك أقل أيضا . وقد يحدث عندما تكون كمية الفيتامين C قليلة جدا أن تحتاج العملية الى نقطة أو نقطتين فقط من محلول اليود . وعندما سيكون التحليل تقريبا جدا . فلكى تكون النتيجة أكثر دقة يجب اما أن يؤخذ حجم كبير من العصير ، أو أن يخفف محلول اليود . ويفضل الكيمائيون الحل الثانى . ويمكن عند تحليل عصير الفواكه أن يخفف محلول اليود بالماء أربعين مرة ، فيحصل عندئذ على محلول منه تركيزه 0.125% . بمعنى أن الميلتر الواحد منه يوافق 0.875 ملغم من حمض الأسكاربينى . ولا تنس هنا أن التوتر السطحي للماء أكبر منه عند الكحول ، وبالتالي فان نقاط الماء أضخم من نقاط الكحول ، وهذا يعنى أنه لا بد من معرفة حجم نقطة الماء . يمكن أن يحضر المحلول اللازم من اليود بصورة أدق فى

مخبر المدرسة : فالتر الواحد منه يجب أن يحتوى على 1.27 غم من اليود . ولكن ذوبانية اليود فى الماء فى درجة حرارة الغرفة قليلة جدا (0.3 غم/لتر) . ولهذا يجب أن يضاف الى المحلول قليل من يوديد البوتاسيوم أو يوديد الصوديوم نظرا لأن ذوبانية اليود فى الماء تزداد كثيرا عند وجودهما فى المحلول . وأحد هذين الملحين يوجد حتما فى محلول اليود الذى يباع فى الصيدلية .

ولنتقل الآن لتحليل التفاح . وهنا سنواجهنا المشكلة التالية وهى أن التفاح يحتوى على انزيم الأسكارابينيكسيداز الذى يتأكسد بوجوده حمض الأسكاربينى بسرعة فى الهواء ولتحياولة دون حدوث ذلك لا بد من اجراء التحليل فى وسط حمضى .

القطع بسكين حادة من الفولاذ الذى لا يصدأ شريحة كاملة من تفاحة موزونة مسبقا (من القشرة حتى قلب التفاحة لأن الفيتامين C موزع فى التفاحة بشكل غير متساو ونحن نريد تحليل التفاحة بأكملها وليس قطاعا معينا منها) . ضع هذه الشريحة فى هاون من الخزف يحوى حمض الهيدروكلوريك المخفف واسحقها جيدا بالمدقة . أضف محلول النشاء ثم عابر المزيج بمحلول مخفف من اليود . وتعين كتلة الشريحة من الفرق بين كتلة التفاحة قبل التحليل وبعد قطع الشريحة منها . ولكن ، هل طريقتنا هذه دقيقة باترى ؟ فالمعروف أن عصير التفاح لا يحتوى على الفيتامين C فقط ، وانما توجد فيه مواد عضوية أخرى يمكنها أن تتفاعل مع اليود أيضا (وان كان تفاعلها أبطأ من تفاعل حمض الأسكاربينى) . وبالرغم من كل هذا ، فان طريقتنا دقيقة الى حد كاف . واليك بعض النتائج

التي تم الحصول عليها باستخدام طريقة التحليل هذه :

تم تحضير محلول من ثمار العليق أو الورد اليرى (٢٥ غم من الثمار في نصف لتر من الماء) . وتبين نتيجة تحليله بالطريقة اليودية أن نسبة الفيتامين C تبلغ ٣,٨٪ (تدل المعطيات الواردة في المراجع العلمية على أن هذه النسبة تساوي ١,٥٪) . وبلغت نسبة الفيتامين C في عصير البرتقال المحضّر حديثا ٠,٠٥٪ وفي العصير المعبأ ٠,٧٥٪ (النسبة هي ٠,٠٤٪ في المراجع العلمية) . وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن نسبة الفيتامينات تختلف من ثمرة الى أخرى أمكن القول بأن هذه الطريقة تعطى فكرة صحيحة عن نسبة الفيتامين C .

وهكذا تكون قد أتقنت بسرعة ودقة كافية طريقة تحليل حمض الأسكاربيني . ولأن يفتح أمامك مجال واسع من البحث : فإمكانك أن تدرس مختلف الفواكه والثمار (التي تعطى عصيرا غير ملون بلون أحمر) وأن تتأكد من أن نسبة الفيتامين C تتعلق بنوع الفاكهة أم لا . ولكن تذكر أن الحمض الأسكاربيني المذاب يتأكسد في الهواء ، وعليه يجب اجراء التجارب على عصير محضّر حديثا .

وتورد فيما يلي عدة موضوعات للبحث : ايجاد نسبة حمض الاسكاربيني في ثمار مقطوفة لثراها وفي ثمار أخرى تم حفظها اسبوعا واحدا وشهرا ونصف سنة . يقال أحيانا أنه لا يجوز قطع الفواكه بسكين حديدية لأن الفيتامين C يتفكك من جراء ذلك . تحقّق من هذا القول بوضع العصير في وعاء حديدي (وبالمناسبة ، إذا أردت أن تقارن بين نسبة الفيتامين C في عصير طازج ونسبته في عصير معبأ ، فلا تنس أن العصير المعبأ قد يضاف إليه

خصيصا حمض الأسكاربيني) . وأخيرا راقب كيف تتغير نسبة الفيتامين C في العصير أثناء تسخينه واستخلص من هذه التجارب النتائج المفيدة .

اللوز مر وحلو

يكون اللوز الذي يستعمل في الغذاء حلوًا عادة . ولكن هناك لوز مر لا يختلف في مظهره عن اللوز الحلو ومن غير المستحب أكله ، ولكنه لا يضيح عبثا . فمنه يصنع زيت يستعمل في مجالات الطب ، كما ويضاف اللوز المر أثناء تحضير المواد الغذائية في الصناعة لأن رائحته العطرية أشد بكثير من رائحة اللوز الحلو .

والتمييز بين اللوز الحلو والمر لا يحتاج الى أكثر من ثانية واحدة اذ يكفي أن تقضم اللوزة حتى تشعر بذلك . ولكننا سنحاول ايجاد فروقي كيميائية بينهما . والغرض من ذلك ليس ايجاد طريقة تحليلية معينة (فالتجربة هنا معقدة جدا ومن غير المعقول أن نطبق كلما أردنا التمييز بين نوعي اللوز الحلو والمر) ، وإنما التعرف على بعض المظاهر الطيفية من حياة النباتات الوردية والزهرية التي ينتسب اليها اللوز .

وبذلك التجربة التالية : خذ عدة حبات من اللوز واترع عنها القشرة الخارجية المتينة ثم استحقها وهي في الماء (٥ - ١٠ ملل) . رشح السائل الناتج . خذ حوالي ١٠ نقاط من الرشاحة وامزجها مع عدة نقاط من محلول الصودا الكاوية المخفف (تركيزه حوالي ١٪) . ومن الضروري أن يكون تفاعل المزيج قلوبا . وعليه يضاف محلول الصودا الكاوية الى أن يظهر لون

ثابت مع محلول الفينولتالين أو أى دليل آخر حضرته بنفسك .
 المرحلة التالية : أضف نقطة من محلول كبريتات الحديد
 المائية $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$. سخن المزيج حتى الغليان . رشع
 ثم أضف الى الرشاخة عدة نقاط من حمض الهيدروكلوريك
 (حمض كلور الماء) . والآن يجب أن يكون تفاعل المزيج
 حمضيا (تأكد من ذلك بواسطة الدليل) . ونهى الخطوة الأخيرة
 وهى أن تنقط في المزيج نقطة واحدة من محلول كلوريد
 الحديد $FeCl_3$. والآن ينضج أمر اللوز المستعمل في تجربتنا
 هذه : فإذا كان حلوا بقى المزيج على حاله ولن يطرأ عليه أى
 تغيير . أما إذا كان مرا ، فانه يظهر بعد اضافة كلوريد الحديد
 فورا راسب أزرق جميل يدعى أزرق برلين أو زرقه بروسيا
 وصيغته $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

ويعدو السبب في ذلك ، الى أن اللوز المر الذى أعطى هذا
 التفاعل الملون الجميل يحتوى على مادة معقدة تدعى الأميجدالين ،
 كما ويوجد فيه الأزيم الغليكوزيداز الذى يفتك الأميجدالين
 في وجود الماء ويحوله الى مواد أبسط . وتجرى بعد ذلك سلسلة
 من التحولات المعقدة (لا داع لذكرها هنا) . يتكون بنتيجتها
 فروسيانيد الصوديوم $Na_2[Fe(CN)_6]$ وهو الذى يعطى اللون
 الأزرق مع النقطة الأخيرة من كلوريد الحديد .

ولكن ، لماذا لا يحدث التفاعل ذاته مع اللوز الحلو ؟ الجواب
 بسيط ، وهو أن اللوز الحلولا يحتوى على الأميجدالين ؛ ولكن
 الأزيم الغليكوزيداز موجود فيه . ويستغل هذا في تجربة أخرى .
 نستعقب عن اللوز المر هذه المرة بيذور (عجيمات) الخوخ
 أو المشمش أو الكرز . فهى جميعها من فصيلة النباتات المزهرة

وتشبه اللوز في أشياء كثيرة منها أن بذورها تحتوى على الأميجدالين
 أيضا .

خذ عدة بلور من الخوخ أو المشمش أو الكرز واخاطها مع
 عدد مماثل من بذور اللوز الحلو . أضف الى المزيج ماء ثم رشع
 السائل واتبع التجربة كما في تجربة اللوز المر . فما أن تصيف
 في النهاية النقطة الأخيرة من محلول كلوريد الحديد حتى
 يتكون أزرق برلين الجميل .

جاء الأميجدالين في هذه التجربة من بلور الخوخ أو
 المشمش أو الكرز بينما قدم اللوز الحلو الأزيم الغليكوزيداز
 الذى يفتك الأميجدالين . وهكذا نكون قد حصلنا بواسطة ثمار
 مختلفة على النتيجة ذاتها في تجربة اللوز المر .

ونشير هنا الى أن الأطباء لا ينصحون أبدا بحفظ مأكولات
 من الخوخ والكرز فترة طويلة اذا لم تكن مطبوخة . فالخطر هنا
 يكمن في البذور لأنه قد تتكون أثناء تحولات الأميجدالين
 الموجود فيها مواد ضارة بصحة الانسان ، وإن كان تشكل هذه
 المواد يحتاج الى وقت طويل (البذور الطازجة ليست ضارة) .
 والآن وبعد أن أدركت هذا الموضوع جيدا يمكنك أن تقدم
 النصائح للأخرين . والنصيحة الأولى هى أنه يفضل ، لراحة
 البال ، فصل البذور من الثمار ، وإن كان هذا الأمر يتطلب
 جهدا اضافيا والنصيحة الثانية هى أن الخشاف والمريبات لا تضر
 بالصحة حتى ولو كانت تحتوى على بذور هذه الثمار لأن
 الأزيم الذى يفتك الأميجدالين يفتكك هو الآخر أثناء
 التسخين ولن يعود له أى أثر سىء . وإذا أردت التأكد من ذلك ،
 فإمكانتك اجراء تجربة على بذور مطبوخة ، وسترى بنفسك أنه
 لن يظهر أى لون في نهاية التجربة .

تجارب ممتعة ومفيدة

تجرى التجارب الكيميائية لأغراض مختلفة ، فقد تكون لمجرد حب الاستطلاع وبدافع فضول بحث ، أو لتوضيح وقت الفراغ بصورة ناعمة أو لتتحقق تجريبيا من حقائق وردت في الكتب العلمية . وقد يكون الهدف منها هو الحصول بنتيجة التحولات الكيميائية على مواد مفيدة لك أو للمدرسة . والمهم هنا هو أنك تحضر هذه المواد بنفسك وهي اما أن تكون دهانات أو أصبغة أو هدايا لا يملكها أحد غيرك .

ويفضل أن يجرى العديد من تجارب هذا الفصل (الفصل والاصول اللاحقة أيضا) في مخبر المدرسة لأسباب عديدة أولها أنه من المتع العمل بشكل مشترك مع التلاميذ الآخرين ، وثانيها أنك قد تقدم شيئا مفيدا للمدرسة من جراء عملك هذا . وأخيرا قد تنشأ بعض الصعوبات أثناء تحضير التجربة ، كالحاجة مثلا الى ألوان خاصة وكواشف معينة لا تتوفر الا في مخبر المدرسة . ولتبدأ بالدهانات الزيتية والمائية .

الدهانات الزيتية

الدهان الزيتي مزيج من ورنيش (زيت جفوف) ومواد ملونة (أحضان) وستحدث لاحقا عن كيفية تحضيره . أما الآن ، فستدرس المكون الأساسي في الدهان الزيتي وهو الورنيش .

بياع الورنيش (وبعض المواد الملونة) في المخازن . ولكن الكيميائي القتي سيحاول تحضيره بنفسه طالما أنه مصمم على اجراء التجارب المعتمدة عليه . وعلينا قبل ذلك نوضح طبيعته وبعض خواصه .

يحضر الورنيش الطبيعي من الزيوت النباتية . وهي كثيرة ومتنوعة فالبعض منها يجف في الهواء (كزيت الكتان وزيت القنب) والبعض الآخر يجف جزئيا كزيت عباد الشمس . وثمة نوع آخر من الزيوت النباتية لا يجف أبدا كزيت الزيتون وزيت الخروع .

ولكن ماذا يقصد بكلمة «يجف» عند تطبيقها على الزيت ؟ فهذه الزيوت لا تحتوى على المذيبات . اذن ، فليس فيها ما يجف . وهذا هو الواقع . فالجفاف هنا تعبير غير دقيق أبدا ، وان كان شائعا . والحقيقة أن الزيوت لا تجف وانما تتبلر ، بارتباط جزئياتها مع بعضها البعض ، مكونة بوليمرا صلبا لا يذوب ولا ينصهر . ولكن يتحقق ذلك لايد من وجود مادة تربط بين جزينات الزيت الصغيرة نسبيا . وهذه المادة هي أكسجين الهواء . ولهذا السبب يجف بسرعة الدهان الزيتي المطلى على سطح سعة ما . أما الزيت المتبقى في العلية ، فلا يتجمد سوى سطحه فقط ، لأنه هو الذى يتلامس مع الهواء .

ومن ناحية أخرى ، فانه حتى الزيوت الجفوفة (القابلة للجفاف) تتفاعل ببطء شديد مع الأكسجين . وعلينا أن نتنظر وقتا طويلا حتى تجف كليا . ولكن يمكن تسريع الجفاف باضافة وسيط الى الزيت يسمى بالجفوف . اذن ، فالورنيش العادي هو مزيج من زيت (غالبا ما يكون اصطناعيا وليس نباتيا في الوقت الحاضر) وجفوف .

وعليه يجب لتحضير الورنيش أن يمزج الزيت الجفوف مع المجفف الذي يباع في المخازن أيضا . ولكن أيسر من الأفضل أن تحضره بنفسك وتجرب فعله ؟

والعديد من المجففات هو أملاح لأحماض عضوية . وبإمكانك تحضير ملح منها معروف جيدا باسم الراتين المصهور . والراتينات هي أملاح الأحماض التي تدخل في تركيب الراتينجات .

سخن في وعاء خزفي (أو معدني) حوالي ٥٠ غم من الراتينج . ويجب أن تتراوح درجة الحرارة بين ٢٢٠ و ٢٥٠°م لأن الراتينج يتصهر في هذا المجال . أضف إلى الراتينج المصهور على دفعات ومع التحريك المستمر ٥ غم من الكلس غير المطلقاً CaO ، فتحصل نتيجة التفاعل على راتينات الكالسيوم .

وإذا أخذت عرضا عن الكلس ١٥ غم من أكسيد الرصاص الممزوج على شكل معجون مع زيت الكتان وأضفتها على دفعات إلى الراتينج ، حصلت على مجفف آخر هو راتينات الرصاص . وبإمكانك الحصول على أكسيد الرصاص يمزج مسحوق الرصاص مع نترات الصوديوم أو البوتاسيوم (وكلاهما ساد معروف) ثم تسخين المزيج فيتكون أكسيد الرصاص ذو اللون الأصفر . يتابع التسخين حتى يصبح اللون شديدا ثم يبرد المزيج ويعالج بالماء ، فتذوب فيه النواتج اللوابة وتفصل بالخص أكسيد الرصاص الخفيف عن الرصاص الثقيل الذي لم يتفاعل . ويبقى بعد ذلك أن يرشح السائل ويجفف الراسب ، فتحصل عندئذ على أكسيد الرصاص .

ومن الضروري أن يسخن مزيج الراتينج مع CaO أو PbO

حتى تتكون كتلة متجانسة . راقب هذه الكتلة من وقت لآخر بأخذ قطرات منها ووضعا على زجاجة نظيفة . ويجب إيقاف التسخين عندما تظهر القطرات شفاقة .

واليك مجفف آخر منتشر جدا هو أكسيد المنجنيز MnO_2 . والحصول عليه أمر سهل : حضر محلولاً من كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 ومحلولاً آخر من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$. امزج هذين المحلولين فيترسب مسحوق أسود هو الأكسيد المطلوب ، ولا يبقى إلا أي ترسحه وتجففه على الهواء دون تسخين .

وهما كان نوع المجفف الذي حضرته فإن الخطوات التالية تبقى واحدة في كل الحالات . أضف المجفف إلى زيت الكتان أو زيت القنب (كلاهما جفوفان) المسخن حتى الدرجة ١٥٠-٢٠٠°م . ويفضل لتجاح التجربة أن يكون الزيت مكررا . غل ٣-٥ أجزاء من المجفف لكل ١٠٠ جزء من الزيت وامزجها جيدا حتى اللون الكامل . وتكون بذلك قد حصلت على الورنيش . انزكه ليبرد ثم جرب تأثير المجفف . غل قطعة من الزجاج أو المعدن وادهن قسما من سطحها بطبقة رقيقة من الورنيش والقسم الآخر بطبقة رقيقة من الزيت الصافي والخالي من الوسيط المجفف . وستلاحظ بسهولة كيف أن المجفف يجعل كثيرا جفاف الزيت . وإذا كنت قد حضرت عدة مجففات بإمكانك أن تقارن بينها لمعرفة مدى تأثير كل منها .

ويكفي الآن للحصول على الدهان الزيتي أن يمزج الورنيش مع خضب (صخ) جاهز أو من صنعك . ولكن اتبه هنا إلى أن الخضب يجب أن يكون مجففا على أحسن وجه ومسحوقا

ومنخلا خلال أدق منخل متوفر لديك ، أو خلال طبقتين من الشاش .

أضع الوريش نقطة نقطة الى هذا المسحوق الدقيق مع فركه جيدا وتحريكه حتى تتكون كتلة متجانسة لزجة تشبه العصيدة افرك الكتلة جيدا مرة أخرى ثم خففها بالوريش نفسه حتى تصبح شبيهة بالدهان العادي . ومن المحتمل أن تحصل على دهان شفاف الأمر الذي يعتبر غير مرغوبا فيه في بعض الأحيان ولإزالة الشفافية يضاف الى الزيت خضب أبيض يقضى على الشفافية ولن يؤثر على اللون النهائي للدهان .

ويجب أن تأخذ بعين الاعتبار أنه مهما كان عمك دقيقا ومتفنا فان الدهان الزيتي الذي ستحصل عليه سيكون أسوأ قليلا من الدهان الذي يباع في المخزن . ولكنه ، بالرغم من ذلك ، من صنع يدك .

الأخضاب

كانت الأخضاب تسمى منذ عشرات السنين بالدهانات المعدنية لتأكيد على منشأها نظرا لأن الكثير من الأخضاب الطبيعية كان يحضر بسحق المعادن الملونة . واليوم تطبق هذه الطريقة أحيانا ، وخاصة عندما يراد تحضير دهانات براقه زاهية وثابتة لرسم اللوحات الفنية . ولكن الأخضاب الاصطناعية (مختلف أكاسيد وأملاح الفلزات) هي الأكثر استعمالا في الوقت الحاضر . وتسمى الأخضاب بالأصباغ اذا كانت ذات طبيعة عضوية . وعندئذ تستعمل بصورة رئيسية في صباغة الأقمشة .

ولنظم الآن بتحضير أخضاب معدنية متعددة الألوان . ولنبدا بالأخضاب البيضاء .

تقوم مركبات الرصاص والزنك والتيتانيوم بدور الأخضاب البيضاء عادة . وأفضل مصدر للرصاص في مخبر المنزل هو محلول أسيتات الرصاص القاعدية ذو التركيز 20٪ . وقد سبق واستخدمت هذا المحلول . وربما أن أبيض الرصاص عبارة عن كربونات الرصاص القاعدية $Pb(OH)_2CO_3$ ، لذا فان تحضيره يتوجب امرار ثاني أكسيد الكربون خلال محلول الأسيتات . عندئذ يترسب أبيض الرصاص . ويبقى بعد ذلك أن يرشح ويغسل بالماء ثم يجفف . وتجدر الإشارة هنا الى أن الرشاحة تحتوي على محلول أسيتات الرصاص ولذا حاول الا تسقط مركبات الرصاص على اليدين والوجه ولا يجوز بأى شكل من الأشكال أن تدخل القم . ويمنع دهن الأواني المطبخية وجميع الأدوات التي تستعمل في تحضير الطعام بدهانات تحتوي على مركبات الرصاص (ومجفف رصاصي أيضا) .

ولا تصلح دهانات الزنك التي ستعرض لها الآن لعلى الأواني المنزلية أيضا وتطبق عليها جميع التخديرات التي ذكرناها بخصوص دهانات الرصاص .

ان المادة الأساسية لتحضير أخضاب الزنك هي كلوريد الزنك $ZnCl_2$. ويمكن الحصول على محلول منه بإضافة قليل من الزنك الى حمض الهيدروكلوريك . ويمكنك الحصول على الزنك من بطارية قديمة لأنها مصنوعة من الزنك الصنف تقريبا . أضعف الى المحلول الناتج نقطة نقطة من محلول صودا الفسيل ، فيقوم هذا المحلول أولا بتعديل القاطن من الحمض (والذي يعل على

ذلك هو تشكل الرغوة) ثم يتفاعل مع كلوريد الزنك مكونا الكربونات $ZnCO_3$. تفصل هذه الكربونات بالترشيح وتغسل بالماء ثم تجفف عند درجة لا تقل عن $280^{\circ}C$ ومن ناحية أخرى لا يجوز رفع درجة الحرارة عن هذا الحد لأن كربونات الزنك تتفكك عندئذ الى أكسيد الزنك ZnO و CO_2 .

وشبه خضاب أبيض آخر من الزنك هو كبريتيد الزنك ZnS . ولتحضيره لا بد من الحصول أول على كبريتيد الصوديوم Na_2S . ولهذا الغرض تسخن كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 بشدة (لا تنس أن هذه المادة تباع لتحضير أفلام التصوير) فتتكون عندئذ مادتان هما كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 وكبريتيد الصوديوم Na_2S . ونحن بحاجة للمادة الثانية فقط . ولهذا يلزم المزيج بعد تبريده في الماء ثم يضاف إليه قليل من محلول كلوريد الزنك الذي حصلت عليه في التجربة السابقة . حاول الأبقى فائض من الحمض في المحلول لأن الكبريتيد المتكون يذوب فيه . وبعد الترشيح والتجفيف تحصل على مسحوق أبيض اللون هو ZnS .

ولنتقل الآن الى الأعضاب الملونة . وسنحضر واحدا منها وهو أخضر النحاس أو الزنجار المعتدل .

أضف الى محلول كبريتات النحاس محلول الصودا فيتشكل راسب من كربونات النحاس القاعدية $Cu_2(OH)_2CO_3$. رشح هذا الراسب ثم أضف إليه بخلر قطعة قطعة من محلول روج الخلل حتى يذوب الراسب تماما . بخر المحلول حتى الجفاف تقريبا على نار هادئة مع مراعاة عدم الافراط في التسخين ودون السماح لسائل بالتردد ثم اتركه لتجف ليبرد . انفصل بالترشيح اللورات

الخضراء المزرقة الناتجة ونشها بوضعها داخل أوراق ترشيح . يفضل أن تجرى هذه التجربة في المخبر تحت نافذة سحب الغازات وفي حال اجرائها في البيت ، فلا تنس أن تفتح النوافذ لتتهوية وحتى تزول رائحة الخل .

ولنتقل الى الأعضاب المكونة من أكسيد الحديد Fe_2O_3 ، فهي متعددة ويختلف لونها من الأحمر الى البني . وقد يسود أكسيد الحديد من جراء التسخين الشديد .

يحضر أكسيد الحديد بسهولة بتحضير كبريتات الحديد المائية . ويفضل أن تجفف على دفعات صغيرة لكي يجرى التفكك بسرعة أكبر ، ويتابع التحميص حتى يتحول اللون من الأخضر الى الأسود . وبعد التبريد يتكون الأكسيد Fe_2O_3 ذو اللون الأحمر .

وإذا لم يتسن لك شراء كبريتات الحديد المائية فإمكانك أن تحضرها من كبريتات النحاس الأكثر توفرا : ارم في محلول كبريتات النحاس ثلثة من الحديد مفسولة بالزنك . وبعد أن يتحول لون المحلول من الأزرق الى الأخضر رشحه ثم بخره حتى الجفاف فتحصل على كبريتات الحديد وإن كانت ليست نقية تماما (لأن الحديد يتأكسد جزئيا باكسجين الهواء) إلا أنه يمكن استعمالها في تجاربنا هذه .

يمكن تحضير هيدروكسيد الحديد البني $Fe(OH)_3$ من محلول كبريتات الحديد بعد أن يضاف إليه هيدروكسيد الصوديوم (وهو كما جاء في فقرة التقصير والخصائص) من صودا الغسيل والكلس المطفى ، ولا تنس أثناء التعامل بأية مادة قلوية من اتخاذ الاحتياطات اللازمة) فيتكون عندئذ راسب من هيدروكسيد

الحديد $Fe(OH)_2$. وتحويل هذا الأخير الى الهيدروكسيد $Fe(OH)_3$ يكفى أن يؤكسد بفوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأكسجيني) أو أن يترك في زجاجة مفتوحة ، إذا كان لديك متسع من الوقت ، فيتأكسد بواسطة أكسجين الهواء . أفضل الراسب البني واتركه ليحفظ في درجة حرارة الغرفة .

ويشتهر بين الأحماض القائمة على الحديد خشب أزرق يدعى أزرق برلين أو زرقه بروسيا . وفيما يلي طريقة تحضيره :
أذب هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_3$ الذي حصلت عليه في التجربة السابقة في حمض الهيدروكلوريك (يمكن استعمال الحمض المخفف الذي يباع في الصيدلية) أو في محلول روح الخل ، وإن كان أسوأ من الحمض الأول . امزج المحلول الناتج مع محلول فروسيناتات اليوتاسيوم (المعروف باسم الملح الدموي الأصفر) فيتكون راسب أزرق هو أزرق برلين $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ وهذا التفاعل حساس جدا وكثيرا ما يستعمل للكشف عن أيونات الحديد ثلاثي التكافؤ في المحلول .

يمكن أن يضاف أكسيد الرصاص الأصفر ، الذي استعملته لتحضير المجفف ، الى الدهان ليقوم بدور الخشب أيضا . وللحصول على أكسيد الرصاص الأحمر Pb_3O_4 يكفى أن يسخن في الهواء أكسيد الرصاص PbO الذي حضرته سابقا . والمشكلة الدقيقة هنا هي أن تفاعل الأكسدة عكوس بحيث أن الأكسيد الأحمر Pb_3O_4 يتحول في درجة أعلى من الدرجة $500^\circ C$ الى الأكسيد الأصفر PbO من جديد وهذا يعنى أن درجة حرارة التفاعل يجب أن تكون تحت الدرجة $500^\circ C$ بقليل ولا يجوز أن تكون أقل منها كثيرا لأن التفاعل لن يحدث عندئذ . ولا

أظن أنه لديك ترمومتر (ميزان حرارة) مناسب لقياس هذه الدرجة . ولكن يمكن أن تحل هذه المشكلة بوضع قطعتين من الرصاص واتركه بجانب الأكسيد المحمص ويكون المجال الواقع بين درجتى انصهارهما ، وهما $327^\circ C$ و $420^\circ C$ على التوالي ، مناسبة للحصول على الأكسيد . وطبيعى أن ينصهر الرصاص أثناء التجربة بينما يبقى الزئبق صلبا أثناءها .

والسناج (هباب الفحم) يستعمل كخشب أسود أيضا . واليك طريقة للحصول على سناج جيد تصلح للاستعمال في الدهانات : وجه لهب شععة من البارافين على سطح بارد لشيء لا يشتعل طبعيا . اقطع من وقت لآخر الطبقة الرقيقة السوداء المتكونة . ففي مثل هذه الظروف لا يحترق البارافين كليا والى جانب ثاني أكسيد الكربون CO_2 يشكل السناج أى الفحم . وفي الختام سنحضر الأحماض الخضراء . وسنبدا بأكسيد الكروم Cr_2O_3 ذي اللون الأخضر الغامق . ولعلكم تذكرون من تجارب الأكسدة والاختزال أن الكثير من مركبات الكروم ملونة مما يجعلها تستخدم كأحماض تضاف الى الدهانات التي لا تتلامس مع المواد الغالبية .

وستنتقل من بيكرومات اليوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ، وهي أكثر مركبات الكروم توفرا . اخلط بيكرومات اليوتاسيوم مع الفحم القفال أو الكبريت ثم اسحق المزيج جيدا في هاون . خذ بعد ذلك 2 غم من هذا المزيج وسخنها جيدا في وعاء خزفي أو معادني (يجرى التفاعل بعنف عندما تكون الكمية كبيرة) . يرد المزيج واملسه عدة مرات بالماء ثم رشه . جفف الراسب الأخضر الغامق المتبقى على ورقة الترشيح وهو أكسيد الكروم .

وئمة طرائق اخرى للحصول على هذا الخشب ، يتم ذلك مثلا بتسخين بيكرومات الأمونيوم ، أو مزيج من بيكرومات اليوتاسيوم مع كلوريد الأمونيوم . وتجدر الاشارة الى أن أكسيد الكروم المتكون في هذه التفاعلات لا يستخدم كخشب أخضر فحسب ، وإنما يستعمل كمادة حالة دقيقة تعتبر من أفضل المواد في هذا المجال ، وهو يدخل في تركيب العديد من معاجين الصقل الدقيقة جدا والتي تستعمل ، مثلا ، في صقل وتلميع عدسات ورايا الأجهزة الضوئية .

ويبقى أخيرا أن نذكر الخشب الأخضر هيدروكسيد الكروم وهو يوصف «بالأخضر الزردي» أيضا ، ويتميز عن الهيدروكسيد الرمادي العادي ذي التركيب ذاته بأنه يتألف من حبيبات وجسيمات أكبر . اصهر بيكرومات اليوتاسيوم مع حمض البوريك في ملعقة حديدية ويجب التسخين حتى الدرجة الحمراء للحديد ، وعليه ينهى مسك المعلقة بالملقط . عالج الصهارة ، بعد تبريدها ، بالماء ثم رشح المزيج ، وستأكد من أن لون المادة هو فعلا أخضر زردي .

وبعد أن حصلت على كمية كافية من الأخضاب ، يستحسن أن تضيف منها في تركيب الدهانات الزيتية التي صنعتها بنفسك أو الدهانات الجاهزة التي اشتريتها من المحزن كأن تضيفها مثلا الى دهان أبيض أو طلاء اصطناعي .

الدهانات المائية

كثيرا ما تصادف في الكتب القديمة تسميات لأصباغ غريبة مثل الصندل الأحمر والكاريين (القرمز) والبيلاج وشجرة

اليشم ... وغيرها . ولا يزال البعض من هذه الأصباغ يستعمل حتى في الوقت الحاضر ولكن بكميات قليلة جدا وفي مجال خاص جدا وهو تحضير الدهانات التي تستعمل في رسم الورشات الفنية . والواقع أن الأصباغ الطبيعية التي تحمل مثل هذه الأسماء الجميلة تحضر من النباتات والحريانات ، وهذا ، كما تعلمون ، أمر معقد وقال الثمن ، وإن كانت الأصباغ الطبيعية تتميز بوضوحها وصفاتها وبناتها ومقاومتها للوهو .

ولعل من الممتع والطريف التحقق من ذلك . ولكن كيف ؟ فشجرة اليشم تنمو في أمريكا الجنوبية ، وشجرة الصندل الأحمر تنمو في جنوبي آسيا ، ويستخلص البيلاج من حيوان الجبار (وهو حيوان بحري هلامي) ويستخلص الكاريين من حشرات صغيرة جدا .

وبالرغم من كل ذلك ، فإمكانات الحصول على أصباغ طبيعية في منزلك وأينما كنت . فالنباتات التي تحيط بك تحوي مواد ملونة وإن كانت ليست على هذه الدرجة من الصفاء والمتانة كما في الأصباغ الآفة الذكر . وكان أسلافنا يستعملون هذه المواد كثيرا . وستحاول نحن استخلاص الأصباغ من النباتات لاستعمالها بعد ذلك في تحضير الدهانات المائية . لذا فمن الطبيعي أن تكون هذه الأصباغ جيدة اللوان في الماء . ستحضر جميع الأصبغة بطريقة واحدة تقوم على سحق النبات أو جزء منه ثم غليه في الماء فترة طويلة بغية الحصول على محلول مركز لزج ، ولا داع هنا للحصول على أصبغة جافة لأن هدفنا الأخير هو تحضير دهان يلوذ في الماء .

وأرد أن ألفت انتباهك الى قضية هامة جدا وهي : لا تأخذ

سوى النباتات التي يسمح بجمعها في المنطقة التي تعيش فيها ولا يجوز في أى حال من الأحوال قطف الأزهار واقتلاع النباتات البادئة الموضوعة تحت حماية السلطات المحلية . ولكن لا تلحق الضرر بالطبيعة يجب أن تكفى بجمع عدد محدود من النباتات .

وسيلة ضد الصدأ

لا تستعمل الأوراق والأغصان والجذور والثمار لتحضير الأصباغ فحسب ، وإنما تحضر منها عشرات المواد المفيدة الأخرى . وقد تصعب إذا قلنا أن النباتات تحتوى على مركبات عضوية تستطيع حماية القلرات من التآكل .

تصور أنه يراد تنظيف قطعة فولاذية ضخمة من الصدأ . فهل ستقوم بحكمها بورق صفره ؟ طبعاً لا ، وإنما ستستخدم طريقة كيميائية ، كالتنظيف بالحمض مثلا ، ولكن لنفرض أنك غطت هذه القطعة في محلول حمض ما يزيل الصدأ فاته من السحيم عندئذ أن يلوب قسم من القلر فيه لآنك لا تستطيع ، مهما حاولت ، منعه من الاحتكاك بالحمض .

اذن ، فالجواب واضح وهو أنه نحتاج الى محلول يزيل الصدأ ولا يؤثر على المعدن . والواقع أنه يستخدم منذ وقت طويل محاليل كالمحلول المذكور . ففيها يدخل الى جانب الحمض مادة هامة أخرى تدعى مشط التآكل . وهي مادة تبطئ كثيرا فوبان المعدن ولا تعيق أبداً فوبان أكاسيده وهيدروكسيدات ، أى المواد التي تنتج من تآكله .

تستخدم في المصانع مشبطات تحضر غالبا بطريقة اصطناعية ،

ونذكر من بينها سداسي ميثيلين التترامين . وهو يباع في الصيدليات تحت اسم «الأوروتروبين» . والآن اذا أخذت قطعتين متماثلتين من الحديد ووضعتهما في البرونى اختبار يحوى الأول محلولاً ضعيفاً من حمض الهيدروكلوريك ويحرق الانبوب الثانى المحلول ذاته مضافاً اليه قليل من الأوروتروبين ، لاحظت بسرعة الفرق بين الحاليتين حيث يكون فوبان المعدن بطيئاً جداً في المحلول الحاوى على المشط

ولكن غايتنا هي استخلاص مشبطات التآكل من النباتات وستستعين لهذا الغرض بأوراق وأغصان البطاطس والبتندورة (الطماطم) .

تقطع الأوراق والأغصان بالسكين قطعاً صغيرة وتغمر في محلول مخفف (لا يزيد تركيزه عن ٥%) من حمض الهيدروكلوريك . وفي حال استخدامك لحمض الهيدروكلوريك الذى يباع في الصيدلية فانه يكفى أن يخفف مرتين فقط حتى تحصل على المحلول المطلوب . احتفظ المزيج في وعاء مغلق واتركه عدة أيام أو أسبوع حتى تكتمل عملية الاستخلاص . وعندما يصبح المحلول جاهزاً يسكن استعماله لتنظيف الصدأ . ويحضر محلول التنظيف عندما يكون الصدأ كثيراً جداً كما يلي : أجزاء من محلول الاستخلاص مع ٤٠ جزءاً من حمض الهيدروكلوريك المركز و ٧٥ جزءاً من الماء (تحول الأجزاء الى حجوم لسهولة التحضير) . وعندما يكون الصدأ قليلاً تؤخذ ١٠ أجزاء من محلول الاستخلاص وحوالى ٢٠ جزءاً من الحمض ويمكن زيادة كمية الماء قليلاً .

وبامكانك غمر القطع المعدنية التي يعاوها الصدأ في مثل

هذه المحاليل حيث تصبح نظيفة بعد فترة ، وإن تؤثر أبداً على المعدن نفسه .

أذن ، فما هي المواد الموجودة في النباتات والتي تحمي الفلز جيداً من التآكل ؟ أنها جملة من المركبات . وتشمل أشباه الفلورايت وبيروكسيدات السكرينات والبروتينات والمواد المخاطية والعفصية . فجميعها قادرة ، وإن كان بدرجة مختلفة ، على الامتزاز على سطح المعدن والبقاء عليه ، مما يحول دون حدوث تماس مباشر بين المعدن والحضض . ولا ترغب هذه المواد في الاتحاد مع الصدا ، وتتركه يذوب في الحوض دون أى عائق .

لندن بلا دهان

يمكننا أن ندهن بلا دهان الطلوح المعدنية وذلك بطليها (كيميائياً أو كهروكيميائياً) بطبقة رقيقة من الأكاسيد أو الأملاح التي تلتصق جيداً على السطح . ولكن تنفيذ ذلك ليس بالأمر السهل . والتدليل على ذلك هو أن الحديد يتغطى في الهواء الرطب بسرعة (ودون مساعدتنا) بطبقة بيضاء حمراء من نواتج الأكسدة وهي بكل بساطة طبقة من الصدا . ولكن طريقة الطلاء هذه لا تصلح لأى شيء أبداً لأن الصدا لا يلتصق جيداً بجسم المعدن ويولت اليدين عند لسه .

وسنورد هنا عدة طرائق لدهن الفلزات الحديدية ، يمكن اجراء البعض منها فقط في البيت بينما يحتاج البعض الآخر الى كواشف كيميائية لا يمكنك شرائها في الصيدلية أو في المخازن العادية . ولكننا نأمل أنك أصبحت عضواً في الحلقة الكيميائية في مدرستك .

يسود النحاس والنحاس الأصفر (الشبه) بسرعة في الهواء ولكنهما يحافظان على لمعانهما إذا ما طليا بطريقة كيميائية . والاعداد لهذه الطريقة يتطلب فترة من الزمن لأن سطح المادة يجب أن يكون نظيفاً جداً وخالياً من الرشح والدهن ، ولهذا الغرض يصفى السطح جيداً ويصح بعدها بقطعة قماش مبللة بالبنزين ثم يفرق ببطاشير رطب . تغسل القطعة النحاسية تحت ماء جار وتعلق بخيوط مبيّن ولا يجوز بعد ذلك لمسها باليد كي لا تبقى بقع دهنية على سطحها (حتى ولو كانت اليد جافة تماماً ، فإنه يوجد على الجلد قليل من الدهن) . غطس القطعة في محلول مخفف من حمض النتريك (الآزوت) (5-10 ملل في 100 ملل من الماء) ثم اغسلها بماء ساخن . وتصبح القطعة جاهزة عندئذ .

والآن يتعلق الأمر بالإين الذي قررت أن ندهن به النحاس . فإذا كان أسود ، فما عليك إلا أن تتركه خمس دقائق في محلول يحوى كل 100 ملل من الماء فيه على 0.9 غم من الصودا الكاوية و 0.3 غم من فوق كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (وهي مادة تستعمل في التصوير) . ويجب أن تكون درجة حرارة المحلول 90-100°م .

ويتلخ النحاس والنحاس الأصفر بلون بني كلون الشوكولا بعد غمرها في محلول من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات النيكل NiSO_4 وكبريتات النحاس CuSO_4 (4.5 و 2 و 10.5 غم على التوالي في 100 ملل من الماء) ، تتراوح درجة حرارته بين 90°م و 100°م أيضاً . ويتحول لون النحاس الأصفر الى لون أزرق سماوى بعد تركه فترة قصيرة في محلول يتألف من 3 غرامات

من أسيتات الرصاص و ٦ غرامات من ثيوكيرينات الصوديوم (الهيوسوليت) و ٥ غرامات من حمض الخليك و ١٠٠ ملل من الماء ويجب أن تكون درجة حرارة هذا المحلول حوالي ٨٠° م . ويمكن جعل النحاس أخضر اللون . ولهذا يكفي أن يعمر في محلول تركيبة كالتالي : في كل ١٠٠ ملل من الماء يوجد ٢٠ غم من نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$ و ٣٠ غم من هيدروكسيد الأمونيوم و ٤٠ غم من كلوريد الأمونيوم و ٤٠ غم من أسيتات الصوديوم (يمكن الحصول على محلول منها يتفاعل الصودا مع الحل) . ونقلت انتباهك الى أنه يجب التعامل بنترات النحاس بحذر وصعها من السقوط على الوجه أو في الفم خاصة .

ولهذا لاحظت أننا لم نعين زمن التفاعل في جميع التجارب باستثناء تجربة اسوداد النحاس . وعليك أن تعينه بنفسك تجريبيا اعتمادا بعين الاعتبار أن اللون يشتد كلما طال زمن التفاعل . والفلز الثاني الذي يمكن طلاؤه كيميائيا هو الزنك . وهو قليل الاستعمال إلا أن الأدوات المطلوبة به معروفة جيدا ويمكننا استخدام أية أداة قديمة منها لاجراء التجارب عليها . ولهذا الغرض يغسل سطحها بمحلول الصودا أو يمسح بقطعة قماش مبللة بالبتزين ثم يغسل بالصابون والماء الساخن ويشطف عدة مرات بالماء والآن يمكن أن نضع على السطح المغلي بالزنك المواد التي تتفاعل معه وتعطي مركبات ملونة . ونورد فيما يلي كيفية تحضير هذه الألوان .

اللون الأسود : جرمان من نترات النحاس و ٣ أجزاء من أكسيد النحاس و ٨ أجزاء من حمض الهيدروكلوريك و ٦٤ جزءا من الماء . بعد ظهور اللون يغسل السطح بالماء ويجفف .

اللون الأخضر : ١٠ أجزاء من كبريتات النحاس و ١٠ أجزاء من حمض الطرطريك و ١٢ جزءا من الماء و ٢٤ جزءا من محلول الصودا الكاوية في الماء (١ : ١٥) . يشطف السطح بالماء حالما يظهر اللون ولا تستظهر مسحة بنية عليه .

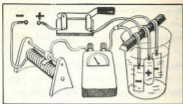
اللون الأزرق : ٦ غم من ملح لتينكل و ٦ غم من كلوريد الأمونيوم في كل ١٠٠ ملل من الماء .

اللون الذهبي : يمزج محلول مؤلف من جزء واحد من حمض الطرطريك وجزئين من الصودا وجزء واحد من الماء مع غضار نظيف . يفرق السطح بهذا المزيج . ويشطف بالماء بعد أن يجف .

اللون البني البرونزي : جزء واحد من النحاس الأخضر (الزنجار المعتدل) و ٥ أجزاء من حمض الخليك . يفرق السطح بالمزيج ثم يغسل بالماء ويجفف .

اللون النحاسي : لما كان الزنك أنشط من النحاس ، لذا يكفي أن يبلل بمحلول ملح نحاسي ، ككبريتات النحاس مثلا . ونذكر بالمناسبة أنه يمكن بهذه الألوان رسم لوحة ما على سطح الزنك .

ولنتلقت من الزنك الى الألومنيوم . ولكن طلاء الألومنيوم أعقد بعض الشيء ويستغرق وقتا أطول ولا يتم الا بواسطة التيار الكهربائي . وهنا يستغنى عن أكسيد الألومنيوم وأملاح الألومنيوم وتطبق طريقة أخرى تعرف باسم الأبوذة . وتتلخص هذه الطريقة فيما يلي : تغمر قطعة الألومنيوم في الكتروليت ويمر خلالها تيار كهربائي فتتكون عندئذ على سطحها طبقة من الأكسيد يقل ثخنها عن ٠,١ ملم . وباعتبار أن قطعة الألومنيوم تقوم بدور



واجعل التيار يساوى ٢٠ - ٢٥ ميلي أمبير لكل ١ سم^٢ من السطح . لاحظ كيف أن القطعة تتغطى رأسا بقذاعات الغاز . وهذا يعنى أن الأكسجين يتطلق ويؤكسد الألومنيوم وتسمر العملية حوال ساعة واحدة في درجة حرارة الغرفة .

اغسل القطعة المأثورة تحت ماء جار . وغسلها بعد ذلك في محلولين ملئتين على التوالي بشرط أن يبقى في كل منهما مدة تتراوح من ٥ الى ١٠ دقائق ثم اغسلها بعد كل مرة تحت ماء جار . وأخيرا اغسل القطعة الملوثة بالماء واتركها لتجف .

واليك فيما يلي تراكيب المحاليل الملوثة وتراكيزها المحتملة (بالغرامات في كل ١٠٠ ملل من الماء) :

اللون الأزرق : فروسيانيد البوتاسيوم (١ - ٥) وكلوريد الحديد ثلاثي التكافؤ (١ - ١٠) ؛

اللون البنى : فروسيانيد البوتاسيوم (١ - ٥) وكبريتات النحاس (١٠ - ١) ؛

اللون الأسود : أسيتات الكوبلت (٥ - ١٠) وبرمنجنات البوتاسيوم (١,٥ - ٢,٥) ؛

الأثود لذا سميت المعالجة بالأثود . وتكون طبقة الأكسيد هذه مملوءة بسامات دقيقة جدا تثبت الأصباغ فيها جيدا . ويمكن دهن السطح المأثود بأصباغ عضوية وطبيعية ، ولكن يفضل استعمال المواد اللاعضوية لهذا الغرض . وتعالج القطعة عادة في محلولين ملئتين بالتتابع وعندئها تبقى نواتج التفاعل الملوثة في السامات .

اصقل قطعة الألومنيوم ثم امسحها بالترين أو الأسيتون لترفع الدهن عنها . اغسلها بماء ساخن واربطها بسلك وغسلها في محلول من الصودا الكاوية تركيزه ٥٪ اتركها في المحلول ثلاث دقائق ثم اغسلها بالماء مرة أخرى وغسلها في محلول ضعيف من حمض النتريك (٢٠ - ٣٠ ملل من المحض في ١٠٠ ملل من الماء) . وطبيعي أنه لا يجوز الآن لمس القطعة وإنما يجب أن تمسك بسلك . اغسل القطعة من جديد بماء ساخن أولا ثم بماء بارد . وعلقها داخل الكأس . ولهذا الغرض يوضع قضيب خشبي أو قلم رصاص على فوهة الكأس ويلف عليه السلك بحيث تصبح القطعة معلقة داخل كأس وعلى ارتفاع عدة سنتيمترات فوق قعره . اربط القطعة بالقطب الموجب لمنع التيار . علق الكاثودين ، وهما صفيحتان من الفولاذ ، بالطريقة السابقة . وكمسح للتيار يمكن استخدام بطاريات صغيرة الا أنها تستهلك بسرعة . ويفضل استخدام مركب أو محلول مع مقوم .

اسكب في الكأس محلولاً من حمض الكبريتيك (٢٠ ملل من المحض في ١٠٠ ملل من الماء) . ضم الئ السلسلة مفتاح كهربائي ومقاوم متغير لتنظيم التيار . ويجب أن تشمل السلسلة جهازاً لقياس شدة التيار (الميلي أمبير متر) . اقلل السلسلة

اللون الأصفر : بيكرومات البوتاسيوم (٥ - ١٠) وأميتات الرصاص (١٠ - ٢٠) ؛
 اللون الأصفر اللحمي : هيبوسولفيت الصوديوم (١ - ٥) وبرمنجنات البوتاسيوم (١ - ٥) ؛
 اللون الأبيض : أميتات الرصاص (١ - ٥) وكبريتات الصوديوم (١ - ٥) ؛
 اللون البرتقالي : بيكرومات البوتاسيوم (٥ - ١٠) ونترات الفضة (٥ - ١٠) .

الطلاء بالكهرباء (الطلاء الغلفاني)

من الطبيعي أن تنتقل بعد أئودة الألومنيوم الى تجارب كيميائية كهربائية أخرى طالما وأنه تتوفر بين أيدينا جميع الأدوات اللازمة لذلك من مغضس الكتروليتي ومنبع للتيار ومقاوم متغير ومفتاح كهربائي وغيرها . وسنقوم في هذه التجارب باستخلاص الفلز من المحلول ثم طليه على سطح ما . وتسمى هذه العملية بالطلاء بالكهرباء أو الطلاء الغلفاني . ونشير في هذه المناسبة الى أن أئودة الألومنيوم تنتمي الى عمليات الطلاء بالكهرباء .

وستعلم أولا كيفية طلاء سطح فولاذي بالنحاس . والطلاء بالنحاس عملية واسعة الانتشار في الصناعة . وهي ليست عملية مستقلة بذاتها فحسب ، وانما تطبق (وفي أكثر الأحيان) كعملية تمهيدية تسبق عملية التغطية بطبقات من الكروم والنيكل والفضة أكثر متانة وجمالا من الطبقة النحاسية . ويعزى السبب في اللجوء الى الطلاء بالنحاس كمرحلة أولى الى أن النحاس يلتصق

جدا على الفولاذ ويملاء جميع الثغوب والفجوات على سطحه فيجعله أملس وانعما ، أضف الى ذلك أن الفلزات الأخرى تترسب جيدا على الطبقة النحاسية . ويبدو وكأن كل شيء بسيط : اذ يكفي أن تعالج قطعة الفولاذ بمحلول كبريتات النحاس حتى يقوم الحديد الأكثر نشاطا وفعالية من النحاس بطرد هذا الأخير من المحلول فيترسب على السطح . والواقع أن هذا ما يحصل فعلا (يمكنك التأكد من ذلك بتفطيس مسار تظليل في محلول $CuSO_4$) ولكن طبقة النحاس المتكونة على السطح تكون هشّة جدا ويمكن أن تزول بسهولة بمجرد مسحها بشعطة قماش . أما المعالجة الكيميائية الكهربائية ، فتجعل طبقة النحاس متساوية ومتينة .

واليك طريقة بسيطة جدا لطلاء بالنحاس : انزع الطبقة العازلة من نهاية سلك كهربائي ، وشعت الأسلاك النحاسية الرفيعة فيه بحيث تأخذ شكل «الفرشاة» . ولسهولة العمل اربطها بقضيب خشبي أو قلم رصاص واربط الطرف الآخر من السلك بالقطب الموجب لبطارية مصباح جيب كهربائي . اسكب الالكتروليت ، (وهو محلول مركز من كبريتات النحاس يفضل أن يكون محمضا قليلا) في كأس واسع يمكن غمس «الفرشاة» فيه بسهولة . حضر صفيحة من الفولاذ أو أية قطعة أخرى يفضل أن يكون سطحها مستويا . المركب بورق صنفرة ناعم ، ونظفها بجليها في محلول صودا الغسيل . ضع الصفيحة في المغطس وأوصلها بالقطب السالب لبطارية . ولأن أصبحت السلسلة جاهزة ، ولم يبق علينا الا أن نغيب الالكتروليت . اغمس «الفرشاة» في محلول كبريتات النحاس ثم مررها أمام الصفيحة دون أن تلمس سطحها

وحاول أن تبقى دائما طبقة من الالكتروليت بين الصفيحة والقرشاة . ويجب أن تبقى الأسلاك مبللة بالمحلول . وستلاحظ أن الصفيحة ستتغلى بطبقة حمراء من فلز النحاس . وستفرق العملية عدة دقائق . وإذا كان السطح أكبر احتاجت العملية وقتا أطول وبطارية اضافية توصل على التوالي مع البطارية الأولى . وبعد انتهاء الطلاء تجفف القطعة في الهواء وتترك طبقة النحاس الربدها بقطعة قماش من الصوف حتى تصبح لناعمة .

وبالنسبة ، يمكن اجراء هذه التجربة على صفيحة من الألومنيوم أو الزنك . وهذه العملية ، التي لا تغطس فيها القطعة في مغس الكتروليتي ، وانما تعالج من الخارج باضافة الالكتروليت طبقة الوقت ، تطبق أحيانا في الصناعة ، وبخاصة عندما تكون القطع كبيرة جدا ولا يتوفر لها مغس ملائم ، كما هو الحال عندما يراد تجديد الطلاء على هيكل باخرة عابرة لمحيطات ... ومع ذلك ، فإن القطع عندما تكون صغيرة تغطس عادة في مغس الكتروليتي . فهذه عملية أسرع وأبسط . وهذا ما يلجأ اليه عادة أثناء طلاء الفولاذ بالنيكل ، أو بعبارة أدق ، قبل الطلاء بالنيكل ، لأن طلاء الفولاذ بالنحاس أولا مر لا بد منه في هذه الحالة .

المرك القطعة المعدنية التي تريد طلاؤها بالنيكل (وتسكن صنوبر ماء أو لوحة ترديد تعليقها على الباب) بورق صنفرة ازرع طبقة الأكسيد عنها ، ونظفها بالقرشاة ، ثم اغسلها جيدا بالماء ، وضعها بعد ذلك في محلول ساخن من صودا الغسيل . اسحبها من المحلول واغسلها بالماء مرة أخرى . علق في كأس أو زجاجة واسعة صفيحتين نحاسيتين (الأثود) بواسطة سلكين (يفضل

أن يكونا من النحاس) . علق القطعة بينهما (بشم التعليق كما ذكرنا آفا بلف الأسلاك حول قلم رصاص يوضع على فوهة الكأس أو الزجاجية) . أوصل سلكي الصفيحتين النحاسيتين فيما بينهما وأربطهما بالقطب الموجب لمنع التيار . ثم اربط القطعة بالقطب السالب . أدخل في السلسلة مقاوم متغير لتنظيم التيار وجهاز ميل أمبير متى لقياس شدة التيار . استعمل كمنبع للتيار ثلاث بطاريات لمصباح جيب كهربائي متصلة على التوالي ، أو مركم لا يزيد جهده عن ٦ فولط .

اسكب محلول الالكتروليت (وهو يتألف من ٢٠ غم من كبريتات النحاس و ٢-٣ ملل من حمض الكبريتيك في كل ١٠٠ ملل من الماء) في الكأس بحيث يغمر الالكترودات كلها . اجعل التيار ، مستعينا بالمقاوم المتغير ، يتراوح من ١٠ الى ١٥ ميلي أمبير لكل سنتيمتر مربع واحد من سطح القطعة . اقطع التيار بعد عشرين دقيقة ، واسحب القطعة من المحلول ، فتلاحظ أنها أصبحت مغطاة بطبقة رقيقة من النحاس . احتفظ بالالكتروليت لانك ستحتاجه فيما بعد .

ويبقى بعد ذلك اجراء الطلاء بالنيكل . حضر الكتروليتا جديدا (٣٠ غم من كبريتات النيكل و ٣.٥ غم من كلوريد النيكل و ٣ غم من حمض البوريك في كل ١٠٠ ملل من الماء) واسكبه في كأس آخر ، حضر الكتروليت من النيكل وغطسها في الالكتروليت ثم اجمع السلسلة السابقة وافتح التيار واتركه حوالي عشرين دقيقة أيضا ، اسحب القطعة من المحلول واغسلها بالماء ثم جففها ، فتلاحظ أنها تغطت بطبقة باهتة من

التبكل ، ولا يبقى الا أن تصقل هذه الطبقة جيدا لتبدو لامعة كالمعادن .

يستعمل عادة حمض الكروميك كالكتروليت في عملية الطلاء بالكروم . و باعتبار أن هذا الحمض غير متوفر لديك ، لذا سنحاول الجوء الى طريقة أخرى . اشتر أكسيد الكروم ، واصهره مع الصودا في الهواء ، أى سخن المزيج في وعاء معدني نظيف ، فتحصل بعد ذلك على كرومات الصوديوم Na_2CrO_4 . أذب الكرومات في الماء . رشح المحلول ، ثم حمضه قليلا بحمض الكبريتيك . والآن يمكن استعمال هذا المحلول للطلاء بالكروم . ولأحاجة لتحضير كرومات الصوديوم اذا كانت متوفرة لديك وجازة للاستعمال .

اسح القطعة الصغيرة التي ترد طلائها بالكروم بورق صنفرة ، وانزع الدهن عنها ، ونظفها بمحلول حمضى ضعيف ، ثم اغسلها جيدا ، واستعملها ككاتود يربطها بالقطب السالب لتيار الغرافيت . ويجب أن يكون الأنود خاملا هنا . ولهذا يستعمل الغرافيت الذى يمكنك الحصول عليه من بطارية قديمة .

يجب استعمال مركب أو عدة بطاريات لمصباح الجيب كى تحصل على التيار اللازم لعملية الطلاء بالكروم . ويمكنك أن تعين بنفسك مدة التجربة والتيار اللازم لها . اسحب القطعة بعد انتهاء العملية ، واغسلها جيدا ، ثم اصقلها حتى اللعان .

التشغيل أو القولية الغلفانية

تمة عملية كيميائية كهربائية أخرى تدعى القولية الغلفانية . وهى منتشرة جدا ، وتلخص في ترسيب طبقة سميكة من الفلز على

سطح مادة ما يزد الحصول على شكل مماثل تماما لشكلها . وتطبق هذه العملية عندما يكون للقطعة المعدنية شكل معقد جدا يصعب أو حتى يتعذر تقليده بالطرائق العادية المألوفة (بالصب أو بالمعاملة الميكانيكية) . وهكذا تصنع التماثيل أحيانا من النماذج المصممة لها (استخدمت هذه الطريقة لتحضير عربة أيلول المعروضة في الواجهة الأمامية لمسرح البولشوى في موسكو) ، وتسخ بواسطتها من عينة التسجيل القياسية القوالب المعدنية التي تضغط فيها الاسطوانات فتنتج عليها الأحاديث والتقرض بدقة تامة .

حضر محلول الطلاء بالنحاس اذا لم يبق منه شيء من العملية السابقة . خذ قطعة من الشح أو البارالين وأسطحها كى يصبح أملس وستويا بقدر الامكان . اكتب على هذا السطح الأملس اسمك أو ارمم عليه صورة أو زخرفة ما . وتنصح بكتابة اسمك كى تحصل على طقراء خاصة بك . وفضل الكتابة بالابرة بشرط ألا تترك خدوشا عميقة . انشر على سطح الصورة بفرشاة ناعمة مسحوقا ناعقا للكهرباء ، وليكن مثلا مسحوق الغرافيت المأخوذ من قلم رصاص عادى ، أو بطارية لمصباح الجيب . الصق بالسطح المغطى بالغرافيت على طرفى الصورة سلكتين رفيعين من النحاس (سيفومان بظل التيار) واربطهما مع بعضهما البعض . علق قطعة الشح في الكأس المملوءة بالكتروليت ، وغطس فيه الالكترود النحاسى ، ثم كمل السلسلة كما في حالة الطلاء بالنحاس . وبما أن العملية هنا تختلف عن الطلاء بالكهرباء في أنها تحتاج الى تيار أضعف بكثير ، ويتراوح من ٥ الى ١٠ ميل أمبير ، لذا يجب وضع

القطعة النقالة على المقاوم المتغير للحصول على التيار المطلوب .
 أوصل التيار وانظر متعلما بالصبر لأن النحاس سيترسب على
 السطح في هذه الحالة خلال خمس ساعات على الأقل .
 ولكن لا داع أبدا لزيادة شدة التيار بغية تسريع العملية لأن التوعية
 ستسوء عندئذ . اقلل التيار واسحب قطعة الشح من الكأس
 ثم اغسها بخلر في ماء ساخن . عندئذ ينصهر الشح ، ويبقى
 بين يديك الصفيحة النحاسية بالشكل الذي أردته . افصل عنها
 السلكين النحاسيين ، وتصح النسخة الدقيقة جاهزة .
 والآن تنتقل الى عمل مفيد ، وهو تحضير ميداليات فريدة
 من نوعها لن يملكها أحد سواك ، وإذا قمت بصنع عشرين أو
 ثلاثين ميدالية منها ، فانها ستبقى كذاكري عن رحلات أو
 مباريات رياضية ...

وهنا مشترك لك الحرية الكاملة في اختيار الرسم الذي تراه
 مناسباً ، ولكن ننصحك بالأ تعقد الأمور وأن تختار رسوماً
 سهلة . اصنع من الكرتون الرقيق طبعة ماثلة لرسم وتعبّر تماماً
 عن شكله الخارجي . ضع هذه الطبعة على صفيحة رقيقة من
 النحاس وقص بموجها العدد الذي ترغب الحصول عليه من
 الميداليات . ولكن الطبعة النحاسية تكون لينة عادة ، ولجعلها صلبة
 الى حد ما نغطي بطبقة أخرى من النحاس في مغطس غلفاني .
 وأظن أنه بإمكانك الآن القيام بمثل هذا العمل . وأليك بعض
 النصائح الخاصة بصنع الميداليات .

القب الطبعة في طرفها بالابرة . وأدخل خلال الثقب سلكا
 معدنيا رقيقا . اغسل الطبعة بالماء ونشفيها ثم امسحها بعد ذلك
 بالبتزين . اغسلها مرة أخرى ، وامسكها بالملقط ، وغطسها

لمدة نصف دقيقة في محلول مخفف من حمض التريك
 (تركيزه حوالي ٥٪) . وأخيرا اغسلها تحت ماء جار ، ثم علقها
 على قضيب معدني . وأدخلها في كأس يحوى صفيحتين من
 النحاس تقومان بدور الأنود (تقوم الطبعة بدور الكاثود) . املاء
 الكأس بالالكتروليت (٢٥ غم من كبريتات النحاس و ١٥ ملم
 من حمض الكبريتيك في كل ١٠٠ ملل من الماء . ويفضل
 أن يكون الماء مقطرا) . استعمل كمنبع للتيار مركبا أو محولا
 مع مقوم . ويجب أن يبلغ التيار في السلسلة حوالي ١٠ ميلي
 أمبير لكل سنتيمتر مربع واحد . ومن الضروري أن يتراوح
 سمك الطبقة النحاسية من ٠.٥ ملم الى ٠.٨ ملم . اغسل
 الطبقات بعد انتهاء الطلاء بالنحاس . وإذا أردت أن تكتب
 اسمك على الميدالية فاستعن بإبرة لذلك . غط القسم من السطح
 الذي لا يراد طلاؤه بالبارافين أو بطبقة رقيقة من الصغ .
 غطس الطبعة في الالكتروليت ، وأوصل التيار مرة أخرى كى
 ينغطي القسم المكشوف بطبقة من النحاس ويصبح نافرا وبارزا .
 وبعدها يمكنك أن تتزع البارافين أو الصغ . انقش على
 الميدالية ، اذا استطعت ، أية كتابة تريدها ثم الحم بها ديوما
 من الجهة الخلفية .

وأخيرا يبقى علينا أن نغطي الميدالية شكلا جميلا . ويصلح
 لذلك الطلاء الكيميائي أو الطلاء الكهربائي بالتيتكل . ولكن
 الأفضل أن تلبو وكأنها مصنوعة من الفضة القديمة .

حضر محلولاً من نترات الفضة تركيزه ٢-٣٪ (يمكن أن يذاب
 في الماء القلم الحارق أو قلم جهنم الذي يباع في الصيدلية) :
 أضف اليه حمض الهيدروكلوريك على دفعات صغيرة ويعدل

ثلاثة أو أربعة حجوم لكل حجم واحد من المحلول . الفصل
 المحلول عن راسب كلوريد الفضة الناتج . اغسل هذا الراسب
 عدة مرات بالماء المقطر وذلك بسكب الماء عليه باطنف وعلى
 قضيب زجاجي كى لا يضيع قسما منه . أضف الى الراسب
 المحلول دفعات صغيرة من محلول يوديد البوتاسيوم ذى التركيز
 30٪ حتى ينوب بأكمله . أضف الماء حتى يعمر حجم المحلول
 الى ما كان عليه فى البداية . وتشير الى أن الالكتروليت هنا يجب
 أن يعادل الحجم الذى حضر لاطلاء بالنحاس . غطس الميداليات
 (ستقوم بدور الكاثود) فى هذا الالكتروليت واستعمل قضباننا
 من الغرافيت لتقوم بدور الأنود ويفضل أن تأخذها من البطاريات
 وليس من أقلام الرصاص لأن سطحها يجب أن يزيد قليلا عن
 سطح الميدالية . ويجب أن تكون شدة التيار حوالى 1 ملى
 أمبير/سم² .

وهكذا يتغلى سطح الميدالية بطبقة من الفضة وتظهر جديدة .
 ولكن ليس من الصعب تسويدها وجعلها تبدو وكأنها مصنوعة من
 فضة قديمة ... سخن محلولنا مائيا من كبريتيد البوتاسيوم
 تركيزه 0.5 - 1٪ حتى الدرجة 50° م . ففى هذا المحلول يتغير
 لون الميداليات تدريجيا فهي تصبح رمادية فى أول الأمر ثم
 تتركى وتسود فى النهاية . اغسل الميداليات بعد ذلك وامسحها بقطعة
 من الجوخ . عندئذ تبيض الأقسام النافرة أو البارزة منها ويشى
 الأقسام الأخرى سوداء اللون . وهكذا تظهر الميداليات وكأنها
 مصنوعة من فضة قديمة .

غشاء العنق الثبيل

تعلمنا ان نكسب الفضة بطريقة سريعة سوادا جميلا . والآن
 سنحاول بالسرعة ذاتها الحصول على غشاء العنق الثبيل .
 من المعروف أن القطع النحاسية والبرونزية تتغلى تدريجيا
 فى الهواء الرطب بغشاء أخضر . فالمسعدانات والساعات النحاسية
 القديمة والتمائيل البرونزية المنصوبة فى الساحات العامة تخضر
 وتسود ويتكون عليها غشاء يدعى غشاء العنق الثبيل وهو يقدر
 عاليا عند هواة الفن .

ويطلب تشكل غشاء العنق وقتا طويلا يمتد سنوات عديدة
 يقوم أثناءها الهواء الرطب والحاوى على ثانى أكسيد الكربون
 بالتأثير على المواد النحاسية والبرونزية ، فتتكون عندئذ طبقة من
 كربونات النحاس القاعدية التى يشبه تركيبها معدن
 المالايت المشهور . وليس بإمكاننا تحضير هذا المعدن لأنه
 يستحيل علينا أن نقلد تماما بنيتة البلورية المتراصة . ولكن صنع
 غشاء العنق لن يستغرق سوى دقائق معدودات ، وفى أقصى حد ،
 ساعة أو ساعتين .

اربط قطعة صغيرة من النحاس بسلك طرفاه عازيان . امسح
 سطحها ، كما فعلت سابقا أكثر من مرة ، بورق صنفرة ثم
 ضمها فى محلول ساخن من صودا الغسيل اغسلها بالماء وغطسها
 بعد ذلك فى محلول ضعيف من الخل وذلك لمنع أكسدتها قبل
 الأوان .

والآن حضر الالكتروليت بأخذ ملعقتين صغيرتين من كلوريد
 الأمونيوم فى كأس من الماء . اسحب القطعة النحاسية من محلول
 الخل بالمقسط ودون أن تلمسها بيديك . اغسلها تحت ماء جار ،

وغطسها في محلول الالكتروليت . أوصل السلك بالقطب الموجب للبطارية ، وأوصل قطبها السالب بالكترود نحاسي عبارة عن صفيحة نحاسية ليس من الضروري أن تنظف جيدا . وسرعان ما يغطي الكاثود ، أي القطعة التي يراد طلاؤها بغشاء العنق ، بطبقة حمراء بالرغم من أننا كنا ننتظر اللون الأخضر . ولكن أرجوك أن تتهمل قليلا ولا تسبق الحوادث . اسحب القطعة بعد عشر دقائق دون أن تلمسها بيديك وضعها بحيث يتساب الماء منها دون أن يتخدش سطحها . وأفضل وضع هو أن تعلق بسبك ، وستلاحظ بعد ساعة من الزمن أن الطبقة الحمراء تصبح عسراء اللون . فهذا الغشاء الأحمر الذي كان يغطي النحاس قد تحول إلى غشاء أخضر شبيه بلون المالايت . ويمكن تحقيق نجاح أكبر في هذا المجال عندما يقوم محلول للتشادر تركيزه حوالى ٢٥٪ بدور الالكتروليت . ولكن يجب اجراء التجربة في هذه الحالة تحت نافذة سحب الغازات أو في الهواء الطلق لأن محلول التشادر المركز ذو رائحة واخزة وحادة . علق قطعة النحاس بحيث يبقى قسم منها فوق الالكتروليت . عندئذ يبقى القسم المغمور منها في الالكتروليت أحمر اللون ويتغطى القسم الواقع في الهواء خلال ساعة من الزمن بطبقة زرقاء مخضرة تشبه كثيرا غشاء العنق الطبيعي .

ولا تجوز هنا زيادة التيار بقصد اجراء التجربة بأسرع وقت ممكن : إذ أن طبقة كربونات النحاس القاعدية تزداد متانة كلما جرت العملية ببطء . ومع ذلك ، فالساعات لا تقاس بالسنوات ، وبنانة طبقتنا هذه أقل بكثير من متانة غشاء العنق الطبيعي (وان كانت لا تقل عنه جمالا) . والمحافظة عليها تعال بطلاء شفاف عديم اللون .

الزجاج والمينا

تغلي الميديات وأدوات الزينة المختلفة والكثير من الأواني المنزلية بالمينا وهي زجاج مطلي على المعدن . وسنحاول هنا الحصول على الزجاج ، ويحتاج ذلك إلى فرن خاص ، مما يجعل صنعه في البيت أمرا متعذرا ، أضف إلى ذلك أن عملية الصنع هذه تتطلب توفر الخبرة الجيدة في التعامل بالصهر الساخنة مما يستدعى اجرواها تحت اشراف الأستاذ .

يصنع الزجاج في المصانع والمخابر الكيميائية من مزيج جاف ومخلوط جيدا من مساحيق أملاح وأكاسيد ومركبات مختلفة . فتمتد تسخين هذا المزيج في الفرن حتى درجة حرارة عالية تزيد في كثير من الأحيان عن ١٥٠٠°م ، تنفكك الأملاح متحولة إلى أكاسيد تتفاعل فيما بينها مكونة سليكات وهورات وفوسفات ومركبات أخرى تكون ثابتة في درجات الحرارة المرتفعة . وهذه المركبات مجتمعة تشكل الزجاج .

وستقوم الآن بتحضير ما يسمى بالزجاج سهل الانصهار . إذ يكفي لتلك الفرن الكهربائي الموجود في المخبر والذي تصل درجة حرارة التسخين فيه إلى ١٠٠٠°م . وستحتاج هنا إلى بوتق وولاتف وصفيحة مستوية صغيرة من الحديد أو الفولاذ . مستحصل على الزجاج أولا ثم سنبعث عن تطبيقات له .

اخلط بالموق على ورقة ١٠ غم من رصاصي بورات الصوديوم (البورق) و ٢٠ غم من أكسيد الرصاص و ١,٥ غم من أكسيد الكوبلت (يجب أن تتخل هذه المواد قبل خلطها) . وهذا هو المزيج الذي سنصنع منه الزجاج . انقل هذا المزيج إلى بوتقة صغيرة واجمعه بالموق بحيث يأخذ شكل مخروط نفع قمته في

مركز البوتقة . ويجب أن يحتل المزيج المرصوص حجما لا يزيد عن ثلاثة أرباع البوتقة . وعندها لن ينسكب الزجاج المصهور الى خارج البوتقة . انقل البوتقة بالملقط الى داخل الفرن الكهربائي المسخن حتى الدرجة 800-900°م وانتظر حتى ينصهر المزيج كله ، ويمكنك الحكم على ذلك من الفقاعات التي تنطلق أثناء التسخين : فانقطاع انطلاق الفقاعات يعني أن الزجاج أصبح جاهزا . اسحب البوتقة ، بالملقط طبعاً ، من الفرن واسكب الزجاج المصهور فوراً على صفيحة الحديد أو القولاذ ذات السطح التظليل والمستوى . وبشكل الزجاج بعد أن يبرد طبقة شفافة لونها أزرق يتسجى .

وللحصول على زجاج ذي ألوان أخرى يكفي ان يستبدل أكسيد الكوبلت بأكاسيد ملونة أخرى : فمثلاً يكون أكسيد الحديد ثلاثي التكاflu (1- 1,5 غم) الزجاج بلون بني ويلونه أكسيد النحاس ثنائي التكاflu (0,5- 1 غم) بلون أخضر . ويكسبه المزيج المؤلف من 0,2 غم من أكسيد النحاس و 1 غم من أكسيد الكوبلت و 1 غم من أكسيد الحديد ثلاثي التكاflu لونا أسود . وإذا صنعنا المزيج من حمض البوريك وأكسيد الرصاص فقط حصلنا على زجاج شفاف وعديم اللون . جرب بنفسك أن تحصل على زجاج من أكاسيد أخرى كأكسيد الكروم أو المنجنيز أو النيكل أو القصدير .

اسحق الزجاج بالمدقة في هاون من الخزف (ضع قفازات على يديك وغط الهاون بقطعة قماش نظيفة كي لا تتطاير الشظايا منه) . الفرش مسحوق الزجاج الناعم الذي حصلت عليه على زجاج سميك وأضف اليه قليلا من الماء ثم افركه جيدا حتى

تحصل على مزيج لزج مستخدما لذلك قرصا من الزجاج أو الخزف مزودا بمسك أو قطعة من حجر الغرايت أو الرخام المصقول جيدا . وهكذا كان الحرفيون في الماضي يفركون البعانات . وتستعمل الكتلة الناتجة لطلاء سطح الألومنيوم ، وبالطريقة ذاتها تقريبا التي تتبع عند تحضير الحل وأدوات الزينة .

نظف سطح الألومنيوم بورق صغرة ثم اتزع الدهن عنه بغلا في محلول الصودا . ارسم عليه بالابرة أو المشرط (المبضع) شكلا ما . غط هذا السطح بالمزيج بواسطة فرشاة عادية وجفقه على اللهب ، ثم سخنه على اللهب نفسه حتى ينصهر الزجاج على المعدن ، فتحصل بذلك على الميتا . وإذا كانت القطعة صغيرة فانه يمكن طلاؤها دفعة واحدة . أما اذا كانت كبيرة ، فيجب تقسيمها الى قطاعات تغطي الواحد تلو الآخر . ومن الممكن إعادة طلاء الزجاج كي يشتد لون الميتا . ولا تقتصر هذه الطريقة على صنع أدوات الزينة ، وإنما تستعمل للحصول على طلاء أمين من الميتا يحمي قطع الألومنيوم في مختلف الأجهزة . وبما أن الميتا تتحمل في هذه الحالة عينا اضافيا ، لذا يفضل أن يطل سطح المعدن بعد تنظيفه ونزع الدهن عنه بطبقة ممتدة من أكسيده . ويكفي لهذا الغرض أن يترك المعدن مدة تتراوح من خمس الى عشر دقائق في فرن درجة حرارته أقل بقليل من 600°م .

وبفضل ، عندما تكون القطعة كبيرة ، أن يطل سطحها بالمرذاذ (أو الرشاشة) وليس بالفرشاة . وعندها تجفف في خزانة

التجفيف في الدرجة ٥٠ - ٦٠ م ، ثم تنقل الى فرن كهربائي
تصل درجة الحرارة فيه الى ٧٠٠ - ٨٠٠ م .

ويمكن أن تصنع من الزجاج سهل الانصهار صفائح
ملونة تستعمل في أعمال الزخرفة .خذ قطعاً من وعاء خزفي
مكسور وغطها بطبقة رقيقة من المزيج . جفف هذه القطع في
درجة حرارة العرفة أو في خزانة التجفيف ثم انقلها الى فرن
كهربائي لا تقل درجة الحرارة فيه عن ٧٠٠ م وذلك لسهل
الزجاج على الصفائح .

وبعد أن أتقنت هذا العمل يمكنك أن تساعد زملائك في
حلقة البيولوجيا حيث يقومون في بعض الأحيان بتحنيط الحيوانات
ويحتاجون عندئذ الى عيون مختلفة الألوان ...

اصنع في لوح من الفولاذ سمكه حوالي ١,٥ سم عدة
تجاويف مختلفة الحجم وعلى أن يكون قعرها مخروطياً أو
كروياً . اسهر بالطريقة السابقة عدة أنواع من الزجاج ذات
ألوان مختلفة . وتوفر لديك الآن مجموعة من الألوان يمكنك
أن تتحكم بشدها بزيادة أو خفض نسبة المادة الملونة في
المزيج .

ضع قطرة صغيرة من الزجاج المصهور في التجويف ثم
اسكب فيه زجاجاً لونه كالون قزحية العين . أما قطرة الزجاج
المصهور ، فتدخل ضمن الكتلة الزجاجية الأساسية دون أن
تنتزج معها وتشكل حدقة العين . وهكذا تكون قد حضرنا
نموذجاً لعين . برّد «العين» ببطء دون أن تسمح بحدوث التقلص
حاد في درجة الحرارة . ولتحقيق ذلك تسحب «العين» المتجمدة
والتي لا تزال ساخنة بعد من القوالب بواسطة ملقط ساخن وتحامل

يقطع من الاستوسس وتترك على هذا الوضع لثبتر حتى درجة
حرارة العرفة :

وطبيعي أنه يمكن العثور على تطبيقات أخرى للزجاج سهل
الانصهار ولكن أليس من الأفضل أن نقفث عنها بنفسك ؟
وفي ختام تجاربنا على الزجاج ، سنتعين بالقرن الكهربائي
الآتف الذكر وسنحاول تحويل الزجاج العادي الى زجاج ملون .
والسؤال الطبيعي الذي يطرح نفسه هنا هو : أ لا يمكن بهذه
الطريقة صنع نظارات شمسية ؟ نعم ، يمكن ذلك ، ولكن لا
انظر أنك ستحتاج من أول مرة ، لأن العملية دقيقة وتتطلب خبرة
كافية . ولهذا أنصحك بأن تحاول ذلك بعد أن تتمرن جيداً
على قطع من الزجاج وتتأكد من أن النتيجة ايجابية فعلاً .

وسنستعمل الفلوفونية كمادة لتلوين الزجاج وقد قمت سابقاً
بتحضير المسحقات للدهانات الزيتية من الراتينات وأملاح
الأحماض التي تدخل في تركيب الفلوفونية . وسنتعين مرة أخرى
بالراتينات لأنها تشكل على الزجاج طبقة رقيقة متساوية ، وتقوم
بدور الحامل للملونة .

أذب بحتنر في محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه
حوالي ٢٠٪ قطعاً من الفلوفونية مع التحريك المستمر حتى يصبح
لون السائل أصفر غامقاً . وبعد الترشيح أضف قليلاً من محلول
كلوريد الحديد $FeCl_3$ أو أي ملح آخر للحديد ثلاثي التكافؤ .
وانتبه الى أن تركيز المحلول يجب أن يكون صغيراً ولا يجوز أن
تؤخذ كمية زائدة من الملح لأن الراسب من هيدروكسيد الحديد
الذي يتكون في هذه الحالة يعيق العملية حتماً . أما اذا كان
تركيز الملح صغيراً ، فيتكون راسب أحمر من راتينات الحديد ،
وهي المادة التي نحتاجها .

صلصال من صنعك

لعل حمض الأوليك $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ هو المادة الوحيدة غير المتوفرة كثيرا واللازمة لصنع الصلصال . وأظن أنه يوجد في مخبر المدرسة (وعلى كل حال ، فهو حمض واسع الانتشار ، ويدخل في تركيب جميع الدهون تقريبا) . وستحضر منه ملحاً هو أوليات الزنك :خذ ٢٥ جزءاً (بالكتلة) من حمض الأوليك المسخن وأضف إليها على دفعات صغيرة ٥ أجزاء من أبيض الزنك الجاف بحيث تصاف كل دفعة بعد زوال الرغوة الناتجة عن إضافة الدفعة السابقة . وإذا لم تتمكن من الحصول على أبيض الزنك فإمكانك لأن تستعمل عوضاً عنه الصابون العادي . وعندئذ تحصل على أوليات الكالسيوم ولكن نوعية الصلصال ستكون أسوأ منها في الحالة الأولى . أضف ، مع التحريك المستمر ، الى الأوليات الناتجة ١٨ جزءاً من مزيج من كيتين متساويين من زيت وشمع . ولتحضير هذا المزيج يصبهر الشمع ثم يضاف إليه مع التحريك المستمر زيت مائل ، كزيت القارئين مثلاً ، وتؤكد مرة أخرى الى ضرورة تحريك جميع المكونات تحريكاً جيداً ، لأن نوعية الصلصال الجاهز تتوقف كثيراً على ذلك . ويفضل أن يستعمل هنا شمع طبيعي أو شمع النحل ، وفي أسوأ الحالات يمكن أن يستبدل الشمع بالاستيارين (ولا يجوز استعمال البارافين هنا أبداً) . وقد عرضنا سابقاً كيف أن الاستيارين يحضر بسهولة من صابون القليل . وبعد أن يصبح مزيج الأوليات والزيت والشمع (أو الاستيارين) جاهزاً ، أضف إليه ٢٣ جزءاً من مسحوق ناعم من الكيريت (يمكن شراؤه في الصيدلية) و ١٥ جزءاً من غضار ناعم جاف

رشح الراسب الأحمر وجففه في الهواء ثم أذبه حتى الاشباع في البترين العضوي (وليس بترين السيارات) ومن الأفضل طبعا أن يذاب في الهكسان أو اثير البترول . ادهن سطح الزجاج بطبقة رقيقة من هذا المحلول مستخدماً الفرشاة أو المرذاذ واتركه ليجف ثم ضع لمادة تتراوح من خمس الى عشر دقائق في فرن مسخن حتى الدرجة ٦٠٠°م تقريبا . ولكن القلونية تنسى الى السواد العضوية ولا تتحمل مثل هذه الدرجة العالية . والحقيقة أننا نتوى ذلك ونريد أن يحترق الجزء العضوي منها . وعندئذ تبقى على الزجاج طبقة رقيقة جدا من أكسيد الحديد لتلتصق جيدا على سطحه . وبالرغم من أن هذا الأكسيد ليس شفافا بوجه عام ، الا أن هذه الطبقة الرقيقة جدا منه تسمح بمرور قسم من الأشعة الضوئية ، وهذا يعنى أنها تقوم بعمل المرشح الضوئي .

وقد تبدو لك الطبقة الواقية من الضوء اما عاتمة جدا أو فاتحة جدا . عندئذ يمكن التحكم بشروط التجربة : اذ يمكن رفع أو خفض تركيز محلول القلونية وتغيير مدة الحرق ودرجة حرارته . وإذا لم يعجبك لون الزجاج الناتج ، فإمكانك أن تستبدل كلوريد الحديد بكلوريد لفلز آخر لا بد أن يكون أكسيده ملونا بلون ساطع (ككلوريد النحاس أو كلوريد الكوبلت مثلا) .

وبعد أن تتقن هذه العملية على قطع من الزجاج يمكنك دون مجازفة أن تحول النظارات العادية الى نظارات شمسية . ولاتنس هنا أن تسحب الزجاج من الامطار لأن الامطار البلاستيكي ، كالجزة العضوي من القلونية ، لا يتحمل التسخين في الفرن :

منخل و ٤ أجزاء من صياغ معدني ما ، مثلا أكسيد الحديد Fe_2O_3 ، الذي تعرف كيفية تحضيره (لا تنس أن التحريك الشديد والمستمر أمر ضروري هنا) . اخلط جيدا المزيج الناتج واسطه على لوح من الخشب أو المعدن . ويكون الصلصال جاهزا عندئذ . والعب الوحيد هنا هو أن أوليات الزنك ذات الرائحة كريهة ، ولكن يمكن التغلب على ذلك بإضافة عدة قطرات من عطر ما أو من الكولونيا أثناء خلط المواد الأصلية .

لتفضض المرأة !

هل هذا أمر ممكن ؟ فالمرآيا تفضض في معامل وورشات خاصة . وهذه حرفة قديمة العهد لها أسرارها وتقاليدها . وليس من السهل صنع مرآة جيدة . ومع ذلك ، فستحاول . وطبيعي أن تحضير سطح المرآة ليس صعبا . فتفاعل «المرآة الفضية» يجرى في المدرسة أثناء درس الكيمياء . ولكن لن نحصل عندها على مرآة جيدة ، بل سيلمع السطح قليلا ، وينتهي الأمر . ولهذا ليس هدفنا ، وإنما نريد أن نصنع مرآة حقيقية . وستحصل عليها حتما بشرط أن تعمل بدقة وتنفذ جميع التعليمات .

وفيما يلي ملاحظة هامة : استعمل هنا ماء مقطرا فقط ، ونخل مسحوق أكسيد الحديد ثلاثي التكافؤ المحضّر خصيصا لذلك خلال منخل ذي ثقب ضيقة ثم امزج المسحوق الناعم بالماء المقطر . وفي حال عدم توفر أكسيد الحديد لديك يمكنك أن تشتري أي سائل تلميع آخر . ضع الزجاج المستوى

الذي تريد تفضيضه على الطاولة . تأكد من استواء سطح الطاولة ، واجعله أفقيا تماما . لا تأخذ قطعة كبيرة من الزجاج وإنما ابداً بقطعة صغيرة . ولكن لا يتحطم الزجاج صدفة حاول أن تغطي سطح الطاولة بقطعة قماش قديمة .

اسكب سائل التلميع على الزجاج ، وانركه بحركة دائرية بواسطة قطعة من اللباد أو الجلد الناعم . امسح الزجاج بشاش مبلل بمعلق من غفان ناعم في الماء اغسله مرة أخرى بالماء المقطر وامسحه بلسفنجة رطبة ثم بقطعة من الشاش مبللة بمحلول من كلوريد القصدير تركيزه ١٥٪ اغسله مرة ثانية ثم امسحه بقطعة قماش جافة . وبهذا تنتهي عملية تهيتة الزجاج . وهي عملية هامة جدا تتوقف عليها جودة المرآة .

يجب تفضيض هذا السطح حالا . وإذا لم تتمكن لسبب من الأسباب من تحضير محلول التفضيض ، فما عليك الا أن تغسب الزجاج في ماء مقطر دافئ ولا يجوز سحبه منه الا بعد أن يكون كل شيء جاهزا . وبالنسبة ، فإن هذه العملية مفيدة في كل الحالات : إذ من الأفضل أن تكون درجة حرارة الزجاج أعلى بشان الى عشر درجات مئوية من درجة حرارة محلول التفضيض . يجب ليس القفزات أثناء تحضير هذا المحلول . وهو يحضر بمزج محلولين يحضر كل منهما على حده . وسنبين كميات المواد اللازمة لتحضير لتر واحد من هذا المحلول ، ويبقى عليك أن تعين بنفسك حجم المحلول اللازم لك . المحلول الأول : ٤ غم من نترات الفضة ، و ١٠ ملل من محلول النشادر ذي التركيز ٢٥٪ ، و ٤ غم من هيدروكسيد الصوديوم . وستع تزيتا غير مالوفا في تحضير المحلول : أذب

تترات الفضة كلها في ٣٠٠ ملل من الماء واسكب تسعة أعشار المحلول في كأس نظيف وأضف إليها نقطة فنقطة من محلول النشادر مع تحريك السائل باستمرار بفضيب زجاجي ويصبح السائل العكر شفافا أكثر فأكثر الى أن يختفي اللون في نهاية الأمر . أضف اليه قليلا من تترات الفضة فيصبح المحلول عكرا من جنيد . أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم فيصبح لون المحلول عندئذ بنيا فاتحا . أضف مجددا نقطة فنقطة من محلول النشادر فيصفي المحلول عندئذ ويبدو الآن مزرقا قليلا . أضف ما تبقى من محلول تترات الفضة ثم اخلط المزيج جيدا وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى الليتر . ولا يجوز حفظ هذا المحلول في اناة مفتوح ، بل ينبغي أن يحفظ في زجاجة ذات سدادة .

المحلول الثاني : يلزم لتحضير ليتر واحد منه ما يلي :
 ١٠٠ غم من السكر و ١٠ ملل من حمض الكبريتيك أو التريك المخفف (حوالي ١٠٪) . أذب السكر مسبقا في ماء مقطر ثم أضف الحمض . اقل المحلول ربع ساعة ، ثم أكمل الحجم بالماء حتى الحجم المطلوب .
 امزج المحلولين وذلك بأخذ ١٠٠ ملل من المحلول الأول (الحوالي على تترات الفضة) لكل مليون واحد من المحلول الثاني (الحوالي على السكر) . ويفضل أن تختار النسبة الدقيقة أثناء التجربة : فإذا أخذ قائل من المحلول السكري ظهرت ندغ ورسبات أثناء التفضيض . وإذا كان هذا المحلول غير كاف ، جرى التفضيض ببطء شديد . اخلط المزيج جيدا وبسرعة فيصبح في البداية أحمر برتقالي ثم يسود ، وهذه اشارة الى أن

الوقت قد حان للشروع في عملية التفضيض . ولا يجوز التمهيل عندئذ . اسكب المزيج فوراً على الزجاج فينتشر على سطحه ، ويصبح الزجاج عاتما ولا يلبث أن يصفو بعد ذلك وتتكون عليه طبقة من قاز الفضة التي تختزل من التترات . وبعد خمس أو عشر دقائق اسحب المزيج من على سطح الزجاج بالنش مستخدما قطعة من الشاش أو من جلد الغزال مبللة بالماء المقطر . اسكب دفعة جديدة من المزيج على السطح وانتظر ربع ساعة أخرى . اغسل السطح المفضض بالماء المقطر . وإذا ظهرت عليه بقع عاتمة وجب فركها بالخفاف ثم بمحلول كلوريد القصدير رباعي الشكافو وبعد ذلك يسكب المزيج في عليها وتغسل في نهاية الأمر بالماء .

ولتأكد من أن الفضة قد ترسبت الى حد كاف على الزجاج ، يؤخذ مصباح كهربائي استطاعته ٦٠ فولطا ويوضع أمام المرأة ، فإذا بدا باعثة جدا من خلال الزجاج المفضض ، دل ذلك على صحة العملية .

وحين الآن لم تلتصق الطبقة الفضية على الزجاج بشكل متين ، وتشبهتها جيدا ، تسخن المرأة وهي في وضع عامودي لمدة ساعة أو ساعتين في الدرجة ١٠٠ - ١٥٠° م ، ويتم ذلك اما في خزانة التجفيف وعند الاقتضاء يمكن وضعها في فرن المطبخ بشرط ألا يكون ساخنا جدا . وبعد أن تبرد المرأة تغطى الطبقة الفضية بطلاء شفاف مقلوم الماء . ويستعان لذلك بالمرغاف ، ولا يجوز استعمال الفرشاة لأنها تخدش السطح . وبعد أن يجف الطلاء يدهن سطحه بطبقة سميكة من دهان غير شفاف أو غلام بيتوميني أسود . ويراعى هنا أن تكون حركة الفرشاة أو

مسار التيار المتعلق من المرآذ في اتجاه واحد : اما من الأعلى الى الأسفل أو من اليسار الى اليمين

الآن أصبحت المرآة جاهزة تقريبا . ولم يبق سوى أن نظف الجانب غير المنفض منها ، فقد تسقط عليه بقع من الفضة يمكن ازلتها بقطعة من القطن مبللة بمحلول ضعيف من حمض الهيدروكلوريك وإذا توسخت بذلك من جراء ذلك ، فما عليك الا أن تمسحها بمحلول قاتر من الهيبوسوليت (تحت الكيربيت) ثم تغسلها جيدا بماء قاتر .

وهل استهلك كثير من الفضة على تحضير المرآة ؟ وما هي كمية الفضة في هذه المرآة ؟ يبدو هذان السؤالان بسيطين ، ولكن الاجابة عنهما ليست بالأمر السهل . إذ أن طبقة الفضة على المرآة رقيقة جدا بحيث لا يمكن قياسها حتى بمقياس ميكروني دقيق ...

ولكي لا تخرب مرآة جيدة ، خذ قطعة من مرآة مكسورة واتزع عنها طبقة الغلاء والدخان بقطعة من القطن مبللة بالأسيتون ثم ضع على السطح المنفض بلورة صغيرة من اليود ، فتنخر بسرعة في درجة حرارة الغرفة ، وتنساب أبخرتها الى السطح لأنها أثقل من الهواء . غط البلورة بكأس مقلوب كي لا يتحكم بها تيار الهواء .

يتكون يوديد الفضة أثناء تفاعل اليود مع الفضة وتسيطر ببطء حول البلورة بقعة شفافة : فالبيوديد يكون شفافا في طبقة رقيقة . ولا تزول طبقة الفضة عند طرف البقعة الشفافة ولكنها تتحف وترق . وفي النتيجة تظهر على المرآة حلقات ملونة تظهر جيدا في الضوء المنعكس عنها . تبدو الحلقات ملونة كما تبدو فقاعات الصابون

ملونة في الهواء ويقع الزيت ملونة الى سطح الماء . والسبب واحد في هذه الحالات ، وهو ظاهرة تسمى بتداخل الضوء في الطبقات الرقيقة وتدرس في دروس الفيزياء وما يهمنا هنا هو ما يلي : يزداد سمك الطبقة الفضية كلما ازداد عدد الحلقات : فإذا كانت هناك حلقتان فقط يبلغ سمك الطبقة حوالي ٠.٠٣ ميكرون ويبلغ السمك ٠.٠٦ ميكرون عند ظهور ثلاث حلقات و ٠.٠٩ ميكرون عند ظهور أربع حلقات و ٠.١٢ ميكرون عند تشكل خمس حلقات و ٠.١٥ عند تشكل ست حلقات و ٠.٢١ ميكرون عند تشكل سبع حلقات . وبمعرفه سمك الطبقة الفضية يسهل حساب كمية الفضة المستهلكة . إذ يكفي ان نضرب السمك بسطح المرآة ثم نضرب الحجم الناتج بكثافة الفضة (١٠.٥ غم/سم^٣) .

واليك الدليل التالي الذي يعينك على التأكد من صحة حساباتك : تحتوي مرآة مساحتها حوالي المتر المربع الواحد على كمية من الفضة تزيد قليلا عن غرام واحد .

مهارة اليمين

لثة أشياء و مواد كثيرة تحيط بنا وتبدو عادية جدا وليس فيها ما يستحق الاهتمام . ولكنها كثيرا ما تصف بغواص غريبة . وما علينا الا أن نحاول اكتشافها وملاحظتها . فملقعة الألومنيوم ، تستطيع تقويم تيار متناوب . وعود التناوب يمكن أن يشعل مصباحا كهربائيا ، وقطعة السكر تقذح الشرارة ومسحوق البيرومجنات ينظف الفنجرة حتى المعدان . ولكن تنفيذ ذلك يتطلب معرفة خواص هذه المواد واستغلالها جيدا . وبعبارة أخرى ، فلا بد من توفر المهارة والخبرة معا . وليس في هذا الأمر أية خدعة أو احتمال كما كان يردد المشعوذون في قديم الزمان .

والآن سنقوم باجراء ألعاب سحرية ، ولكنها ، خلافا لما تظنون ، ألعاب كيميائية جديفة الغرض منها هو التسلية أحيانا ، أو ، وهذا ما يحدث في أغلب الأحيان ، عرض بعض الظواهر الغريبة ، وتحضير بعض المواد غير الطبيعية .

الملقعة مقوم

تصلح لهذه التجربة أية ملقعة من الألومنيوم سواء أكانت كبيرة أم صغيرة . ويجب تنظيفها جيدا ونزع الدهن عنها ، وهذا ما تعرفونه جيدا من التجارب الخاصة بأودة الألومنيوم . وستكون الملقعة أول قطعة في مقوم التيار الجديد . أما القطعة

الثانية ، فتكون مؤقنا عليه كونسروة فارغة ارتفاعها كارتفاع الملقعة أو أقل بقليل .

اغسل العلبه جيدا بالصابون أو بمسحوق الغسيل . اشطفها بالماء ثم املأها بالمحلول المخصص لأودة الألومنيوم : ٢٠ ملل من حمض الكبريتيك (كن حذرا أثناء التعامل به) لكل ١٠٠ ملل من الماء . ويمكن استبدال الحمض بكميوات الأومنيوم $(NH_4)_2CO_3$ (١٠ جم) أو بصودا الخبيز في أقص الحالات ، ويشترط أن تذاب في الماء حتى الاشباع . ويجب استعمال الماء المقطر هنا . كما ويصلح ماء المطر التي لهذا الغرض أيضا . وقبل أن تضع الملقعة في العلبه ، عين تقريبا الجزء الذي سينغمر منها في المحلول وذلك لأن الألومنيوم يتدوب بشدة ، على السطح الفاصل بين المحلول والهواء ، ويمكن أن تنقسم الملقعة في هذا المكان الى قسمين . وللمحاولة دون ذلك ، تغل الملقعة في ذلك المكان بطلاء أو صمغ لا يتأثر بالماء .

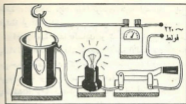
والآن علق الملقعة في العلبه بشرط ألا تلمس الجدران . أما كيفية تعليقها ، فإمكانك أن تعدها بنفسك . ضع العلبه على بلاطة من البورسلين ، أو على أية قطعة أخرى لا تنقل التيار الكهربائي . وهنا سنستعمل التيار الكهربائي المتناوب عوضا عن البطاريات أو المركبات . وعليه يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة : إذ يجب عزل النهايات العارية من الأسلاك عزلا جيدا ، ولا يجوز لمس الملقعة أو العلبه أثناء التجربة . والأفضل أن تغل العلبه قبل وصل التيار بصندوق خشبي أو سطل البلاستيك . والدائرة الكهربائية بسيطة هنا وتشمل مصباحا استطاعته حوالي ٤٠ أو ٦٠ فولتا ومفتاحا كهربائيا والملقعة والعلبه وتربط جميعها

قطعة من ورقة ترشيع مبللة بمحلول ملح الطعام مضافا اليه دليل الفولتنتالين .

اقفل التيار . واربط ورقة الترشيح بالمعلقة والعلبة بواسطة ملاقط شبيل بلاستيكية . افتح التيار . ولاحظ بعد عدة دقائق أن ورقة الترشيح ستحمر عند أحد الطرفين (المعلقة أو العلبة) . ويكون هذا الطرف هو القطب السالب . ويفسر ذلك بأنه أثناء التحليل الكهربائي لماء (ولمح الطعام ضروري فيه لزيادة الناقلية الكهربائية فقط) يتطلق الهيدروجين على الألكتروليت السالب (الكاتود) وتبقى الأيونات OH^- بكمية زائدة في المحلول حيث تكسبه خواص قلبية وتجعل دليل الفولتنتالين يحمر عندئذ .

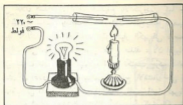
ويمكن الاستفادة من تجربة الورقة المبللة بالمحلول الملحي والفولتنتالين عندما تريد تعيين قطبي مركب أو بطارية . وبما أن جهد التيار صغير هنا ، فإنه لا خطر من مسك الورقة باليدين ووصلها بقطبي المركب .

ولكن ، ما هو السبب الذي جعل ملعقة الألومنيوم تصحى مقوما ؟ بعد وصل التيار تتكون عليها ، كما في حالة أنودة الألومنيوم ، طبقة من أكسيد الألومنيوم . وهذه الطبقة عبارة عن نصف ناقل (شبه موصل) ، أي أنها تسمح بمرور التيار في اتجاه واحد فقط . وكثيرا ما يستفاد من هذه الخاصية في الصناعة : يمكن اجراء بعض التجارب الكيميائية الكهربائية الواردة في هذا الكتاب بالاستعانة بمقوم من صنعك . ولكن شروط التجربة تفرض بأن يوصل المقوم بمحول خافض . ولا يجوز أن



على التسلسل . ويمكن ادخال مقياس الأمبير متر في الدارة في حال وجوده . ويوصل التيار بعد اعداد الدارة والتأكد من سلامة العزل الكهربائي فيها .

يشعل المصباح في بادئ الأمر لأن المحلول الموجود في العلبة ناقل للتيار الكهربائي . ولكن ضوءها يضعف بعد نصف ساعة ، ولا يلبث أن يطفى نهائيا . وعندئذ تكون المعلقة قد أصبحت مقوما للتيار يسمح بمروره في اتجاه واحد فقط : من العلبة الى المعلقة . ويمكنك التأكد من ذلك بسهولة اذا كانت لديك مرسة للتذبذبات اذ تظهر على شاشتها في بداية التجربة موجة جيبية يزول فرعها السفلى في النهاية : وهذا يعنى أن تيارا نابضا يسرى في الدارة . وتساعدنا مرسة التذبذبات على تعيين القطبين الموجب والسالب للمقوم (وهذا أمر هام جدا عندما نتوى استخدام هذا المقوم في تجارب كيميائية كهربائية) . ويمكننا تعيين قطبية المقوم دون اللجوء الى مرسة التذبذبات . اذ تكفى لذلك



يثبت الأنبوب عليه . والآن انتهى الاعداد للتجربة ، وبامكانك أن تضع القيشة في المقبس (المأخذ) . وسترى أن المصباح لن يشتعل طبعاً .

قرب اى الأنبوب في المكان الفاصل بين الألكترودين عود ثقب مشعل . فإذا كان زجاج الأنبوب سهل الانصهار فإنه يتلين قليلاً ويتقوس الأنبوب قليلاً . وعندئذ يشتعل المصباح بالرغم من أن الدارة لا تزال مفصولة كما في السابق . ويعزى سبب ذلك الى أن الأملاح الداخلة في تركيب الزجاج تتأين أثناء التسخين ويصبح الزجاج عندئذ ناقلاً للكهرباء .

وإذا لم تنجح التجربة لتكون الأنبوب عريضاً ، فإنه يمكن الاستعاضة عن عود الثقب بشمعة أو مصباح كحولي . فاشعال المصباح الكهربائي بشمعة عملية مثيرة أيضاً :

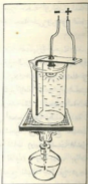
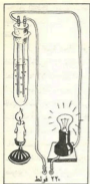
يمكن اشعال المصباح بواسطة تترات مصهورة أيضاً : ثبت عمودياً انبوب اختبار يوجد في أسفله قليل من تترات البوتاسيوم أو تترات الصوديوم وأدخل فيه سلكين من النحاس : ولكن لا يتلامس هذان السلكان (الالكترودان) يجب أن يمررا

يزيد الجهد هنا عن 40 فولطاً ويمكن أن تبلغ شدة التيار المسحوب من معلقة الألومنيوم عدة عشرات من الأمبير .

وهل من الضروري أن تستعمل المعلقة وعلمة الكونسروة للحصول على المقوم ؟ طبعاً لا . إذ يمكن أن تأخذ عوضاً عن المعلقة الكترودا من الألومنيوم مهما كان شكله ، وأن تستبدل العلمة بالكترود من الرصاص أو الغرافيت ، ثم نغطهما في محلول الالكتروليت الموجود في وعاء من الزجاج . والأكثر من ذلك ، فإنا نتصحك بفعل ذلك إذا قررت استخدام هذا المقوم لأغراض عملية . أما إذا كان الهدف هو العرض واطهار كيف أن أكسيد الألومنيوم يقوم التيار المتناوب ، فإن المعلقة والعلمة تتركان انطباعاً جيداً وأثراً أقوى .

المصباح الكهربائي يشتعل بعد الثقب

يفضل استعمال مصباح الطاولة في هذه التجربة . الفصل أحد سلكيه من القيشة وأوصله بسلك آخر طويل ، ولا تنس أن تعزل مكان الوصل جيداً . خذ انبوباً زجاجياً ضيقاً وقيق الجدران . وأدخل من نهايته الكترودين ، هما سلكان قطر كل منهما حوالي 1 ملم ، وثبتهما في الأنبوب بشريط عازل . ويجب ألا يتلامسا ، وأن تفصل بينهما مسافة قدرها مليمتر واحد أو مليمترين : اربط السلك الطويل الخارج من المصباح بأحد الالكترودين ، وأوصل الالكترود الثاني بالرأس الحر من القيشة ، فتحصل على دارة مفصولة بين الالكترودين . ثبت الأنبوب الزجاجي في وضع أفقي ، فمن السهل تحقيق ذلك إذا كان السلكان قاسيين ومعزولين بعازل بلاستيكي : إذ يكفي أن تشد السلك جيداً حتى



منطقة اللحام قد تنصهر أثناء التجربة . ولها لا بد من اجراء
الوصل لآليا أو استعمال حلقة من مصباح جيب قديم .
اسحب اللبنة من الكأس قبل بدء التجربة . أضف نترات
الصدوديوم (لا تصلح نترات البوتاسيوم في هذه الحالة وستعرف
السبب فيما بعد) ضع الكأس على شبك من الأستوس أو
على صفيحة معدنية وسخه على لهب مصباح غازي أو كحولي .
ومن غير الملائم استعمال الكحول الجاف للتسخين لأنه من
الصعب عندئذ التحكم بدرجة حرارة الصهارة : فالنترات تنصهر
في الدرجة 309°م وتتفكك في الدرجة 390°م ، وعليه يجب
إبقاء درجة الحرارة ضمن هذا المجال . ويلجأ لتحقيق ذلك

من خلال السدادة . اربط المصباح بالالكترودين كما جاء
في التجربة السابقة . وإذا فتحت التيار الآن ، فلن يشتعل المصباح
طبعاً ، لأن النترات الصلبة لا تنقل التيار الكهربائي . سخن
النترات حتى الانصهار فيشتعل المصباح عندئذ ، لأن الايونات
التي تتألف منها الشبكة البلورية للملح تكسب حركية ، مما
يؤدي الى اغلاق الدارة . ويستمر المصباح بالاشتعال حتى بعد
التوقف عن التسخين لأن صهارة النترات ذات مقاومة كهربائية
عالية بحيث أن الحرارة التي تنطلق أثناء مرور التيار الكهربائي
تحافظ على بقاء النترات في حالة منصهرة .

وبطريقة مماثلة ، يمكن اجراء التجربة ليس على صهارة
الملح وانما على محلول لملح ما ، كملح الطعام مثلاً . ويفضل
في هذه الحالة أن يكون الالكترودان من الفرافيت . ضع هذين
الالكترودين في علبه تحوى ماء عادياً أولاً ، ثم أضف اليه
الملح على دفعات صغيرة فيشتعل المصباح ويزداد شدة ضوءه مع
إضافة الملح .

ويمكن بهذه الطريقة فحص الناقية الكهربائية للمحاليل .
وعليك الآن أن تتأكد من الناقية الكهربائية عند محاليل مختلفة
التركيز من الصودا والسكر وحمض الخل .

وايك تجربة أخرى غير عادية تستعمل فيها لمبة مصباح
الجيب . ثبت هذه اللبنة في لوح صفيح على شكل زاوية
قائمة . ضع اللوح في كأس صغير بحيث يقع زجاج اللبنة
داخل الكأس ويكون متجهاً نحو قعره . اربط نهاية اللبنة
الواقعة فوق اللوح بالقطب السالب للبطارية واربط اللوح نفسه
بالقطب الموجب انتبه الى أنه لا يجوز لحم الأسلاك هنا لأن

اما الى التحكم بالهبب المصباح وتغيير حجمه أو تغيير المسافة بينه وبين الكأس . لا تترك الصهارة تتجمد حتى ولو على السطح فقط .

غس اللبنة بحلر في الترات المصهورة بحيث ينغرر القسم الأكبر منها وبشرط أن يبقى الجزء العلوى منها فوق الصهارة ، والا فصرت الدارة الكهربائية . اترك اللبنة مشتعلة في الترات حوالى ساعة واحدة ثم اقلل التيار واطقأ المصباح . اسحب اللبنة بحلر ، واركها لتبرد ، وبعد ذلك اغسلها بالماء ، وستشاهد أن سطحها من الداخل أصبح مغطيا بطبقة لامعة . ذكرنا آنفا أن الجسيمات المشحونة في الزجاج تكسب أثناء التسخين حركية وتصبح أكثر نشاطا (ولهذا يسبب اشتعل المصباح عندما سخنا الانيوب بعد ثقاب) . وهنا تلعب ايونات الصوديوم الدور الرئيسى ، فهي تصبح نشيطة جدا في درجة أعلى من الدرجة 300°م ، بينما يبقى الزجاج صلبا تماما . وعندما غطست اللبنة المشتعلة في صهارة الترات أصبح زجاجها داخل مجال أو حقل كهربائى قطبه السالب هو سلك اللبنة ، وقطبه الموجب هو الصهارة الملاصقة للوح الصفيح . وبدأت ايونات الصوديوم النشيطة بالتحرك في الزجاج نحو الكاتود ، أى في اتجاه سلك اللبنة . وبعبارة أخرى ، فإن هذه الايونات انتقلت الى جدار اللبنة الداخل . فهل هذا يعنى أن الطبقة اللامعة في الداخل هى طبقة من الصوديوم ؟ أجل ، ولكن كيف تحولت الايونات الى فلز ؟ من المعلوم أن المعادن المتوهجة (بما فى ذلك المعادن التى يصنع منها سلك اللبنة) تطلق الالكترونات . ففى حالة اللبنة

تطلق الالكترونات من السلك وتصلطدم بالسطح الداخلى للزجاج حيث تتحد مع ايونات الصوديوم مما يؤدى الى تشكل فلز الصوديوم .

ولكن ، لماذا لا تصلح ترات البوتاسيوم فى هذه التجربة ؟ فالترات يبدو وكأنها لا تشترك فى العملية . والواقع أنها تشترك . فعندما يصبح ايون الصوديوم ذرة معايدة يترك مكانه فى الزجاج فجوة ايونية مشحونة بشحنة سالبة . وعندئها تصبح الحاجة ماسة الى ترات الصوديوم : اذ تقوم ايونات الصوديوم تحت تأثير المجال الكهربائى بالانتقال من صهارة الترات الى الزجاج حيث تملأ الفجوات فيه . وباعتبار أن ايونات البوتاسيوم أكبر بكرة ونصف من ايونات الصوديوم لذا فإنها لا تستطيع الدخول الى الزجاج واملأ الفجوات فيه . ولهذا تشفق اللبنة فى ترات البوتاسيوم . ويطبق أحيانا هذا النوع غير العادى من التحليل الكهربائى خلال الزجاج للحصول على طبقة من الصوديوم النقى جدا ، أو النقى طيفيا ، بعبارة أدق .

العمر الطويل للبطارية

تصور أنك أعددت كل شيء لاجراء تجربة كيميائية كهربائية وجمعت كل ما يلزم للدارة الكهربائية ، وإذا بالبطارية التى لديك قد فرغت وليس عندك بطارية احتياطية أخرى . والأسوأ من هذا هو أن تفرغ بطارية مصباح الجيب وأنت تتجول فى الغابة ليلا . ومن الموصف جدا أن تتوقف بطاريات المذياع عن العمل وأنت تستمع الى أغنيبتك المفضلة أو الى وقائع مباراة شيفة فى كرة القدم . ولكن ما العمل ؟

وفي غضون ذلك ، فان شيئا ما يمكن عمله في هذه الحالة .
 فاذا لم تتوفر لديك بطارية احتياطية ، فلا تسرع في رمي البطارية
 القديمة في سلة المهملات ، وانما حاول أن «تحييها» من جديد .
 تتألف معظم البطاريات الحديثة من جملة من الزنك
 والمنجنيز . وعند عمل هذه البطاريات يذوب القطب السالب
 فيها ، وهو من الزنك ، تدريجيا ويضع شديد ، ويختزل القطب
 الموجب ، وهو ثاني أكسيد المنجنيز MnO_2 ، متحولا الى
 هيدروكسيد المنجنيز ثلاثي التكافؤ (يمكن تمثيل صيغته كما
 يل $Mn(OH)_3$) . وهذا الهيدروكسيد يغطى تدريجيا حبيبات
 الأكسيد وينغذ الى داخلها ، ويحول دون وصول الالكترونات
 اليها . وهكذا تتوقف البطارية عن العمل بينما لم يستهلك فيها
 سوى نصف كمية أكسيد المنجنيز ، وتبقى فيها في الوقت نفسه
 أربعة أضعاف كمية الزنك . وبعبارة أخرى ، فاننا نضطر الى
 رمي بطارية وهي في الواقع صالحة للعمل ولم تستنفد نهائيا بعد .
 واذا فصلت «قشرة» $Mn(OH)_3$ أصبح بإمكاننا الالكترووليت الوصول
 الى الحبيبات ، وعادت البطارية للعمل من جديد . ولكن كيف
 يمكن تحقيق ذلك ؟ اليك أبسط طريقة : اذ فككتي أن تدق
 البطارية بحجر أو مطرقة حتى تتشقق الحبيبات داخلها ويستطيع
 الالكترووليت عندئذ أن ينفذ اليها . ومع أن هذه الطريقة بدائية
 الا أنها أفضل ما يمكن عمله عندما تكون في الغاية أو خارج
 المنزل بوجه عام .

وعندما تتعمل البطارية في البيت يمكن تنشيط ثاني أكسيد
 المنجنيز بصورة أشد وأقوى : خذ مساميرا واقنع به ثلثيا في حجرة
 الزنك في البطارية . اغمر البطارية في الماء . وبما أن الالكترووليت

في البطارية لرج وليس سائل ، لذا فانه يتشبع بالماء ويخفف
 ويسهل عليه عندئذ النفوذ الى داخل حبيبات ثاني أكسيد
 المنجنيز . وتسمح هذه الطريقة السهلة بزيادة مدة استهلاك
 البطارية بمقدار الثلث تقريبا . ومع ذلك يمكن جعلها أكثر
 بساطة أيضا .

وهنا لا داع أبدا الى سكب الماء في البطارية . اذ يكفي أن
 نفتح ثلثيا في حجرة الزنك . ومن المعلوم أن أكسيد المنجنيز
 يخلط في البطارية مع مسحوق الغرافيت لزيادة ناقلية الكهربية .
 لذا أن يدخل الهواء الى البطارية حتى يبدأ الغرافيت بامتصاص
 الأكسجين . وعندئذ يتكون الى جانب ثاني أكسيد المنجنيز
 قطب موجب آخر ، يدعى الالكتروود الهوائي ، ويختزل عليه
 الأكسجين . وبعبارة أخرى ، فان مساميرا بسيطاً يحول بطارية
 الزنك والمنجنيز الى بطارية من الزنك والهواء . ونشير بصراحة الى
 أن بطارية الزنك والهواء التي صنعناها بنفسك ستعطيك بعد هذه
 العملية تيارا ضعيفا ، ولكنها ستخدمك فترة طويلة جدا .

وأخيرا سنحاول أن نجعل البطارية القديمة تصبح وكأنها
 جديدة تماما . ولهذا الغرض لا بد من شحنها بتيار كهربائي
 كما هو الحال بالنسبة الى أي مركب آخر ، عندئذ يحدث تفاعل
 عكوس في البطارية يتحول فيه $Mn(OH)_3$ الى MnO_2 من جديد .
 ونشير هنا الى أنه لا يجوز شحن سوى البطاريات التي لم يجف
 السعجون فيها بعد ، والتي يكون هيكلها سليما . ولا يجوز استخدام
 تيار دائم عادي ، كما في حالة شحن المركبات ، وذلك لأن
 الزنك عندئذ يترسب على هيكل البطارية على شكل خيوط متفرعة
 مما يؤدي الى حدوث دائرة قصر تعطب بعدها البطارية . ويتم



البوتاسيوم بنسبة ١٢٪ . ولا تنس عندما تريد تحضير هذا
الالكتروليت أن تصب المحض في الماء ، ولكن حذرا جدا .
اسكب الكتروليت بحذر في الوعاء الزجاجي ، بحيث
يغطي ثلاثة أرباع الصفيحتين . غط الوعاء جيدا بالغطاء الآنف
الذكر . ففى اللحظة التي يلمس فيها الكتروليتان (الصفيحتان)
الالكتروليت ينشأ جهد كهربائي وإذا أغلقنا الدارة جرى فيها
تيار كهربائي يمكن التأكد منه بسهولة بواسطة جهاز لقياس
القطبية (فرق الجهد) يقسم الى الدارة فيشير الى جهد يبلغ ٢
فولت تقريبا . ولكن شدة التيار ليست كبيرة أبدا ولن تكفي هذه
الخلية حتى لاشعال لمبة مصباح الجيب . ولكن اذا حضرنا
خليتين أو ثلاث خلايا من هذا النوع وربطناها مع بعضها على
التسلسل (أى توصل صفيحة الزنك بصفيحة الفحم) لاحظنا أن
المبة تشتعل عندئذ . ونشير هنا الى أن تجربة الطلاب بالتبكيل
تحتاج الى خلية واحدة فقط .

وبالرغم من أن خلية غريني تعمل بشكل مضطرب ، الا أن
لها عيبان على الأقل : الأول هو أن التعامل بالكتروليت سائل

شحن البطارية بما يسمى بتيار لا متماثل . والحصول على تيار
كهدا يجب تقويم التيار المتناوب جزئيا ، كأن يدخل ، مثلا ،
في الدارة مقوم ديودى ومقاومة موازية له (حوالى ٥٠ أوم) .
ويجب أن يكون الجهد حوالى ١٢ فولت ، ولهذا لا يجوز
استعمال التيار القادم من شبكة الكهرباء العامة مباشرة ، وانما
يجب استعمال محول خافض .

ويمكن شحن بطاريات الزنك والمنغنيز حتى ثلاث مرات ،
وعندها لا تنخفض سعاتها الا قليلا . أما البطاريات الصغيرة
(بطاريات الزنك والزنك) ، فيمكن شحنها عشر مرات . ولكن
لغيا بالمسامر أو دفعا بحجر أو مطرقة أمر لا فائدة منه ، لأنه
لا تبقى فيها تقريبا بعد التفريغ مواد فعالة ونشيطة .

التيار الكهربائي من مواد متوفرة لديك

يحتاج تجديد بطارية قديمة الى مهارة فعلا . والنهارة لا بد
منها عندما تريد تحضير منبع لتيار بضعك . فهذا المنبع يصلح
لمختلف التجارب الكهربائية الكيميائية كأثودة الألمونيوم مثلا ،
والطلاء بالتبكيل وغيرها .

يوجد عدد كبير من المصادر الكيميائية للتيار . ولكن أبسطها
صنعا هي خلية غريني . فهي تحتاج الى صفيحتين الأول من
الزنك والثانية من الفحم وتدخلان بسهولة في وعاء زجاجي .
حضر لهذا الوعاء غطاء من بول الاثيلين ، والقبه بالمحرز في
مكانين ، أدخل في التبيين سلكين تعلق عليهما الصفيحتان
بشرط ألا يتلامسا . أما الكتروليت المستعمل في هذه الخلية ،
فهو محلول مائي يحوى حمض الكبريتيك بنسبة ٢٦٪ وبيكرومات



عملية مزعجة وخاصة عندما يحتوى على حمض الكبريتيك ،
والثاني هو أنه لا تتوفر بين أبلينا دوما صفائح من الزنك والقصم .
ولهذا ، فستحاول صنع مصادر أخرى للتيار ، وان كانت أقل
جودة من الخلايا السائلة الا أن موادها الأولية متوفرة دائما :

تلف السبائك والثاني في عليها بريقة أحد وجهيها «فسي»
والآخر «ورقي» . وتباع في المخازن بريقة من النحاس .. اصنع
من الرقيقين (ريقة علب السبائك وريقة النحاس) مربعات طول
ضلعها حوالى 5 سم . ضع هذه المربعات فوق بعضها البعض
بالتناوب بحيث يقع النحاس على «القصبة» . ويجب أن تكون
الطبقة السفلى «ورقية» والطبقة العليا نحاسية . وتحصل بهذا الشكل
على بطارية من الخلايا . يزداد الجهد فيها كلما ازداد ارتفاعها ،
أى كلما ازداد عدد الخلايا فيها .

اقطع أسلاكاً من رقيقة النحاس وضعها في أعلى الرزمة وأسفلها
ولفها بشرائط عازل ثم غطس البطارية في الكتروليت عبارة عن
محلول من ملح الطعام . ولتأكد من أن البطارية بدأت تعمل ،
قرب الى قطبيها ، كما فعلت سابقاً ، لثافة من ورقة ترشيح مبللة

بمحلول الفوسفاتين ، فيحمر المحلول عند القطب السالب وقد
يبلغ الجهد في هذه البطارية عدة فولتات ، ولكن التيار فيها
ضعيف مع الأسف .

والأبسط من ذلك كله أن تستخدم لصنع مصادر أخرى
لتيار مواد أولية نأخذها من بطاريات قديمة . ولهذا الغرض افتح
البطاريات واستخرج منها أكسيد المنجنيز والفرافيت والمعجون الجاف
(الالكتروليت التزج) ، ضع المعجون في الماء ، اسحق أكسيد
المنجنيز ، اغسل هذا المسحوق مع عدة نقاط من محلول
الجلاتين ، ادهن قضيب الفرافيت بهذا المزيج واترك في أعلاه
منطقة صغيرة دون دهان لربط السلك . وبعد أن يجف المزيج ،
لف القضيب عدة مرات بورقة «قصبة» بشرط أن تكون «القصبة»
من الأعلى ثم اربطها . لف أحد السلكين جيدا على القضيب
مباشرة (في المنطقة الصغيرة التي تركتها دون دهان) ولف السلك
الثاني حول الورقة «القصبة» وشبه عليها بورقة لاصقة . ويبقى
أن تلف الخلية بشرائط عازل حتى تصبح جاهزة للعمل .

ويمكننا الحصول على خلايا أفضل وأحدث اذا ما بلنا أكسيد
المنجنيز والمعجون الجاف بمحلول كلوريد الأمونيوم (24 غم
لكل 100 ملل من الماء المقطر ويستحسن أن يضاف اليها غرام
واحد من كلوريد الكالسيوم) . وعند تسخين هذا المحلول مع
محلول النشاء نحصل على الكتروليت بشكل معجون .

خذ سداة من بول الانيلين والقيها في أسفلها ثم مرر سلكاً
خلال الثقب . ضع في السداة حلقة من الحديد المغطى بالزنك
بحيث تلتصق جيدا بالسلك . اصنع من ورقة ترشيح حلقة يطابق
قطرها القطر الداخلى للسداة وبها بالالكتروليت ثم ادهنها

بالمعجون وأدخلها داخل السداة . ضع فوقها أكسيد المنجنيز الذى حصلت عليه من بطارية قديمة واضغطه بحلقة من الغرافيت (وهى السلك الثانى لتوصيل التيار) . ويمكنك أن تتركب من هذه الخلايا بطارية تعطى جهدا يبلغ عدة فولطات . ويمكن استبدال السداة البلاستيكية بسداة من الحديد المطلى بالقصدير (كالسدادات المستخدمة فى زجاجات المياه الغازية) . ومن الواضح أنه لا حاجة هنا لتزئك ، ولا داع لتلب السداة لأنها ستقوم هى نفسها بنقل التيار . ولكن الخلية هنا تعطى جهدا صغيرا .

البورات كبيرة وصغيرة

كتب الكثير عن تجارب استنبات البورات وعن فعلها القوي وبساطة تنفيذها . وأظن أنك قد أجريت واحدة منها على الأقل وأصبحت على علم بمدىها . والحقيقة أن الأمر بسيط هنا : إذ من الضروري تحضير محلول مشبع ساخن للملح ما (ككلوريد الصوديوم أو كبريتات النحاس أو كبريتات الحديد أو بيكرومات البوتاسيوم أو غيرها) وتبريده بحلتر بشرط ألا يترسب الفائض من المادة المذابة (يسى مثل هذا المحلول بالمحلول مفرط التشبع) ، وأخيرا نضاف البورة (وهى بلورة من الملح نفسه معلقة على خيط ويبدأ حولها التبلور) ولا يبقى بعد ذلك سوى أن يغطى الوعاء بورقة ، ويوضع فى مكان معزول ، والانتظار اسابيع ، أو ربما شهور ، حتى تنمو بلورة ضخمة . والشئ الوحيد الذى يجب عمله أحيانا هو إضافة قليل من المحلول المشبع لتعويض الكمية المستهلكة منه .

إن كل ما ذكر أعلاه معروف حقا ، وتختلف كثيرا الطرائق والوسائل المتبعة فى هذا المجال ، وستختار واحدة منها ليست أكثرها انتشارا ، كطريقة نترات الرصاص ويوديد البوتاسيوم : امزج حجمين متساويين من محلولين لهما لذين الملحين تركيز كل منهما 10% ، فيشكل عندئذ راسب من يوديد الرصاص . اسكب بهدوء السائل الموجود فوق هذا الراسب . اغل ماء فى وعاء ما شفاف ، وحضه قليلا بالخل ثم أضف إليه ، وهو يغلى ، راسب يوديد الرصاص الذى لا يزال رطبا ويجب تحريكه ونض الراسب قبل ذلك . اترك السائل ليبرد ببطء ، وستتم فيه بعد فترة بلورات ذهبية اللون .

وبك طريقة أخرى لاجراء هذه التجربة : ضع فى انبوت اختيار محلولاً من نترات الرصاص وأخر من يوديد البوتاسيوم ، اغل محتويات الانبوت كى يذوب الراسب الموجود بينها ، ثم يرد الانبوت بسرعة بوضعه تحت ماء جار من الصنوبر ، فتتكون فى هذه الحالة بلورات دقيقة معلقة فى السائل وذهبية اللون . يتوقف حجم البلورات بوجه عام على سرعة التبريد: خذ 20 ملم من نترات البوتاسيوم وانقلها على دفعات صغيرة الى وعاء يحوى 25 ملل من الماء . خض المزيج بعد كل دفعة كى يذوب الملح وبعدها أضف الدفعة التالية . وعندما يتوقف الملح عن التوبان سخن الوعاء قليلا ثم أضف دفعة من الملح ، خض المحلول ثم سخنه مرة ثانية . كرر هذه العملية حتى تلبوب كمية الملح المأخوذة كلها . والآن اسكب المحلول فى وعائين وارك أحدهما يبرد فى الهواء (ولجمعه يبرد ببطء يمكن أن يغطى بعدة طبقات من قماش سميك) ، وبعد ذلك تتكون فى هذا

الوعاء عدة بلورات ضخمة ، وعند نجاح التجربة جيدا تتكون بلورة واحدة ضخمة . ضع الوعاء الثاني فوراً في طنجرة تحوى ماء باردا فيظهر فيه عدد كبير من البلورات الصغيرة . وهذه قاعلة عامة .

وفيما يلى تجربتان مثيرتان حقا بحيث يمكن عرضهما على الآخرين بعد الاعداد لهما جيدا . والتجربة الأولى تدعى تجربة بيليجو : خذ اسطوانة ارتفاعها يتراوح من ٢٥ الى ٣٠ سم واغسلها من الداخل بالماء الساخن . اسكب فيها محلولاً مركزاً جدا وصاغتاً من الهيبوسولفيت بحيث يملأ ثلث حجم الاسطوانة (يسكب هذا المحلول من خلال قمع صغير وبشرط أن ينساب على الجدار الداخل للاسطوانة) . ويحضّر هذا المحلول على النحو التالى : يذاب ٤٥٠ غم من الهيبوسولفيت أثناء التسخين فى ٤٥ ملل من الماء . سخن محلولاً من أسيتات الصوديوم (٣٠٠ غم من أسيتات الصوديوم فى كل ٤٥ ملل من الماء) واسكبه من خلال القمع السابق نفسه فى الاسطوانة يشغل ثلث حجم الاسطوانة أيضا . ويجب أن يسكب هذا المحلول بعناية وحذر ، ولا يجوز أن يختلط مع المحلول السابق الموجود فى الاسطوانة وأخيرا يملأ الثلث الأخير من الاسطوانة (يحذر أيضا) بماء ساخن يعنى المحلول المشبع من البلور قبل الأوان .

وهكذا تظهر فى الاسطوانة ثلاث طبقات هى : الماء ومحلول مفرط التشبع من أسيتات الصوديوم ومحلول مفرط التشبع من الهيبوسولفيت . غط الاسطوانة بلوح من الزجاج واتركها تبرد حتى درجة حرارة الغرفة ، وبعددها يمكن البدء بالتجربة . ضع على طرف قضيب زجاجى قطعة من الشمع والصق عليها

بلورة صغيرة من الهيبوسولفيت (سخن الشمع بملطف فوق لهب الصباح حتى يتصهر قليلا) . غطس القضيب بسرعة فى الطبقة السفلى من الاسطوانة ، ولما كان تركيز الملح عاليا جدا ، لذا يتجمع فوراً حول هذه البلورة عدد كبير من البلورات الجديدة وتشكل ما يشبه الزهرة . ولن يتبلور حول بلورة الهيبوسولفيت فى الطبقة المتوسطة أية مادة أخرى «غريبة» .

والآن خذ قضيباً مماثلاً تماما توجد على طرفه قطعة من الشمع ولكن تلتصق عليها بلورة صغيرة من أسيتات الصوديوم (لا يجوز عند عرض التجربة أمام المشاهدين أن يظهر اختلاف بين البلورتين) . غطس القضيب فى الطبقة المتوسطة ، فنتمو هنا زهرة أيضا ، ولكنها تختلف تماما عن الزهرة الأولى . هذا ويمكن أن تستعمل الاسطوانة عدة مرات فيما اذا اجريت التجربة بعناية وحذر .

أما التجربة الثانية التى تشبه اللعبة السحرية ، فستجرى على أسيتات الصوديوم فقط . أذاب ١٥٠ غم من هذا الملح فى ماء ساخن (وفى وعاء يفضل أن يكون مغليا بالمينا) ثم بخر المحلول ببطء محاولاً أن تحدد اللحظة التى يجب عندها وقف التبخير : ولهذا الغرض انفض من وقت لآخر على سطح المحلول الساخن ، وما أن تظهر عليه طبقة تشبه الطبقة الدهنية حتى يدل ذلك على أن تركيز الملح أصبح مساويا التركيز اللازم لتشكيل البلورة المائية ذات التركيب $CH_3COONa \cdot 3H_2O$. اسكب السائل فى كأس نظيف فنى جدار رقيق . غط الكأس واتركه ليبرد ، ويكفى أن تصاف الى السائل بعد تبريده كمية ضئيلة جدا من أسيتات الصوديوم حتى يتبلور فوراً ويتحول الى كتلة صلبة تشبه الجليد . وإذا لم

ترك السائل على النار الفترة اللازمة وكان فيه كثير من الماء ،
فانه يظهر بعد التبريد فوق الكتلة قليل من الماء الذي يجب فصله .
وإذا كانت كمية الماء غير كافية ظهرت على السطح طبقة
رقيقة من الملح ، ولا فائدة من فصل هذه الطبقة ، والأبسط هو
أن يضاف إليها قليل من الماء .

ويمكن تكرار التجربة بصهر البلورة المائية في حمام مائي
ثم تبريدها على مرأى من الناس الذين سيدهشون حتما لذلك .
فمن لا يتدهش لرؤية الماء وهو يتجمد دون تبريد ؟ والأكثر
من ذلك أن الكأس يسخن أثناء ذلك من جراء انطلاق حرارة
التبلور . ويمكن قلب الكأس رأساً على عقب ، ولن تنسكب منه
قطرة ماء واحدة .

ولدى عرضك للتجربة كلعبة سحرية حاول خلسة أن تنفض
حبة الملح من طرف « قضيب سحري » . ولا بد من تغطية الكأس
جيداً في الفترات الواقعة بين التجارب ، والا أدى سقوط حبة غبار
فيه الى حدوث تبلور غير مرغوب فيه .

ويمكن الحصول على المادة اللازمة في هذه التجربة ، وهي
أمينات الصوديوم ، من حمض الخليك والصودا . وإذا أردت
تحضيرها بنفسك يجب عليك أن تخلف حمض الخليك بالماء
ثلاث مرات تقريباً ثم تضيف اليه الصودا تدريجياً على دفعات
صغيرة ، ولا يجوز أن تضاف دفعة الصودا إلا بعد توقف انطلاق
الرطوبة الناتجة عن إضافة الدفعة السابقة ، وفي حال عدم التوقف
بذلك يكون التفاعل عتيقاً جداً مما يجعل السائل ينسكب من
الوعاء .

وفيما يلي مستحصل على بلورات غريبة من المعادن وسيداً
بلورات النحاس .

سبق لك وحصلت على بلورات صغيرة من النحاس عندما
غطست مسامراً في محلول من كبريتات النحاس . وقد كانت
هذه البلورات صغيرة جداً بحيث أن طبقة النحاس على السطح
كانت تبدو وكأنها متصلة تماماً . ولتحضير بلورات كبيرة لا بد
من إبطاء التفاعل بطريقة ما حتى يتمكن النحاس المتكون في
التفاعل من الترسب على البلورات وجعلها تزداد نمواً . والتبريد
البطيء طريقة يمكن اللجوء إليها لهذا الغرض ولكن بشرط ألا
يحدث تفاعل كيميائي ذلك .

يستعمل ملح الطعام لمنع حدوث التفاعل . وضع على قعر
وعاء (زجاجية ذات فوهة واسعة) قليلاً من بلورات كبريتات
النحاس ورش عليها ملح الطعام الناعم . غطيها بحلقة من ورق
نشاف أو ورق ترشيح بحيث تلمس جدران الوعاء ، وضع على
الورقة من الجهة العليا حلقة حديدية قطرها أصغر من قطر الورقة
(يجب مسحها مسبقاً بورق صنفرة ثم تنظيفها جيداً) . اسكب في
الوعاء محلولاً مشبعاً من ملح الطعام بحيث يغمر الحلقة الحديدية
تماماً ، ولا يبق عليك بعدها سوى الانتظار فترة تعتمد الى حد
كبير على شروط التجربة ، وعلى كل حال ، فالفترة هذه ليست
ساعة ولا ساعتين ، وإنما لا تقل عن عدة أيام . وهكذا ستظهر
بعد أيام في الوعاء بلورات حمراء جميلة من النحاس . وبإمكانك
الحصول على بلورات من النحاس ذات أشكال مختلفة وغريبة
أحياناً وذلك بتغيير الوعاء واستخدام بلورات ذات أبعاد مختلفة من
كبريتات النحاس والتحكم بسمك طبقة ملح الطعام ودرجة
الحرارة أيضاً . وأحياناً تتكون بلورات غير مكتملة النمو وتنبه
أغصان الأشجار .

وإذا تركت بلورات النحاس في الوعاء الذي حضرت فيه فانها لن ، تبقى فيه فترة طويلة . ولهذا يجب سحبها منه وغسلها بالماء ثم وضعها في انبوب اختبار يحوى حمض الكبريتيك المخفف ونظفية فوخته بالمسادة . ولأن سبقي البلورات سليمة ، ولن يطرأ أى شيء عليها بعد ذلك .

زخرفات بلورية

ثمة مواد تسمى بالمواد المتشكلة لأنها تتبلور بشكل واحد بالرغم من اختلاف تركيبها . وبإمكان بلورات المادة الواحدة منها أن تنمو في محلول مشبع من مادة أخرى منها . ويظهر وكأننا نحصل على «بلورة في بلورة» . وإذا قطفعت هذه البلورات ظهرت على سطح القطع زخرفات هندسية .

وأكثر المواد المتشكلة انتشارا وتوفرا الشب بأنواعه المختلفة ، وهو عبارة عن بلورات مائية من كبريتات ثنائية صيغتها العامة $M^{II}(SO_4) \cdot 12H_2O$. ويستخدم ثلاثة أنواع منها هي : كبريتات الكروم واليوتاسيوم ذات اللون البنفسجي الغامق $K_2Cr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ وكبريتات الحديد والأمونيوم ذات اللون الأخضر $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. وكبريتات الألومنيوم واليوتاسيوم عديمة اللون $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

أسكب ماء في وعاء مغطى بالمينا أو وعاء زجاجي . وضع فيه نوعا واحدا من الشب ، ثم سخن المزيج مع التحريك المستمر وبشرط ألا تسمح له بالغليان . وبعد أن يذيب الملح أضف دفعة جديدة من الشب نفسه ثم سخن المحلول من جديد . وعندما يصبح المحلول مشعبا رشحه بسرعة من خلال قطن موضوع

في قمع زجاجي شطقت جدرانته لتوها بماء غال ، وذلك لأن التبلور قد يبدأ قبل الأوان إذا كانت جدران القمع باردة ، ويسد البلورات عندئذ فوهة القمع .

خط الوعاء الحاوى على الشب ، واتركه ليبرد ببطء . فتنترسب على قعره بلورات صغيرة . وإذا بدأت هذه البلورات بالنمو وجب تسخين المحلول بعد اضافة قليل من الماء اليه ثم تركه ليبرد من جديد ، اسحب البلورات من المحلول وجففها ثم ضعها في انبوب اختبار وصده بمسادة بعد ذلك . حضر بالطريقة ذاتها بلورات من نوع آخر من الشب . احفظ المحاليل المشبعة في زجاجات تلتصق عليها بطاقات لتعرف على مضمونها .

خذ بلورة واحدة من كل نوع واربطها بخيط رفيع ثم غطسها في محلولها واحفظ الزجاجات بعيدا عن تيار الهواء وغطها بغطاء من الورق . تنمو البلورات بشكل ملحوظ بعد مرور اسبوع تقريبا على تحضيرها ، وبذلك أمانتها . وإذا علقت منذ البداية في كل زجاجة بلورين لزداد عندئذ تناوب الأضلاع . ولتمييز بين البلورات تلتصق بطاقات في نهايات الخيوط ويسجل في دفتر المخبر نوع المحلول وفترة وجود البلورات فيه . ولبلورة الشب شكل مجسم ثنائي في السطوح . ولكتنا هنا لستا بحاجة الى هذه البلورة المثالية . وعلى العكس ، فكلما كان شكل البلورة غريبا كان الرسم على سطح المقطع أكثر متعة وجذبا للانتظار . وفي الوقت نفسه يمكنك استنبات شب بلورية اعتيادا على بلورات قادرة على التشعب . وإذا بدأت هذه البلورات بالتشعب أثناء النمو ، فلا تحاول اصلاحها . والأكثر من ذلك ، أنه بإمكانك التحكم بنمو السطوح (أو الأضلاع) : إذ يكفي أن

تدهن السطح بالفازلين حتى يتوقف نموه ، وإذا غسلت الفازلين
بالأميتون بدأ السطح بالتسو من جديد .

اقطع البلورة الجاهزة بخيظ غليظ رطب ، ويجب أن يتم
ذلك بكل عناية وصبر . اشخذ سطح القطع بورق صنفرة واجعله
مستويا ثم اصقله بحك على ورقة بيضاء . وتتكون زخرفات هندسية
كثيرة تختلف تبعاً لمستوى الفص وعدد الطبقات في البلورة
وسمكها ، وتظهر عند الشعب البلورية أشكال وزخرفات أكبر .
ويجب أن تغطي البلورة المقصوفة بك عديم اللون والا اسودت
وتفتت .

ولكن الأسهل والأبسط من كل ذلك هو تحضير زخرفات
بلورية من كلوريد الأمونيوم . صحيح أن هذه الزخرفات
عديمة اللون ، ولكن شكلها يذكركنا دعونا ألا نستحب الحوادث :
أضف كلوريد الأمونيوم إلى ماء ساخن ، حرك المحلول باستمرار
وتابع الإضافة حتى تحصل على محلول مشبع . وغد لوحاً من
الزجاج ونظف سطحه ثم انثر عليه بالفرشاة المحلول السابق
اترك اللوح بعد ذلك ليبرد يبطء في الهواء . والأفضل أن يوضع في
الخزانة لتفادى سقوط الغبار عليه . وبعد عدة ساعات يتخر
الماء وتظهر زخرفة على سطح الزجاج . ولا حاجة أبداً لتفحص هذه
الزخرفة ملياً بقية معرفة شكلها : إذ يظهر بوضوح أنها تشبه
الأشكال الجليدية الجميلة التي ترسم على زجاج النوافذ في
أيام الشتاء القارصة .

ومن الأفضل ، طبعاً ، أن تجرى هذه التجربة ليلة رأس
السنة الميلادية . ولتذكرك بأن هذه الأشكال الجليدية الاصطناعية
لا تتأثر بالحرارة ولكن دعوها لتتبدد هو الماء .

كتر على الصحن

البحث عن الكنوز عمل مرهق ، لا جدوى منه بوجه عام .
ومع ذلك ندعوك لأن تجرب حظك في هذا المضمار ، وستضمن
لك النجاح التام . وسيبحث عن ذهب حقيقي ليس في الكهوف
ولا في الغابات ، وإنما على صحن عادي أو قطعة من صحن
مكسور مزين باطار (كتار) ذهبي .

وقد يدهشك هذا الكلام ، ولكن الاطار الذهبي على الصحن
محصر من الذهب فعلاً ، وإن كانت كميته ضئيلة فيه ، لأن طبقة
رفيعة جداً . ولتأكد من ذلك انظر الى كأس زجاجي ذي اطار
ذهبي وستلاحظ أن طبقة الذهب تبدو شفافة عليه . تغطي الأواني
الزخرفية والزجاجية بمحلول الذهب . وسنبداً تجربتنا بتحضير
محلول يحتوي على الذهب .

اطلب من صاحب مخزن الأواني المتزيلة أن يعطيك قطعة من
الأواني المكسرة والمطلية بالذهب . ويكتبك حوالي ١٠ سم²
من القشرة الذهبية . وعليك أن تحضر منها ٥ ملل تقريباً من
الحضض H_2AuCl_4 . ولهذا الغرض أذب الذهب في مزيج من
حضض الهيدروكلوريك (٣ ملل) والنيتريك (١ ملل) المركزين .
يسمى هذا المزيج بالماء الملكي . وتذكرك بأن تكون حذراً جداً
أثناء التعامل بالأحماض المركزة ، وأن تضع قفازات مطاطية على
يديك ، وأن تجرى هذه التجربة في مخبر المدرسة فقط .

وقبل الاذابة يجب أن تنظف القشرة الذهبية على القطع
المكسرة تنظيفاً جيداً وأن تزال عنها آثار الدهن بسحها بقطعة
مبللة بالأميتون . نقط بالقطارة عدة نقاط من الماء الملكي على
القشرة الذهبية لاذابتها ، واجمع المحلول الناتج بعناية في البوب

اختيار صغير مفصول مسبقا بالماء المقطر . ونشير الى أن جميع المحاليل اللازمة في هذه التجربة يجب أن تحضر في الماء المقطر وفي أوان نظيفة .

وللاستفادة من الذهب كله وعدم إضاعة أية كمية منه ، يجب غسل مكانه بعد اللوبان بقبيل من الماء (يفضل استعمال القطارة لذلك) وجمعه في الاثيوب ذاته . أضف الماء حتى يصبح الحجم ٥ ملل ، فتحصل على المحلول المطلوب . وستحضر الآن محلولاً أرجوانياً جميلاً جداً ، وهو عبارة عن محلول غرواني يحتوي على جسيمات وحببات دقيقة جداً من فلز الذهب ويتكون هذا المحلول عندما يضاف الى محلول H_2AuCl_4 المخفف جداً محلول كلوريد القصدير $SnCl_2$.

أذيب ٠.٥ غم من كلوريد القصدير ثنائي التكافؤ في ٥٠ ملل من الماء . نقط عدة نقاط من هذا المحلول الشفاف في انبوب اختبار يحوى محلولاً من H_2AuCl_4 لونه أصفر باهت ، فنلاحظ أن لون المزيج يصبح بنياً مصفراً في البداية ثم يتحول بعد عدة دقائق الى لون أرجواني زائع . وفي الوقت ذاته يختزل فلز الذهب ويتكون هيدروكسيد القصدير $Sn(OH)_2$ الذي يجعل المحلول الغرواني ثابتاً . ويكون لون المحلول عادة أحمر شديداً الا أنه يتحول من الأحمر الى البنفسجي وذلك تبعاً لحجم الجسيمات العالقة فيه .

يمكن ترسيب الذهب الغرواني بواسطة محلول من ملح الغلام ، حيث تتجمع جسيمات الذهب حول بعضها وترسب . وبعد غسل هذا الراسب وتجفيفه يمكن الحصول منه مجدداً (بواسطة الماء الملكي) على محلول من H_2AuCl_4 .

وإذا توفر لديك مصباح هيدروجيني أمكنك اجراء تجربة مثيرة حقاً ، وتسمى بتجربة دونلو . إذ يكفي أن يوجه لهب الهيدروجين على سطح محلول H_2AuCl_4 حتى يختزل الذهب وتظهر داخل السائل مناطق ملونة . ويمكن اجراء هذه التجربة بطريقة أخرى : ضع محلول الحمض الناتج من معالجة الذهب بالماء الملكي على قطعة نظيفة من الخرف واتركه ليجف ثم ضع القطعة في لهب مصباح هيدروجيني فتتكون عليها طبقة لامعة من الذهب . ونحذرك بأنه لا يجوز استعمال المصباح الهيدروجيني الا في حضور الاستاذ ، أو بعد أخذ السماح منه بذلك .

الحلفي يصبح مرلياً

تحدثت الروايات البوليسية في معرض وضعها للمغامرات جرت في غابر الأزمان عن رسائل كانت تكتب بالحبر السري وكيف أن هذه الكتابة كانت تتعل على الأعداء ، حتى العيلاء منهم ، ولم يكن يعرف سرها سوى الأبطال الشرفاء .

والحقيقة أن هذه الكتابة لم تعد سرا على أحد ، وأصبحت معروفة منذ وقت طويل . فبعض المواد عديمة اللون يتأثر بالحرارة مكوناً مركبات ملونة . ونذكر من بينها عصير الليمون أو عصير البصل اليابس . اغمس الريشة في أحدهما واكتب بها على ورقة بيضاء فلن يظهر أي شيء . ، والأآن قرب الورقة من سخانة كهربائية أو ضعها فوق لهب ، وعلى مسافة لا تسمح للورقة بأن تحترق ، فتنظر الكتابة بوضوح . هذا ويمكن اجراء التجربة ذاتها مع الحليب والخل المخفف .

ولما يلي عدة تجارب مماثلة لا تستعمل فيها مواد طبيعية وإنما مواد كيميائية :خذ على طرف سكين قليلا من كلوريد الأمونيوم وانقلها الى انبوب اختبار صغير ، أضف اليها ملعقة صغيرة من الماء ، اغمس الريشة في هذا المحلول ، واكتب أو ارسم بها شيئا ما على الورقة ، واتركها لتجف . وبعد التسخين تصبح الكتابة أو الرسم واضحة بشكل جلي . وتظهر هذه التجربة أكثر اثارة مع محلول مخفف جدا من كلوريد الكوبلت CoCl_2 . فبعد التجفيف تبدو الخطوط أمام خلفية بيضاء قليلة الوضوح لأن البلورات المائية $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (وهي التي تتكون بعد التجفيف) ذات لون وردي باهت . ولكن عندما تسخن الورقة يفصل قسم من ماء البلور ويكتسب الملح لونا أزرق ، وإذا رطب الملح من جديد بالتبخع على الورقة أو بوضعها فوق البخار ، وهذا أفضل ، اختفى الرسم نظرا لتشكّل البلورات المائية الحاوية على ستة جزيئات من الماء مرة ثانية .

وربما تعرفت سابقا على هذه التجربة وأساليب اجرائها ، وسنورد الآن أسلوبا منها أقل شهرة . فلن نقوم بتسخين الورقة المكتوبة أبدا ، وسنجرى تجربة تمهيدية تبين كيف يمكن نزع قسم من الماء دون تسخين .

اسكب في انبوب اختبار قليلا من محلول مركز من كلوريد الكوبلت ذي اللون الوردي ، وأضف اليها كمية مماثلة من الأستينون ثم اعطط المزيج ، فيصبح لون المحلول أزرقا مخففا المحلول بالماء فيتحول لونه الى وردي من جديد .

اذن ، فما الذي حدث ؟ الأستينون يذيب الماء جيدا ويمكن أن يسخنه من المواد الأخرى . وإذا كان الأمر كذلك ، فإن

المكتوب على الورقة بمحلول كلوريد الكوبلت يمكن اظهاره بواسطة الأستينون ودون اللجوء الى التسخين . وهذا ما سنقوم به فعلا : امسح الورقة المكتوبة بقطعة مبللة بالأستينون وستكون النتيجة كما هي بعد التسخين .

واليك تجربة أخرى على الكتابة دون ريشة ودون حبر أيضا : ابط ورقة مفضضة (كالورقة التي يلف بها الشوكولا) وثبتها بدبابيس كياسة على لوح خشبي ، اربط أحد الدبابيس بالقطب السالب للبطارية وأوصل القطب الموجب بمسار نظيف ، بلل ورقة بيضاء للكتابة بمحلول عديم اللون تقريبا من ملح الطعام ومضاف اليه الملح الدموي الأحمر $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ، ضع ورقة الكتابة هذه فوق الورقة المفضضة والسما بالمسار فيظهر عليها أثر أزرق وتعديل ذلك أن الأيونات Fe^{3+} تتفاعل أثناء التحليل الكهربائي مع الملح الدموي الأحمر وتشكل ملحا يسمى بأزرق نيريل $[\text{Fe}_2\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ، وينفذ هذا الملح الى الورقة ويتثبت في أليافها . وإذا استعملنا ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN أو ثيوسيانات الأمونيوم NH_4SCN عوضا عن الملح الدموي ظهر على الورقة أثر أحمر ، وليس أزرق ، نظرا لتشكّل ثيوسيانات الحديد ذي اللون الأحمر .

ولا تجرى هذه التجارب على ورق الكتابة فحسب ، وإنما يمكن اجرائها بنجاح على قطع من القماش الأبيض النظيف . ان كشف المحقق واطهاره نقطة هامة في الكشف عن الجرائم . ويقال أن المنجم يترك دوما آثارا في مكان الجريمة ، ولكنها لا تكون ظاهرة دوما . ويفتش رجال المباحث الجنائية ، قبل كل شيء ، عن بصمات الأصابع لأنها تختلف من شخص

الى آخر كما تختلف وجوه البشر . وطبيعي أن يطبق هؤلاء الرجال طرائق دقيقة جدا مستعنيين ببداء ملائمة تسمح بكشف البصمات ولو كانت خفيفة جدا . أما نحن ، فنستعمل طريقة غير دقيقة جدا ولكنها بسيطة وسهلة .

حضر مزيجاً من كميتين متساويتين من الطالق (ميثاميليكات المغنسيوم الحمضية) وهباب الفحم (بياع الطالق في الصيدليات ، أما هباب الفحم ، فيمكنك تحضيره كما جاء في فصل الأصبغة) . ازرع على اصبعك كمي يتبلل قليلاً ثم ابصم على ورقة نظيفة ، فلن تلاحظ أى أثر لبصمتك ، ولكن اذا رش المزيج السابق على مكان البصمة وفرش عليه بفرشاة ناعمة (أو يكتفى أن تهرز الورقة قليلاً) ثم رشت كمية زائدة منه ظهرت بصمة الأصبع بجلاء على الورقة . فقد بقيت على الورقة آثار دهنية مخفية امتزجت عليها حبيبات المزيج الأسود .

يمكن اجراء هذه التجربة على أدوات وسطوح مختلفة ، كجريدة قديمة أو علبه كرتون أو كأس من البلاستيك أو الزجاج . ففي الحالة الأخيرة (أى كأس الزجاج) يفضل أن تكون كمية الطالق أكبر من كمية الهبات كمي يكون الالتصاق أفضل . فبعد أن يزال الفائض من المزيج من على سطح الزجاج يجب تسخين الكأس تسخيناً خفيفاً ، فتظهر البصمات عندئذ على السطح الشفاف بجلاء ووضوح أكبر .

« ألعاب سحرية » بسيطة

يمكن عرض التجارب السابقة كألعاب سحرية : ويكون الانطباع أقوى والاثارة أشد عندما تعرض هذه الألعاب تباعاً

مع احاطتها بالسرية والقيام ببعض الحركات «بالعصا السحرية» والشتمة بتعويذات وكلمات غير مفهومة .

ولن نكشف عن المعزى الكيميائي لهذه الألعاب السحرية (فهو ليس مقدراً كبيراً) ، بل عليك أن تبحث عنه بنفسك ، وعندئذ ستحصل على معلومات مفيدة لك وستقوم بتسليبة الآخرين في الوقت ذاته .

ولا داع هنا للتقيد تقيداً تاماً بالنسب الكمية . ولتقدير كمية الكواشف وعدم اللجوء الى الوزن في كل مرة حاول أن تصنع من الخشب ملاعق قياسية تتنوعب كل منها حوالي عشر مليغرامات من الكاشف الجاف ، ويمكن الاستفادة من الملاعق البلاستيكية التي توضع مع بعض العقاقير الطبية ، وسنبين لك في كل مرة عدد الملاعق الواجب أخذها .

وسنبداً بتحويل الماء الى حليب . ضع في كأس غمس ملاعق من كلوريد الكالسيوم وفي كأس آخر كمية مماثلة من كربونات الصوديوم (صودا الغسيل) ثم صب الماء حتى يشغل حوالي ثلث حجم الكأس ، ولن يختلف عندئذ مظهر المحلولين عن مظهر الماء ، والآن اسكب أحد المحلولين على الآخر فيصبح السائل أبيض كالحليب تماماً . أضف فوراً ، ودون اضاءة الوقت سدى ، (والا توضع الراسب في القعر وسيرى الجميع أن ما حصلت عليه ليس حليباً أبداً) الى السائل فانقاص من محلول حمض الهيدروكلوريك ، فيفور «الحليب» فوراً ويتحول الى «ماء» من جديد .

والآن سنحول الماء الى حليب والى حبر أيضاً . وستحتاج الى ثلاثة كؤوس . ضع في الكأس الأول مئلتين من كلوريد

الباريوم (أو الاسترنيوم) وفي الكأس الثاني ملعقة واحدة من
 التانين ، اسكب في كل كأس منهما نصف ملعقة صغيرة من
 الماء ، فيلوث المسحوق الواقع في القعر بعد التحريك ، ويبدو
 الكأس من بعيد وكأنه فارغ . وضع في الكأس الثالث خمس
 ملاعق من كبريتات الحديد والأمونيوم $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$
 (ملح مور) ، واملأه بالماء حتى أعلاه تقريبا . فيصبح كل شيء
 جاهزا لاجراء التجربة : خذ هذا الكأس الحاوي على ملح مور ،
 واسكب منه على مرأى من المشاهدين قليلا من المحلول عديم
 اللون في الكأسين السابقين «الفاغين» . فيتحول الماء فوراً في
 أحد الكأسين (حيث يوجد كلوريد الباريوم) إلى «حليب»
 وإلى حجره في الكأس الثاني .

واللعبة السحرية التالية ليست أصعب من اللعبة السابقة :
 أذب في الأيوب اختبار يحتوي على الماء وملعقتين من كلوريد
 الكوبلت (استخدمت محلوله سابقاً في الكتابة السرية) . بلل
 منديلا أبيض من القطن بهذا المحلول واتركه ليجف بعد ذلك
 فيتلون بلون أزرق .

وتقوم هذه اللعبة على أنك تظهر المتبدل الأزرق أمام
 المشاهدين ثم تكومه وتجمعه في قبضة يدك ، وإذا تفتحت عليه
 عدة مرات وهو في الحالة فإنه يتبدل ويصبح أبيض اللون من
 جديد . ولا يبقى عليك الآن سوى أن تفتح يدك وتظهر للمشاهدين
 المتبدل وقد تحول لونه إلى لون أبيض . وبالتناسية يمكن استخدام
 المتبدل عدة مرات : فهو يعود ويزرق بعد تجفيفه .

واللعبة السحرية التالية نحتاج إلى ثلاثة أملاح هي :
 الملح الدموي وساليسيلات الصوديوم وملح مور . وإن استهلك

من كل منها سوى القليل ، وبالتحديد ملعقة واحدة : أذب
 كل ملح منها على حدة في الأيوب اختبار مملوء حتى نصفه
 بالماء . ويختص مبدأ هذه اللعبة في أن الملح الدموي الأحمر
 يعطى مع ملح مور لونا أزرق بينما يعطى مع ساليسيلات الصوديوم
 لونا أحمر . فإذا رسمت بقلم رصاص رسماً ما على ورقة ثم
 مسحت سطحه (بفرشاة) ليتبدل بمحلولين هذا محلول الملح
 الدموي الأخضر ومحلول ساليسيلات الصوديوم وتركته لينشف
 فلن يلاحظ المشاهدون أن الورقة قد مسحت بشيء ما . والآن
 علق الورقة «التظيفة» على الجدار ثم مرر على سطحها فرشاة مبللة
 بمحلول ملح مور (يمكن أن تقول للمشاهدين بأنه مجرد ماء
 عادي) فيتلون الرسم فوراً باللونين الأحمر والأزرق .

وإليك الآن لعبة سحرية تقليدية أخرى تقوم على إشعال
 شمعة دون استعمال شعلة أو لهب ما . وأنتك تعرف مبدأ هذه
 اللعبة ، ولكن الكثير يتوقف على كيفية إعدادها .

وتنصحك أن تنصرف كما يلي : اطل الأيوب اختبار زجاجي
 من الخارج بالاستيارين أو البارافين كي يظهر شبيهاً بالشععة ،
 اغلق الأيوب بسدادة معدنية ذات ثقب يمر منه الفتيل (الذبالة) ،
 اسكب في الأيوب قليلاً من الكحول كي يتبدل الفتيل به ،
 وبعدها اطل السدادة بالاستيارين أو البارافين أيضاً بحيث يبقى
 الفتيل وحده ظاهراً . وتصبح «الشععة» جاهزة الآن .

وسيقوم بدور «العصا السحرية» هنا قضيب زجاجي عادي .
 المحمس نهاية القضيب في مزيج من برمنجنات البوتاسيوم وحمض
 الكبريتيك ، (يجب تحضير كمية قليلة جداً من هذا المزيج
 بحيث تكفي لاجراء تجربة واحدة فقط ، ولا يجوز لمس المزيج

باليدين أبدا) وحاول أن يعلق عليه قليل من المزيج .
ولا يبقى عليك الآن سوى أن تقوم بحركات سحرية
وتتلفظ ببعض التعاويد غير المفهومة ثم تقرب القضب من
الفتيل حتى يلمسه فيشتعل طرفه فوراً .

تبدو الألعاب السحرية القائمة على تغير اللون أكثر إثارة
عندما يستعاض فيها عن المحاليل المائية بمحاليل لرجة وغلظنة
القيام . ويستعان بسليكات الصوديوم لجعل المحلول لرجا
وغلظنا ويسمى محلولها المائي بالزجاج السائل ، كما ويصلح
هنا الصغ السليكاتى المخفف مرتين بالماء .

اسكب في كأس زجاجي قليلا من محلول كلوريد الكالسيوم
وأضف إليه نقطتين من الفينولتالين ، اسكب في كأس آخر
محلولاً من سليكات الصوديوم ، وما أن تصب المحلول الأول
في هذا الكأس وتخض المزيج قليلا حتى يصبح ، بالطبع ،
أحمر اللون . والأطرف من ذلك أنه يصبح غليظ القوام كالهلام
أو البالوظة (الجيلية) المصنوعة من الفواكه . وعوضاً عن كلوريد
الكالسيوم ، يمكن أخذ ثلاث ملاعق قياسية من كبريتات
المغنسيوم (وهو ما يسمى بالملح المر ، ويباع في الصيدلية)
وفمرها بالماء ثم خضها وإضافة عدة نقاط من محلول سليكات
الصوديوم إليها . وبعد التحريك والخض تتكون هنا بالوظة لونها
وردي باهت .

يمكنك «رسم» لوحات سحرية بواسطة الهلام السليكاتى
الملون . لرسم على ورقة شكلاً ما ، وامسح الأماكن التي يجب
أن تكون ملونة فيه بمحلول الفينولتالين عديم اللون ، بلل ورقة
أخرى بمحلول سليكات الصوديوم (وهو عديم اللون أيضاً) ،

اضغط الورقتين على بعضهما وارتكهما على هذا الحال بضع
دقائق ، (يمكنك استغلال هذا الوقت في إجراء تجربة أخرى)
ثم افصلهما بحذر عن بعضهما ، فتصبح اللوحة حمراء .
والمطلعون على خطأيا الكيمياء لا يندهشون من ذلك ، لأنهم
يعلمون أن محاليل سليكات الصوديوم ذات تفاعل قلوئى .
وايك أخيراً التجربة التي وعدناك بها ، وهي تحويل «الماء»
إلى «دم» . خذ وعاء من زجاج عاتم غير شفاف (ويمكنك أن
تلتصق ورقة ملونة على الجدار الخارجى لزجاجة عادية وأن تكتب
عليها ، زيادة في الأثارة ، بعض التعاويد والرموز غير المفهومة
لاضفاء طابع «السحر» على التجربة) ، واسكب فيه ماء .

حضّر عدة كؤوس نظيفة . والواقع أنه تكفى ثلاثة كؤوس
فقط . ولكن يمكنك أن تأخذ خمسة أو ستة كؤوس كى تحدث
انطباعاً عند المشاهدين بأن التحولات معقدة جداً . ضع في أحد
الكؤوس أربع ملاعق من كبريتات البوتاسيوم الحمضية أو نقط
فيه عدة نقاط من حمض الخليك وضع إشارة على هذا الكأس
(محاولاً ألا يراك أحد من المشاهدين) كى تستطيع تمييزه فوراً
عن الكؤوس الأخرى ، ضع في كأس ثانٍ ملعقة من كبريتات
الصوديوم التجارية وفي كأس ثالث بضع نقاط من محلول
الفينولتالين . أضف قليلاً من الماء إلى الكأسين الأول والثاني
وحرك المزيج كى تلوب المادة الصلبة فيهما ، والآن أصبح كل
شئ جاهزاً لعرض هذه اللعبة السحرية على المشاهدين ، املاء
الكؤوس بالماء من الوعاء الزجاجى فلن يحدث شيئاً ، اسكب
محتويات الكأسين الثانى والثالث فى الوعاء ، فيصبح السائل

فيه ذرات لون أحمر كالدم ، وستأكد المشاهدون من ذلك عندما تعيد هذا السائل الى الكأسين مرة أخرى .
والآن اسكب محتويات الكؤوس الثلاثة (ربما في ذلك الكأس الأول) في الوعاء الزجاجي ، فيزول اللون ويتحول «الدم» الى «ماء» يمكنك أن تعيده الى الكؤوس . وهذه التجربة ليست معقدة ولكنها مثيرة حقا خاصة اذا ما رافقتها بعض التعاويد والحركات السحرية .

ساعة كيميائية

لاحظت في التجارب السابقة التي تشبه «الألعاب السحرية» كيف أن المحاليل عديمة اللون تلوّن فوراً بألوان مختلفة وكأن «عصا سحرية» قد أمرتها بذلك . والواقع أن التفاعلات الكيميائية تجري بسرعة كبيرة وتبدأ ، بوجه عام ، بعد خلط المواد المتفاعلة مباشرة . ولكن ، هناك شذوّد عن هذه القاعدة ، فالمزيج المتفاعل يمكن أن يبقى عديم اللون فترة من الزمن وبعدها يتلون فوراً . وقد تستمر هذه الفترة خمس أو عشر ثوانٍ ؛ وبإمكانك أن تنظم «ساعة كيميائية» لتعيين الوقت اللازم .

حضّر محلولين تركيبي الأول منهما كما يلي : ٣,٩ غم من يودات البوتاسيوم KIO_3 في لتر من الماء وتركيب الثاني : ١ غم من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 و ٠,٩٤ غم من حمض الكبريتيك المركز (كن حذراً أثناء التعامل به) وعدة مليانترات من مطبوخ النشاء في لتر من الماء أيضاً . ويكون المحلولان عديماً اللون وشفافين .

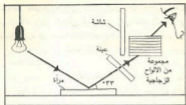
خذ ١٠٠ ملل من كلا المحلولين ثم اسكب بسرعة المحلول الثاني على المحلول الأول ، ويفضل أن تجري هذه التجربة مع

زئبلك ، وأن تكلفه بتعيين الزمن بواسطة عداد الثواني أو ساعة ذات عقرب ثنواثي حالما تقوم بسكب المحلول وبعد ست أو ثمان ثوانٍ (يتعلق الزمن بدرجة الحرارة) يتلون المحلول فوراً بلون أزرق غامق قريب من اللون الأسود .

والآن خذ من جديد ١٠٠ ملل من المحلول الثاني ثم خذ ٥٠ ملل من المحلول الأول وأضف إليها حجماً مماثلاً من الماء ، اسكب المحلول الثاني على الأول وستلاحظ من عداد الثواني أن الفترة بين لحظة سكب المحلولين وظهور اللون قد ازدادت مرتين .

وأخيراً امزج ١٠٠ ملل من المحلول الثاني مع ٢٥ ملل من المحلول الأول بعد تخفيفها بالماء أربع مرات أي حتى يصبح حجمها ١٠٠ ملل أيضاً وستلاحظ أن «الساعة الكيميائية» تستشير الى زمن أطول بأربع مرات من الزمن المسجل في التجربة الأولى . تبين هذه التجربة أحد القوانين الأساسية في الكيمياء وهو قانون فعل الكتلة ، ويتص هذا القانون على أن سرعة التفاعل تتناسب مع تراكيز المواد المتفاعلة . ولكن السؤال المطروح هنا هو : لماذا تلوّنت المحاليل فوراً بعد مرور فترة من الزمن ، ولم تلوّن تدريجياً كما كان متظنّاً ؟

يلتزم حمض الكبريتيك أيون اليودات وأيون الكبريتيت من أملاحها ، ويتكوّن عندئذ حمض يوديده الهيدروجين HI ولكن هذا الحمض لن يعمر طويلاً وإنما يتفاعل رأساً مع حامض اليوديك HIO_3 ويتكوّن من جراء ذلك اليود الحر . وهو الذي يعطى تفاعلاً ملوّناً مع النشاء . ولو جرت الأمور على هذا المنوال لتلوّن المحلول تدريجياً مع تشكل اليود الحر ولكن ، هناك عملية أخرى



الطبقة عاتمة أضف إليها نقطة أو نقطتين من الماء ، اترك الصهارة لتبرد في الهواء ولاحظ من خلال عدسة مكبرة (وهذا أمر ممتع حقاً) كيف أنها تبدأ بالنبور تدريجياً .

افرش على الطاولة ورقة سوداء وضع فوقها لوحاً زجاجياً رقيقاً ونظيفاً ، افتح المصباح الكهربائي واجلس وراء الطاولة بحيث تستطيع من خلال رزمة الألواح التي تمسكها بيدك رؤية المصباح على القوح الرقيق الموضوع على الطاولة . غير وضع الرزمة بتقريبها أو إبعادها عن الطاولة واختر الوضع الذي تختفي عنده صورة المصباح على القوح ، ويفضل أن ينظر إلى الرزمة من خلال زاوية حادة . ويجب وضع حاجز بين الرزمة والمصباح كي يحجب الضوء الصادر عن المصباح مباشرة ، خذ بيدك الأخرى اللوحين المنكصين بيلورات ثيوكبريتات الصوديوم وضعهما على مسار الضوء ثم اختر الوضع المناسب (بتدويرهما أو ميلهما) وستشاهد عندئذ قوس قزح جميل جداً .

ان تفسير هذه التجربة سيقتلنا من عالم الظواهر الكيميائية إلى عالم الظواهر الفيزيائية . وسكتفي هنا بالحدث عن كيفية

تجري في الوقت نفسه ، وهي أن حمض الكبريت و H_2SO_4 يتفاعل مع اليود الحر ويتكون من جراء ذلك حمض يوديد الهيدروجين من جديد ويكون هذا التفاعل أسرع من التفاعل الأول . فما أن يحاول اليود تلويين الشاشة حتى يختزل من جديد ويتحول إلى IO_2 .

فهل يعني ذلك أن اللون لن يظهر أبداً ؟ كلا . ولكن لاحظ أن حمض الكبريت يستهلك باستمرار أثناء التفاعل ، وعندما يتحول كله إلى حمض الكبريت لن يبقى أمام اليود أي شيء يعيق تفاعله مع الشاشة وعندئذ يتلون المحلول كله فوراً . ويتخفيفك للمحلول مرتين ثم أربع مرات تكون قد خفضت تركيز يودات البوتاسيوم وجعلت سرعة التفاعل تنخفض مرتين ثم أربع مرات أيضاً . وأظن أننا صرفنا وقتاً على تحليل التجربة أكبر من الوقت الذي استغرقته التجربة نفسها .

قوس قزح من دون شمس

كثيراً ما تعلق الطرائق البصرية في الأبحاث الكيميائية فالظاهرة التي ستراقبها الآن تستخدم لتعيين درجة انصهار المواد . حضر من زجاج رقيق حوال ١٥ لوحاً على شكل مربعات أبعادها ٥ × ٥ سم ، ضع عشرة منها فوق بعضها بحيث تشكل رزمة واحدة واربطها من طرفها بشرائط عازل كي لا تنفصل عن بعضها البعض . ضع على سطح أحد الألواح المتبقية قليلاً من ثيوكبريتات الصوديوم ثم سخنه بلطف كي تنصهر البلورات ، سخن لوحاً آخر ثم ضع فوق البلورات المصهورة فتتكون بين اللوحين طبقة رقيقة شفافة من الملح المصهور . وإذا ظهرت هذه

استخدام هذه الرزم (وهي تسمى بالرزم الاستقطابية) لتعيين درجة الانصهار . لا يظهر قوس قزح الذي شاهدتموه الا في البلورات . ولكن عندما تسخن المادة الصلبة تدريجيا فان قوس قزح هذا يختفي في اللحظة التي تبدأ فيها هذه المادة بالتحول الى حالة سائلة .

محاليل مضية

يتحول قسم من الطاقة الى ضوء أثناء حدوث بعض التفاعلات الكيميائية ويسمى هذا التحول عندئذ بالضياءية الكيميائية . وأحيانا تحدث الضياءية الكيميائية في الأجسام الحية وأكبر دليل على ذلك البزاعة (وهي حشرة تضيء في الظلام) المعروفة لجميع . ومن ناحية أخرى يظهر ضياء ضعيف أثناء أكسدة بعض المركبات العضوية أيضا . وبإمكانك أن تشاهده في تجربة أكسدة الهيدروكينون. ومن الضروري أن تجرى المرحلة الأخيرة من هذه التجربة في الظلام حتى يظهر الضياء على نحو أفضل. أذب ١ غم من الهيدروكينون و ٥ غم من كربونات البوتاسيوم في ٤٠ ملل من الفورمالين (وهو محلول مائي لفورمالدهيد) ، اسكب المزيج في حوجلة كبيرة أو زجاجة لا يقل حجمها عن لتر.

حضّر في وعاء صغير ١٥ ملل من محلول مركز لنفوق أكسيد الهيدروجين ، ويمكن أن تستعمل لهذا الغرض أيضا حبات الهيدروبيريت (وهي مركب من فوق أكسيد الهيدروجين والكرياميد الذي لا يعرقل وجوده سير التجربة) ، ضع الوعائين في غرفة مظلمة وبعث يكونان في متناول يديك عند الحاجة . وبعد أن تتعد عينك على الظلام أضف محلول فوق الأكسيد الى

الوعاء الكبير ، فبدأ المزيج حالا بالفوران (ولهذا السبب علينا منك أن تأخذ وعاء كبيرا) ويظهر ضياء برتقالي واضح .

ان الطاقة الكيميائية التي تنطلق أثناء أكسدة الهيدروكينون بواسطة فوق أكسيد الهيدروجين في وسط قلوي تتحول كلها تقريبا الى طاقة ضوئية وليس الى طاقة حرارية كالمعادن . ومع ذلك فالحرارة تنتشر أثناء التفاعل وتجعل الفورمالدهيد يتبخّر قليلا . وباعتبار أن رائحته كريهة فلا يجوز الانحناء فوق الوعاء ويجب تهوية الغرفة فور الانتهاء من التجربة .

والضياء لا يظهر أثناء الأكسدة لمحسب ، وإنما يظهر أثناء التبلور أحيانا . وهذه ظاهرة معروفة منذ زمن بعيد وبإمكانك أن تشاهدها الآن . وأبسط عينة هنا هي ملح الطعام . أذب كمية منه في الماء بحيث تبقى على قعر الكأس بلورات غير منحلّة ، اسكب المحلول المشبع الناتج في كأس آخر وأضف اليه بواسطة الماصة نقطة فقط من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز . عندئذ يبدأ الملح بالتبلور وتنطلق شرارات صغيرة في المحلول محدثة ضياء يمكن ملاحظته جيدا في الظلام .

وتسلّك بعض الأملاح الأخرى مثل كلوريد البوتاسيوم وكلورات الباريوم سلوكا مماثلا أثناء التبلور وفي جميع الحالات لا تظهر الشرارات الا عند إضافة حمض الهيدروكلوريك . ولعل أكثر التجارب إثارة في هذا المجال هي التجربة التي يستعمل فيها من كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم : امزج ٢٠٠ غم من ملح كبريتات البوتاسيوم مع ٨٠ غم من كبريتات الصوديوم ثم أضف الى المزيج على دفعات صغيرة ماء حارا وبعد أن تذوب جميع البلورات اترك المحلول ليبرد في غرفة عاتمة وستلاحظ أنه ستظهر

ضياء الأجسام الصلبة

برّد محلول برومات الباريوم ، الذى حضرته فى التجربة السابقة ، حتى درجة حرارة الغرفة فترسب عندئذ بلورات بفضاء من الملح وعتما ويصبح عددها كائفا اسحقها بقضيب زجاجى فيظهر وبيض من الضوء أثناء السحق . (وقد لا يظهر من أول مرة لأن العملية تحتاج ال خبرة) . فما هو تعليل هذه الحادثة طالما وأن العمليات الكيميائية قد توقفت قبلها وانتهت عملية التبلور أيضا ؟

الواقع أن السبب مختلف هنا تماما ، والوبيض ينشأ عن الاحتكاك ، إذ هناك مواد تتأثر كثيرا بالاحتكاك وتبدأ بالفضياء فى القلام ليس فقط أثناء سحقها وانما لمجرد غرضها أيضا . صحيح أن هذه المواد ليست متوفرة دوما ولكنها قد توجد فى مخبر المدرسة وتذكر منها مادتين الأول كبريتيد الزنك ZnS المضاف اليه ٠.٠٢٪ كبريتيد المنجنيز MnS والثانية كبريتيد الكاديوم CdS . ومن ناحية أخرى هناك بين المواد التى تصدر الضوء أثناء الاحتكاك مواد شائعة كثيرا ، كالسكر مثلا . ضع فى هاون كبير من الخزف قليلا من السكر ، ادخل الى غرفة مظلمة وانظر عدة دقائق حتى تعود عينك على الظلام ،خذ مدقة من الخزف وابدأ بسحق السكر بيده أولا ثم بحركة أسرع فأسمع . وسرعان ما تظهر شرارات زرقاء تشكل حلقة مضيئة وإذا كان السحق بطيئا ظهرت الشرارات تحت المدقة هنا وهناك .

ويمكن تبسيط هذه التجربة بحك قطعة من السكر على سطح جحش فى الظلام وسترى عندئذ خطوطا مضيئة تختفى فورا بعد

فى أول الأمر شرارات ضعيفة جدا فى الدرجة $60^{\circ}C$ ولا يلبث أن يزداد عددها تدريجيا وإذا انتظرت حتى ترسب كمية كبيرة من البلورات شاهدت حمزة من الشرارات . وقد يستغرق انتظارك ساعة كاملة وعتما تقرب أذناك من جدار الوعاء تسمع قرعقة كالرعد ولعل سبب الضياء هنا يعود الى تشكل الملح الثنائى $2K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.

احتفظ بالمحلول الحامى على البلورات لأنه يمكن تكرار التجربة بعد انقضاء الضياء أيضا : حرك البلورات الواقعة تحت السائل بقضيب زجاجى أو حر الوعاء عدة مرات فتظهر الشرارات من جديد .

وليك تجربة أخرى يحدث فيها الضياء أثناء التبلور . وتتطلب تحضير برومات الباريوم $Ba(BrO_3)_2$ من مادتين أكثر توفرا هما برومات البوتاسيوم $KBrO_3$ وكلوريد الباريوم $BaCl_2$. ولما كانت ذوبانية المادة الأولى منها ضعيفة لما يجب أخذ محاليل مخففة يبلغ تركيزها $\frac{3}{4}$ تقريبا وعند تبريد المزيج المؤلف من محلول المادتين المذكورتين يترسب الملح المطلوب : ولا تذوب عمليا برومات الباريوم فى الماء البارد . رشح المحلول ثم اغسل برومات الباريوم بالماء البارد وجففها ، خذ ٢ غم منها وأذنها فى ٥٠ ملل من ماء غال ورشح المحلول من جديد ، اترك الكأس الحامى على المحلول ليبرد ليس فى درجة حرارة الغرفة ، وانما فى درجة حرارة أعلى تبلغ $40 - 45^{\circ}C$ (يفضل أن يوضع فى خزانة تجفيف) وستظهر فى المحلول عند هذه الدرجة شرارات زرقاء وتسمع قرعقة وكأن عاصفة قد حلت فى كأس كيميالى ...

ظهورها . ويعزى الضياء أثناء الاحتكاك الى شحنات كهربائية تنشأ أثناء تحطيم البلورات . ولهذا السبب يتوقف الضياء عندما تنفثت بلورات السكر نهائيا في الهاون وتتحول الى مسحوق ناعم ، فمسحوق السكر الناعم لا يعطى ضوءا بالاحتكاك .

باقة رالعة

ستقوم الآن بتحضير زهور ذات ألوان خيالية . وستعتمد على خاصة عند بعض الأصبغة الطبيعية وهي قدرتها على تغيير لونها من وسط الى آخر . ونذكر هنا أن هذه الخاصة هي التي ساعدتنا على الحصول على الأدلة من النباتات .

هناك قصبدة للكاتب الانكليزي رديارد كيبلينغ عنوانها «ورد زرقاء» ، وتتحدث عن شاب قدم لفتاة باقة من الورد الأحمر فرفضتها . وراح يطوف بحثا عن ورد أزرق فلم يعثر عليه في أي مكان . فكما لا يوجد سوسن أصفر أو زرجس أحمر كذلك لا يوجد ورد أزرق . ومع ذلك ، فيمكننا رؤية هذا الورد بأمر عينا .

امزج في كأس أو قارورة ٥٠ ملل من الاثير الطبي مع حجم مماثل من محلول النشادر المركز . وهذا هو الكاشف المخصص لتحضير باقة رالعة . ولرجو ألا تنس بأن أبخرة الاثير سهلة الالتهاب ، وعليه فلا يجوز أن يكون بالقرب من القارورة أي مصدر لئار . وبالإضافة لذلك ، فإن لكل من المحلولين السابقين رائحة واذخة الأمر الذي يتطلب اجراء التجربة تحت نافذة سحب الغازات أو في الهواء الطلق عند الضرورة .

ضع الزهرة التي تريد تغيير لونها فوق الوعاء الحاوي على

هذين السائلين ، فينغير لونها بعد فترة من الزمن (تختلف هذه الفترة حسب نوع الزهرة ولهذا يجب تعيينها عمليا) . وتعليل ذلك أن السائلين المذكورين طياران . ولهذا تقوم أبخرة الاثير باستخلاص صبغ الزهرة من الخلايا النباتية ، أما أبخرة النشادر ، فتؤمن وسطا قلويا في النباتات . ولهذا تغير الأصبغة لونها كما تفعل ذلك الأدلة المستعملة في المخابرة .

وبمعالجة عدة زهور مختلفة بهذه الطريقة يمكنك الحصول على باقات غريبة جدا . وإذا أردت أن يندھش أصدقاؤك من هذه الزهور الغريبة فلا بد أن تحضرها قبل فترة قصيرة من عرضها عليهم لأن الزهور التي تعالج بمزيج من النشادر والاثير تدبيل وتزوي بسرعة . وكان من المفروض أن يعود لون الزهور الى أصله في وسط وبغسل أبخرة حمض ما . ولكن الأمر ليس كذلك مع الأسف : فلي الزهور تجري عمليات لا عكوسة أيضا تعيق عودة اللون الى أصله في أكثر الأحيان .

الرؤية افضل

التجارب والظواهر أمر هام جدا ولكن الأهم من ذلك هو
تعليلها وتوضيح جوهرها .

تجارب على الأزيمات - الأوكسيداز والبيروكسيداز

تجرى في خلايا النباتات والحيوانات باستمرار عمليات
كيميائية معقدة تنظمها وتتحكم بها مواد بروتينية تدعى الأزيمات .
ولذلك مرة أخرى بأن الأزيمات تلعب دور الوطاء (المواد
الحضارة) في التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا .
ونحتاج دراسة مثل هذه العمليات البيوكيميائية (الكيميائية الحيوية)
الى أجهزة معقدة وتتطلب الكثير من الكواشف والمواد الكيميائية
المختلفة ومن ناحية أخرى ، فإن بعض الظواهر البيوكيميائية
يمكن أن يشاهد ، كما يقال ، بالعين المجردة .

ولنبدا بالأزيمات المؤكسدة - الأوكسيداز والبيروكسيداز .
فهى توجد في الكثير من الأنسجة الحية لأن الأكسدة هى أساس
عمليات التنفس ، ولكن تأثيرها مختلف : فالأوكسيدازات تؤكسد
المواد العضوية بواسطة أكسجين الهواء بينما تفسطر البيروكسيدازات
لتحقيق ذلك الى «اقتناص» الأكسجين من البيروكسيدات (فوق
الأكاسيد) . وطبيعى أن المواد تتأكسد ببطء دون مساعدة
الأزيمات ، ولكن الأزيمات تسرع تفاعل الأكسدة هذه عدة
آلاف من المرات . تتكون مواد ملونة أثناء أكسدة بعض المواد ،
كالقنول والهيدروكينون مثلا ، ويعنى ظهور اللون أن الأزيم قد
قام بدوره . أما شدته (أى شدة اللون) ، فتعطى فكرة عن كمية
نواحي الأكسدة . ويدل عدم ظهور اللون على أن الأزيم خامل
وغير نشيط . وقد يحدث ذلك عندما يكون الوسط حمضيا جدا

تدرس في المدرسة النظريات الكيميائية وتقومون في المخابر
بالتأكد من صحتها . ولكن هل يمكن التأكد من صحة جميع
المبادئ النظرية أثناء الدروس العملية ؟ لا أظن أن الوقت يكفى
لكم ، بالإضافة الى أن الكثير منها معقد جدا وليس من السهل
أبدا اثبات صحته تجريبيا . ومع ذلك ، فبعض الظواهر ، وهو
معقد في طبيعته ، يمكن أن يلاحظ في المخبر وحتى في
البيت ويمكن التعرف عليه تجريبيا وليس عن طريق كتاب
الكيمياء فقط .

تطور الكيمياء الحيوية بسرعة في الوقت الحاضر وبامكانك
الاطلاع على التحولات الكيميائية الحيوية . لقد سمعت حتما
بالخلايا (البطاريات) الشمسية التي تحول الطاقة الشمسية الى
طاقة كهربائية . ولؤكد لك أنك تستطيع بنفسك صنع مثل هذه
البطاريات والحصول على تيار كهربائى منها . ويمكنك تحضير
حرير اصطناعى وفصل مزيج من المواد فى عمود الكروماتوغرافيا
وصنع مادة نصف ناقلة ثم التعرف على خواصها . وطبيعى أن يبقى
الكثير من الظواهر والعمليات خارج نطاق امكاناتنا لأننا لن
نستطيع الاحاطة بكل شىء . ولكننا نأمل بأن ما ستطلع عليه فى
هذا الباب سيؤمّن لك المادة اللازمة للتأمل والتفكير . ففوية

أو قلوبا جدا أو عند عدم توفر مصادر للتزود بالأكسجين أو في حال وجود مواد مضرة بالأزيمات تسمى بالمنبطات .

ولنتقل بعد هذه المقدمة القصيرة الى التجارب نفسها .
وستحتاج الى المواد التالية : ساق (لب) الملفوف (الكرتب) ونفاحة و حبة بطاطس عليها براعم وبصلة نمت في الظلام ولها جذور والكواشف اللازمة هنا هي : ماء مغلي بارد ، وبغضل عليه الماء المقطر في حال وجوده ، والهيدروكينون و فوق أكسيد الهيدروجين الذي يباع في الصيدليات تحت اسم الماء الأكسجيني ويجب أن تتوفر لديك مبشرة للخضار ومغسل مائي وأنباب اختبار وماصات نظيفة وشاش أو قماش أبيض .

ولنبداً بتجربة على عصير الملفوف (الكرتب) : خذ قطعة من ساق الملفوف وزنها حوالي ٢٠ غم وأبشرها على المبشرة ، اعصر الناتج ضمن طبقتين من الشاش أو طبقة من القماش وأجمع العصير في كأس ثم خففه بالماء عشر مرات . وتلقت التباهك الآن الى أنه عند اجراء التجارب على عينات نباتية أخرى لا يجوز تخفيف العصير أكثر من مرتين أو ثلاث مرات .

رقم ستة أنابيب اختبار جافة ونظيفة ، اسكب في كل من الأنابيب ذات الأرقام ١ و ٢ و ٣ و ٤ مليمترا واحدا من عصير الملفوف المخفف ، ضع الانبوبين ١ و ٢ في مغسل من الماء الغالي لمدة خمس دقائق وذلك لتخريب الأزيمات ثم اتركها لتبرد بعد ذلك حتى درجة حرارة الغرفة ، اسكب في كل من الانبوبين ٥ و ٦ مليمترا واحدا من الماء ، أضف الى الأنابيب الستة كلها قليلا من الهيدروكينون وبعد ذلك نقط في الأنابيب ١ و ٣ و ٥ خمس نقاط من الماء وفي الأنبوب رقم ٦ خمس

نقاط من بيروكسيد الهيدروجين ، ثم اخلط جيدا محتويات كل انبوب .

وبعد مرور خمس عشرة دقيقة تظهر نتائج التجربة وتنصحك بأن ترتب هذه النتائج في جدول تدون فيه أرقام الأنابيب وتركيب المزيج في كل منها ، ثم سجل في العمود المقابل وأمام كل مزيج ما اذا تغير اللون أثناء التجربة . وإذا تغير ، فبكيف ؟ واكتب في العمود الثالث النتيجة وهل حدث تفاعل أكسدة أم لا ؟ وبعد أن تنتهي من اعداد الجدول حاول أن تحلل النتائج التي حصلت عليها وأن تجيب عن الأسئلة التالية :

هل يستطيع بيروكسيد الهيدروجين أكسدة الهيدروكينون في غياب عصير الملفوف ؟

هل يتأكسد الهيدروكينون بفعل عصير الملفوف ودون اشترك بيروكسيد الهيدروجين ؟

هل تحافظ الأزيمات على نشاطها في العصير بعد غليه ؟
أي نوع من الأزيمات المؤكسدة - الأوكسيدازات أم البيروكسيدازات - يوجد في عصير الملفوف ؟

ولكن من السابق لأوانه أن تستخلص نتائج نهائية من تجربة على نباتات من نوع واحد ولهذا لا بد من اجراء تجارب أخرى على حبة البطاطس والنفاحة والبصلة . ونذكرك مرة أخرى بأن العصير المحضر منها كلها يجب أن يخفف مرتين أو ثلاث مرات لا أكثر .

وبعد الانتهاء من اجراء هذه التجارب يمكن تحديد المادة التي تكون فيها الأزيمات المؤكسدة أنشط منها في المواد

الأخرى . وهل تعتقد بأن الأكسيدازات والبيروكسيدازات يمكن أن تتواجد معا وفي آن واحد في الأنسجة النباتية ؟ حاول أن تجيب بنفسك عن هذا السؤال ، ودون أن تلجأ الى الكتب ، ثم تأكد من صحة اجابتك :

النتيجة الأولى : يستطيع بيروكسيد الهيدروجين أن يؤكسد الهيدروكينون تدريجيا في غياب العصير : يظهر ببطء في الانيوبين ٥ و ٦ لون وردي وهذا يعني أن الأترزيم ليس ضروريا لتفاعل فالأترزيمات ، كغيرها من الوسطاء «الحقازات» تسرع فقط التفاعل عدة مرات ، وقد لاحظت طبعا كيف أن اللون ظهر بسرعة في الانيوب ٤ ، ومن ناحية أخرى ، فان البيروكسيدازات لا تستطيع تسريع تفاعل الهيدروكينون مع أكسجين الهواء (لا يظهر لون في الانيوب ٣ أو ربما يظهر ببطء شديد جدا) .

النتيجة الثانية : يمكن تخريب الأترزيم بمجرد غل المحلول لفترة قصيرة . ففي الانيوب ٢ لن يظهر اللون عمليا . والمعروف أن الأترزيمات مواد بروتينية تتحتر أثناء التسخين ولهذا تظهر في الانيوبين ١ و ٢ اختلالات بروتينية .

النتيجة الثالثة : لن يظهر لون في الانيوب ٣ وهذا يعني أن عصير الملفوف يحتوي على البيروكسيدازات فقط التي لا تسرع أكسدة الهيدروكينون الا في وجود بيروكسيد الهيدروجين . ومن ناحية أخرى ، فان اللون يظهر في تجربتي حبة البطاطس والتفاح ، والأكثر من ذلك أنه يظهر بسرعة أثناء غرض الانيوب ، أي عندما يغتن المحلول بأكسجين الهواء . وهذا يعني أن البطاطس والتفاح يحتويان على أوكسيدازات (والتحديد فنول لوكسيداز) تساعد على أكسدة الهيدروكينون بأكسجين الهواء وهذا هو السبب

في أن التفاحة وحبة البطاطس تسودان بعد فصلهما في الهواء لاحتوائهما على مواد قريبة للهيدروكينون . والأكسيداز يفقد نشاطه أثناء التسخين أيضا . تذكر : هل تسود حبة البطاطس المسلوقة ؟ وأخيرا النتيجة الرابعة : تحتوي التفاحة وحبة البطاطس على لوكسيدازات أيضا لأنه عند إضافة البيروكسيد في الانيوب ٤ يظهر اللون بسرعة أكبر . ولا تحتوي البصلة على الأكسيداز ، فهي لا تسود في الهواء حتى مع الهيدروكينون .

وبالمناسبة ، فهل انتهت الى أن الأترزيمات المؤكسدة تكون أكثر نشاطا في الأجزاء النامية أو المهينة لنمو في النباتات كالجلود المتقرحة عن البصلة والبراعم المنتشرة على حبة البطاطس ؟ فهذا تكون عملية التمثيل الغذائي أنشط منها في الأجزاء الأخرى من النبات .

وهكذا نكون قد أوضحنا بأن الظروف ليست جميعها ملائمة لعمل الأترزيمات . فاذا كان التسخين الشديد يخرّب الأترزيمات ، فهل يكون نشاطها أقوى في درجة حرارة منخفضة ؟ وستحقق من هذا أيضا . وتحتاج التجربة هنا الى أربع زجاجات سعة كل منها لتر تقريبا واثني جليد أو ثلج (كيلوغرام واحد تقريبا) ، وسنجربها على لب الملفوف .

ابشر لب الملفوف على الميشرة ، اعصر الناتج ضمن شاش أو قماش ثم خفف العصير عشرين مرة بالماء ، رقم الأنايب في حال زوال الترقيم السابق ، ثم اسكب في كل من الأنايب رقم ١ و ٢ و ٣ و ٤ مئيلترا واحدا من عصير الملفوف المخفف ، وأضف اليها على طرف سكين قليلا من الهيدروكينون ، اسكب في كل من الانيوبين ٥ و ٦ مئيلترا واحد من الماء بدلا من

العصير ، ثم أضف إليها الهيدروكربون وبعد ذلك ضع الأنايب حسب الترتيب التالي : الأيوب رقم ١ في زجاجة تحتوي على ثلج أو جليد والأيوب رقم ٢ في زجاجة تحتوي على ماء فاتر (٤٠°م) والأيوب رقم ٣ في زجاجة تحتوي على ماء ساخن (٦٠°م) واترك الأيوب رقم ٤ على الطاولة في درجة حرارة الغرفة وضع الأيوب رقم ٥ في زجاجة تحتوي على ماء غال وأخيرا اترك الأيوب رقم ٦ في درجة حرارة الغرفة . وبعد مرور خمس دقائق على بدء التجربة نقط في كل أنبوب ، مبتدئا بالأنايب الأكثر برودة ، خمس نقاط من بيروكسيد الهيدروجين ، خض المزيج بملح ويمن زمن بدء التفاعل وبعد مرور خمس دقائق اسحب الأنايب من الزجاجات وسجل نتائج التجربة في جدول كما في التجربة السابقة ، ثم حاول أن تناقش ما حصلت عليه وأن تضع النتائج بنفسك بعد أن تجيب عن الأسئلة التالية:

هل يتسرع تفاعل الأكسدة عند ارتفاع درجة الحرارة ودون أن يضاف الأزيم ؟

هل يمكن القول بأن الأزيمات تعمل على نحو أفضل أثناء التبريد؟

ما هي درجة الحرارة الأكثر ملاءمة لعمل البيروكسيداز ؟ لماذا تبقى المواد الغذائية في التلاجة (البراد) فترة أطول دون أن تتعرض للتلف ؟

ما هو الهدف من غل الحليب ؟ لماذا تعتبر الحيوانات الثابتة الحرارة - الطيور والثدييات - أكثر الحيوانات على الأرض نمواً وحيوية؟

هل أجبت عن هذه الأسئلة جميعها ؟ إذن ، فأليك تفسيرنا وتعليقنا :

لعلك لاحظت أن سرعة أكسدة الهيدروكربون بيروكسيد الهيدروجين ليست واحدة عند درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة ، فهي أعلى بالطبع في درجة حرارة منخفضة . وسهل البيروكسيدازات تفاعل الهيدروكربون مع البيروكسيد ويجري هذا التفاعل في وجود الأزيم حتى في درجة حرارة منخفضة ولكن كلما ارتفعت درجة الحرارة سهل عمل الأزيم على تنشيط المواد المتفاعلة . ولكن لا يجوز أن يغيب عن ذهننا أن البروتينات تتلخر في درجة حرارة مرتفعة مما يؤدي إلى انخفاض سرعة التفاعل . وهناك تعبير يستعمل في هذا المجال وهو درجة الحرارة المثلى لفعل الأزيمات . وتعرف هذه الدرجة بأنها الدرجة التي يكون عندها نشاط الأزيمات أكبر ما يمكن . وهي تختلف من أنزيم إلى آخر . ولكنها تتراوح بين ٤٠ و ٥٠°م عند معظم الأزيمات بما في ذلك البيروكسيدازات . تسد المواد الغذائية بفعل الأزيمات الموجودة فيها أو التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة . ولكن نشاط الأزيمات ينخفض في الجو البارد ، وهذا ما يجعل المواد الغذائية تبقى فترة أطول دون فساد عند وضعها في التلاجة .

ارتفعت الحيوانات الثابتة الحرارة إلى أعلى درجات التطور . فهي قادرة على أن تجعل درجة حرارة الجسم مثالية وملائمة لنشاط الأزيمات .

تجارب على الأتريمات - الديهيدروجينازات

كما حتى الآن بإجراء التجارب على الأنسجة النباتية وسنحاول دراسة الأتريمات التي تشترك في عمليات التنفس لتسبجي عند الحيوانات وهي ، كما يشير العنوان ، تقوم بتزغ الهيدروجين من المواد وستشاهدون كيف يتم ذلك بعد الاعداد للتجربة .
وهنا نحتاج الى المواد التالية : ٥ ملل من محلول مائي لفورمالدهيد تركيزه ٥.٥٪ (لتحضير هذا المحلول يؤخذ الفورمالين الذي يباع في الصيدلية ويخفف بالماء عشر مرات) و ٥ ملل من محلول مائي لأزرق الميتيلين تركيزه ٠.٠٢٪ (يمكن استعمال محلول مخفف من الحبر الأزرق) و ٥ ملل من محلول مائي لحمض الكسنيك الذي يعدل بحذر بصودا الخبيز حتى يتوقف انطلاق الفقاعات و ١٠ ملل من زيت نباتي أو زيت القازلين ونحتاج الى ميزان حرارة (ترمومتر) وحليب بقر طازج ولحم دجاج أو أرنب . وسنرى في البداية كيف يقوم الفورمالدهيد بأكسدة أتريم الديهيدروجيناز الموجود في حليب البقر الطازج . وهنا يلزمنا صباغ أزرق الميتيلين كمنظف الحادثة بوضوح : إذ أن الأتريم المذكور يسحب ذرة هيدروجين من الفورمالدهيد ويحولها الى الصباغ الذي يختزل بسهولة ويزول لونه وفي الوقت ذاته يتأكسد الفورمالدهيد متحولاً الى حمض الفورميك ، أما الصباغ الذي زال لونه بعد الاختزال ، فيمكن أن يتأكسد بسهولة بواسطة أكسجين الهواء ويصبح أزرق اللون بعد ذلك . وعليه يجب عزل المزيج المتفاعل عن الهواء ببطيئة من الزيت .

رقم سنة أنابيب اختبار ، اسكب في الايوبين ١ و ٢ خمسة مليترات من حليب طازج غير مغلي واسكب في الايوب

٣ كمية مماثلة من حليب بارد مغلي ، سخن الماء في المغطس المائي حتى الدرجة ٣٧م ، أضف الى كل اتيوب من الأنايبب الثلاثة السابقة ٥.٥ ملل (حوالي ٥٠ نقطة) من محلول الفورمالدهيد و ٥ نقاط من محلول أزرق الميتيلين ، فيصبح المزيج أزرق اللون . صب في كل اتيوب قليلا من الزيت كي تتكون طبقة رقيقة عازلة على سطح المزيج ، ضع الايوبين ١ و ٣ في مغطس مائي واترك الايوب ٢ في درجة حرارة الغرفة ، عيّن زمن بدء التفاعل وراقب تغير لون المحلول ولا تنس أن تدون النتائج في الدفتر .

وسنطرح عليك ، كما في السابق ، الاسئلة الموجهة التالية :

في أية درجة حرارة يزول لون المحلول بسرعة أكبر ؟

هل يحافظ الأتريم على نشاطه في الحليب المغلي ؟

ماذا سيحدث عندما ننفخ الهواء خلال المحلول الذي زال لونه ؟

اجر تجربة أخرى على أتريم الديهيدروجيناز قبل التأكد من صحة الاستنتاجات التي توصلت اليها وبعدها سنبحث نتائج التجريبتين .

يوجد في عضلات الحيوانات أتريم خاص يدعى ديهيدروجيناز حمض الكسنيك ومهمة هذا الأتريم هي حفر تفاعل تحول حمض الكسنيك الى حمض القواريك ونقل الهيدروجين المتزوع الى مادة ملائمة ، كأزرق الميتيلين مثلا . ويجري هذا التفاعل بدون الأكسجين ، وكما يقال ، في ظروف لا هوائية .

اقطع لحم الدجاج أو الأرنب (حوالي ١٠ غم) قطعاً صغيرة

وإبرشها على صحن صغير ، الحسل الهريسة الناتجة عن عدة مرات بالماء وهي موضوعة على شاش وذلك لازالة المواد المذابة فيها ، أضف الى الناتج ماء يحوى ملح الطعام (حوالى نصف ملعقة صغيرة) ويبلغ حجمه ثلاث مرات حجم الهريسة ، وزع الهريسة المخففة فى الأنايب ٤ و ٥ و ٦ بسكب ٥ ملل فى كل منها ، اغمز الاتيوب ٤ لمدة خمس دقائق فى مغطس يحوى ماء غالبا ثم برده حتى درجة حرارة الغرفة ، اصف بعد ذلك فى كل من الاتيوبين ٤ او ٥ نصف ملبتر (٠.٥ ملل) من محلول حمض السكنيك و ١٠ نقاط من محلول أزرق الميثيلين وأضف الى الاتيوب ٦ نصف ملبتر من الماء و ١٠ نقاط من محلول أزرق الميثيلين واسكب فى جميع الأنايب قليلا من الزيت لعزل المزيج عن الهواء ، راقب تغير اللون وحاول الاجابة عن الأسئلة التالية :

هل يختزل الصياغ فى هريسة اللحم المغلية ؟

هل يحتاج هذا التفاعل الى حمض السكنيك ؟

هل يشابه سلوك الأتريزمات المأخوذة من الأنسجة فى درجة حرارة مرتفعة ؟

واليك الآن التفسير : تسرع الأتريزمات النازعة للهيدروجين (الديهيدروجينازات) والموجودة فى الحليب الطازج تفاعل أكسدة الفورمالدهيد (وهذا واضح من زوال لون أزرق الميثيلين) . ومن الممكن أن يعاد اللون الأزرق الى الصياغ المخترزل بأكسدته بأكسجين الهواء (ويعمل ديهيدروجيناز الحليب ببطء فى درجة حرارة منخفضة ، وهو يخدم ويفقد نشاطه تماما بعد غل الحليب . وهذا يعنى أن له درجة حرارة مثل أيضا .

وفى التجارب المجراة على هريسة اللحم يفقد ديهيدروجيناز حمض السكنيك ، كجميع الأتريزمات الأخرى ، نشاطه بعد الغلى . ومن ناحية أخرى ، فالتفاعل لن يجرى بدون حمض السكنيك (ولتأكد من ذلك يجب أن تغسل الهريسة جيدا بالماء لازالة ما يوجد فيها من حمض السكنيك) ، كما أن الأتريزم يؤكسد بسرعة حمض السكنيك ويحوله الى حمض الفورماليك بنقل ذرات الهيدروجين الى الصياغ .

واليك تجربة أخرى حول فعل الأتريزمات على عينة أخرى هى الكائنات الحية الدقيقة . فحتى الآن تعاملنا مع الأنسجة الحية والنباتية ولكن الكائنات الحية الدقيقة أكثر منها تسليحا بالأتريزمات لأن ليس لها وسائل ، غير الوسائل الكيميائية الحيوية ، للدفاع عن نفسها وعن وجودها . وسنجرى تجربة على واحد منها ، وبالتحديد على الفطر المتشثل فى خميرة العجين ، فالديهيدروجيناز المعروف لدينا الآن يدخل بين العدد الكثير من الأتريزمات النشطة التى تنتجها الخميرة .

المرك قطعة من الخميرة على صحن صغير مع ملعقتين صغيرتين من الماء الغالى ، ويفضل أن يكون الفرق بملعقة من الألومنيوم أو البلاستيك ، وعندما يصبح المزيج متجانسا انقله بماصة نظيفة الى انبوى اختيار ثم غسلها بالماء والصايون وتجفيفهما قبل ذلك وأضف الى الاتيوبين بماسة أخرى قليلا من الزيت ، ضع الاتيوب ١ لمدة خمس دقائق فى وعاء يحوى ماء غالبا ثم برده بعد ذلك حتى درجة حرارة الغرفة ، أضف الى الاتيوبين قليلا من السكر ثم حمض المزيج كى يذوب السكر وانقل بماصة

ثالثة الى كلا الابوين ١٠ - ١٥ نقاط من محلول الصياغ وراقب بعد ذلك لون المحلول .

ويمكن تعقيد التجربة أكثر من ذلك بأخذ عدة أنابيب وتغيير درجة حرارة المحلول وأخذ كميات مختلفة من الخميرة والسكر . وستتركك تتوصل الى النتائج بنفسك ودون أسئلة موجهة . فالآن وبعد أن تجمعت لديك الخبرة الكافية يمكنك القيام بذلك على أكمل وجه .

تجارب على الأتريومات - الأميلازات

تسرع الأتريومات سير الكثير من التفاعلات الكيميائية ولكنها تقوم بذلك انتظاليا . فلكل منها اختصاصه الضيق . ويلاحظ أحيانا أن العملية الواحدة تسرع بعدة أتريومات ، وستأكد من ذلك الآن .

ولندرس الأتريومات التي تخرب النشاء بضم «بقايا» من جزيئات الماء اليه وهي ما يسمى بالأتريومات الهيدروليبية ومن بينها الأميلازات التي سبق وتحدثنا عنها في قسم تجارب على الهيدروكربونات» وبما أن مبدأ عمل هذه الأتريومات معروف لديكم الآن لذا سنقوم مباشرة بإجراء تجارب للمقارنة وسرى كيف تؤثر أميلازات الانسان والحيوان على النشاء . وستستعين ، كما في السابق ، بالقياس كمصدر للأميلاز من الانسان أما الأميلازات ذات المنشأ الحيواني ، فتجدها في عسل النحل .

حضر أولا خمسة محاليل - المحلول الأول : اجمع في انبوب اختبار حوالي ٥.٠ ملل من اللعاب وخففها عشرين مرة بماء

مغلي بارد ، المحلول الثاني : محلول سائل من النشاء (ويؤخذ ربع ملعقة صغيرة من النشاء في كأس من الماء) ، المحلول الثالث : محلول من اليود مخفف بالماء عشرين مرة ، المحلول الرابع : يؤخذ نقطتان أو ثلاث نقاط من عسل النحل وتخفف عشر مرات بالماء ثم يخلط المحلول جيدا ، المحلول الخامس : يمزج نصف ملعقة من صودا الخبيز مع عشر ملاعق من الماء .

سنحتاج هنا الى تسعة أنابيب اختبار ، اسكب في الأنابيب كلها حوالي ٥ ملل من محلول النشاء ، أضف بالخاصة الى الأنابيب ١ و ٤ و ٧ خمس نقاط من الخل ، وأضف الى الأنابيب ٢ و ٥ و ٨ حجما مماثلا من محلول الصودا وأضف الى الأنابيب المتبقية ٥ نقاط من الماء النقي ، اخلط جيدا محتويات كل انبوب ثم انقل الى كل منها ١٠ نقاط من اللعاب المخفف . وبعد ١٠ دقائق أضف الى الأنابيب ١ و ٢ و ٣ نقطة أو نقطتين من محلول اليود وأخلط المزيج جيدا ، راقب تغير اللون وبعد مرور ١٥ دقيقة على الوقت السابق أضف حجما مماثلا من محلول اليود الى الأنابيب ٤ و ٥ و ٦ وبعد مرور عشر دقائق على ذلك أضف اليود بالكمية نفسها الى الأنابيب المتبقية . ولعلك تتذكر أن النشاء والديكسترينات تعطي لونا مختلفا مع اليود ويتغير هذا اللون أثناء تخريب النشاء من قبل الأميلاز . وهكذا يمكننا الحكم ليس فقط على تفكك النشاء وانما نستطيع تحديد الوسط (حمضى أم قلووى أم معتدل) الأكثر ملاءمة لهذه العملية .

تجرى تجربة مماثلة تماما على عسل النحل .

وقد تتغير فاعلية أو نشاط الأميلاز من عينة الى أخرى ،
ولهذا يصار الى تطويل أو تقصير فترة الحلمأة ، فمثلا يحتوى
لعاب المدخنين على كمية قليلة جدا من الأميلاز .

تحتاج التجربة التالية الى الشعير . اعصر حبات من الشعير
في الماء عدة ساعات ثم ضعها على صحن صغير واتركها اتسو
مدة ٤ - ٥ أيام مع رشها بالماء كل يوم ، اقطع الأجزاء النامية
منها واغسلها بالماء ثم افركها جيدا بملقعة ، خفف الناتج بكمية
من الماء المقطر تزيد مرتين عن كميته ثم اعصر المزيج من
خلال قماش سنك فتحصل على عصير يحتوى على أنزيمين
هنا : الأميلاز - ألفا والأميلاز - بيتا ويسكتنا بمعالجة إضافية
تخريب أحدهما لمراقبة عمل الأنزيم الأخرى : فالأميلاز -
ألفا يمكن تخريبه بالتسخين ولهذا الغرض يضاف الى جزء من
العصير ثلاثة أجزاء من الماء ثم يخلط المزيج ويسخن مع
التحريك لمدة عشرين دقيقة على حمام مائى تبلغ درجة حرارته
٧٠°م . ويكون المحلول المبرد بعدئذ حاويا على الأميلاز - بيتا
قطر .

والآن يجب تخريب الأميلاز - بيتا بالمحمض للحصول على
محلول يحوى الأميلاز - ألفا فقط ولهذا يبرد حوالى ٥ ملل
من العصير في التلاجة أو داخل الثلج حتى الدرجة ٢ - ٣°م ثم
تضاف اليه ملقعة صغيرة من الحلل المبرد ويكمل الحجم في
انبوب الاختبار الحاوى على المزيج بماء بارد حتى أعلى الأنبوب
تقريبا يخلط المزيج ويترك لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة ، ثم يعاد
بإضافة مسحوق من الطباشير اليه حتى يتقطع انطلاق الفقاعات ،
يحرك المزيج مرة أخرى ثم يخفف بحجم مماثل من الماء ويترك

ليستقر . اسكب السائل الواقع فوق الراسب فى انبوب اختبار
نظيف وبهذا ينتهى الاعداد للتجربة .

خذ عشرة أنابيب اختبار وأضف فى كل منها ١ ملل من
محلول النشاء و ٩ ملل من الماء ، أضف فى الخمسة أنابيب الأول
بالماء عشر نقاط من محلول الأميلاز - ألفا وفى الأنابيب
الباقية كمية مماثلة من محلول الأميلاز - بيتا ، حرك جيدا
محتويات كل أنبوب وبعد مرور ثلاث دقائق أضف الى
الانبوبين ١ و ٦ نقطة واحدة من محلول اليود ثم حرك المزيج ،
كرر العملية نفسها على الانبوبين ٢ و ٧ بعد خمس دقائق
وعلى الانبوبين ٣ و ٨ خلال عشر دقائق وعلى الانبوبين ٤ و ٩
خلال عشرين دقيقة وعلى الانبوبين ٥ و ١٠ خلال ثلاثين
دقيقة . وستلاحظ هنا أن اللون يتغير بسرعة فى وجود الأميلاز -
ألفا : من أزرق الى بنفسجى ثم الى ودى وأخيرا يصبح اللون
أصفر . وتتكون عندئذ الديكستريانات وهى عبارة عن بقايا من
جزئيات النشاء . أما الأميلاز - بيتا ، فيتصرف بطريقة أخرى :
فهو يبدو وكأنه «يقضم» قطعاً من جزئيات النشاء ولهذا يبقى
اللون مع اليود أزرق ، ولكن شدته تخف مع تفكك النشاء .
تظهر نتائج هذه التجربة بكل وضوح التباين فى خواص
الأنزيمات جميعها وحتى المشابهة منها أيضا . أما فى الأجسام
الحية ، فتعمل الأنزيمات عادة مع بعضها بعضا ، وتكون
التحولات الجازية عندئذ أعقد بكثير من تلك التحولات البسيطة
نسبيا التى لاحظناها فى أنابيب الاختبار . ولكن معرفة الشيء
البسيط هى خطوة أول نحو التعرف على شيء أعقد .

الأميلاز ليس وحده

تأكدتم الآن بأن اللعاب مادة واعدة للاستعمال في الدراسات البيوكيميائية وهي تتميز عن غالبية المواد الأخرى ذات المنشأ الحيواني بأنها متوفرة دوماً . وإلى جانب الأميلاز توجد في اللعاب أزييمات أخرى تساعد على هضم الطعام بتفكيكها للمواد الطبيعية المعقدة وتحولها إلى مواد أبسط . ولكن فصلها ومن دراستها أصعب بكثير من فصل الأميلاز ولهذا فإنا سنجرى تجاربنا البيوكيميائية الأخيرة على مواد من طبيعة أخرى .

تفرغ بالأماء واجمع حوالي مليون واحد من اللعاب في أنبوب اختبار وخففها بثلاث مليلترات من الماء المقطر أو المغلي ، اسكب نصف الكمية الناتجة في أنبوب آخر ونقط حوالي عشر نقاط من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، أضف إلى الراسب الأبيض المتكون محلول الخل فيدوب الراسب جزئياً . وهذا هو سلوك أملاح حمض الهيدروكلوريك والنيتروجينيك - الكلوريدات والنيتريتات - عند تفاعلها مع نترات الفضة .

حمض فليلا القسم الثاني من محلول اللعاب بواسطة محلول ضعيف من حمض الهيدروكلوريك ثم أضف إليه عدة نقاط من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ ذي التركيز 3% . فيظهر لون بني أحمر يدل على أن المحلول يحتوي على الثيوسانات وهي أملاح حمض ثيوساينيد الهيدروجين ، وفي الوقت الذي تكون فيه كمية الأميلاز قليلة في لعاب المدخنين تكون كمية الثيوسانات ، على العكس ، أكبر من الكمية الطبيعية . ويمكنك التأكد من ذلك تجريبياً على لعاب أحد من قربائك المدخنين .

تحتاج التجربة التالية إلى حوالي 5 ملل من اللعاب . ضع

هذه الكمية في كأس وأضف إليها مع التحريك بقصب زجاجي عدة نقاط من حمض الخل ، فلتصق على القصب كتلة بيضاء تشبه بياض البيض المسلوقة وتدعى المومين وهي مادة ترفع لزوجة اللعاب وتجثوه وتساعد على تشكيل اللعاب .

وسنحاول أن ندرس بأبسط تركيب المومين : ضع قسماً من المادة الناتجة في أنبوب اختبار صغير ونقط عليها نقطتين أو ثلاث نقاط من حمض التترتيك ثم انتظر حتى يصفر المومين . والآن نقط نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول مركز لمادة قلوية (يمكن استعمال محلول النشادر) فيصبح اللون برتقالياً ويعتبر هذا التفاعل من التفاعلات المميزة للبروتينات . ويمكن أن يجرى بدلاً منه تفاعل بيوريت الذي جاء ذكره في قسم «تجارب على البروتينات» وسنحصل سواء في الحالة الأولى أو الثانية على نتيجة واحدة تؤكد الطبيعة البروتينية للمومين .

ولكن الأمر لم ينته عند هذا الحد ، بل عليك أن تأخذ المومين المتبقى وتجري عليه اختبار للكشف عن الكربوهيدرات ولهذا الغرض يمكنك الاستعانة بتفاعل موليش اللؤلؤ (ورد ذكره في باب «تجارب على الكربوهيدرات») أو شكله المبسط في حال توفر قليل من L-الناقلول لديك : أضف إلى محلول المومين في حمض الهيدروكلوريك الضعيف (تركيزه حوالي 1%) ثلاث أو أربع نقاط من محلول الناقلول في الكحول (تركيزه 10%) وبعد التحريك نقط بحذر شديد على السطح حمض الكبريتيك المركز ، فستظهر حلقة بنفسجية تدل على أن المادة المأخوذة للتحليل هي كربوهيدرات .

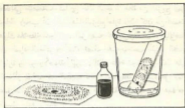
اذن ، فالمومين هو بروتين وكربوهيدرات في الوقت نفسه .

وهو من المركبات التي تحتوي على جزء برولينى وآخر كربوهيدراتى وعند تفكيكه بأحماض قوية تتكون الأحماض الأمينية التي تتألف منها البروتينات والكربوهيدرات .

الكروماتوغرافيا فى البيت

كثيرا ما يستعان فى المخابر بالكروماتوغرافيا لتجزئة وتحليل المخاليط المتنوعة ولقصد مواد معينة منها وهي تعتبر من أفضل الطرائق المتبعة فى تجزئة وتحليل المخاليط . وتطبق الكروماتوغرافيا فى الصناعة عندما يراد فصل وتنقية المواد المتشابهة عضوية كانت أو لاعضوية . وهي تقوم على أن مكونات المزيج (السائل أو الغازى) تختلف فى درجة تعلقها بالمادة المازة التي تستطيع أن تمتز انتقائيا هذه المركبات الكيميائية أو تلك .

وأجهزة الكروماتوغرافيا الحديثة هي أجهزة معقدة ذات توجيه آلى وتزود أحيانا بالآلات جاسبة مصغرة تنظم سير البحث وتعطى نتائج جاهزة مباشرة . وطبيعى أن أجهزة كهذه ليست متوفرة فى المدرسة ولا فى مخبر المنزل . ولكن هذه الطريقة فى التحليل بدأت بأساليب ووسائل بسيطة هي بقدر الكيمائى المبتدئ . ولتبدأ بالكروماتوغرافيا على الورق . وتشير الى أن المحلل الكيميائى يستخدم فيها نوعا خاصا من الورق ولكن تجاربنا هنا تتطلب ورق ترشيح عادى أو ورق نشاف أيضا . أخذ ورقة ترشيح مربعة ونقط فى منتصفها عدة نقاط من المحلول المراد دراسته والحاوى على مزيج من مواد ملونة (يمكنك أن تستعمل مستخلص الكاروروبيل الذى جاء ذكره فى قسم «الاستخلاص» أو مزيجا من أصبغة تحضره خصيصا لهذه التجربة) ، فتكون



بقعة على الورقة . نقط فى منتصف البقعة عدة نقاط من المذيب ، وليكن الكحول مثلا ، وستلاحظ كيف أن المذيب ينتشر بين ألياف الورقة حاملا معه المواد الملونة فى جميع الاتجاهات . وقد تختلف سرعة سير العملية تبعاً لطبيعة المادة المدروسة وكتلتها الجزيئية ولكن مما لا شك فيه أنه ستظهر على الورقة عاجلا أم آجلا عدة حلقات مختلفة اللون ويتوقف عددها على عدد المواد الموجودة فى المزيج الخاصخ لتحليل .

وهي فى تجربة الكاروروبيل حلقتان : صفراء ورمادية . وبإمكانك وضع احتمالات كثيرة لهذه التجربة باستخدام مزج مختلفة ومليينات مناسبة أيضا . ويمكن أن تحصل على نتائج أكثر دقة عندما تستعمل عروضا عن الورقة طبقة رقيقة من ماز لطفى لوحا من الزجاج مثلا وتسمى الطريقة عندئذ بالكروماتوغرافيا فى الطبقات الرقيقة . أما المادة المازة فهي النشاء فى أبسط الحالات .

اخلط النشاء فى حجم قليل من الكحول ، اسكب المزيج الناتج على لوح الزجاج واترك المذيب يتبخر وبعد أن يجف اللوح

نقط في منتصفه ، كما في حالة الورقة ، نقطة من المزيج المراد تحليله (يجب أن يكون هذا المزيج ملونا والا كان من الصعب عليك ملاحظة التجزئة) . اتق عنه التحليل بنفسك ، فبالإضافة الى المواد المذكورة أعلاه تصلح هنا مختلف أنواع العصير الملونة والحبر والأصباغ وغيرها . اترك البقعة تجف ثم نقط عليها نقطة أو نقطتين من المذيب فإذا تركت البقعة المنتشرة على النشاء عدة حلقات ملونة دل ذلك على أن العينة هي مزيج من عدة مواد وليست مادة واحدة .

واليك احتمال آخر لاجراء تجربة الكروماتوغرافيا في الطبقات الرقيقة : ضع الصفيحة بشكل مائل في كأس زجاجي يوجد في أسفله قليل من المذيب بحيث يغير قليلا النشاء الموجود على الصفيحة ، لاحظ كيف أن المذيب (الكحول مثلا) يرتفع في طبقة النشاء ويصل الى نقطة المزيج ثم يرتفع فوقها قليلا . عندئذ يتجزأ المزيج الى مكوناته الأصلية التي تتوزع على النشاء توزعا مختلفا .

وليست طريقة الكروماتوغرافيا في الأعمدة أقل انتشارا واستخداما في المخابرة الكيميائية من الطرق الأخرى . فموجيها يتجزأ المزيج في أعمدة ملوثة بالماز وهي أدق من غيرها ولكنها تتطلب وقتا أطول لأن المحلول يتحرك ببطء في العمود .

استعمل كمعوم الكروماتوغرافيا انبوية زجاجية قطرها 1 سم تقريبا وطولها حوالي 20 سم ، سد نهايتها السفلى بقطنة ثم املأها الى أعلى من منتصفها بقليل بالنشاء أو بودرة السكر ، اسكب من فوقه الأنبوية العليا محلول المزيج المراد دراسته ويفضل ألا يكون هذا المحلول مركزا جدا ، اسكب 3-4 ملل من المذيب

الثقى في الأنبوية بعد أن يجتاز المحلول نصف عمود النشاء أو بودرة السكر . عندئذ يبدأ المزيج بالانتشار على طول العمود ويصبح الحلقات الملونة واضحة ويكون عددها مساويا عدد المواد الداخلة في تركيب المزيج قيد الدراسة . وتنتج هذه التجربة جيدا بوجه خاص على مستخلص الكلوروفيل وعندما يستعمل البترين الثقى (ليس بترين السيارات وإنما البترين المستعمل في الكيمياء كمليب) كمليب فيها .

الشعاع سقط على البلورة

سقوم الآن بتحضير مادة نصف ناقلية (شبه موصل) وقد تسنى لك ذلك في أحد المرات وبالتحديد عندما حولت ملعقة الألومنيوم الى مقوم لتتيار . وتجربتنا الآن لن تقل ظرافة وستة عن السابقة وستصحبها توضيحات نظرية . ومن الأفضل أن تجرى في مخبر المدرسة لا لكونها خطيرة وإنما لعدم توفر المواد اللازمة لها في البيت .

ولتجرأ أولا تجربة تمهيدية : حضر محلولاً من نترات أو أسيتات (خلات) الرصاص ومرر خلاله كبريتيد الهيدروجين (يجب العمل تحت نافذة سحب الغازات) ، جفف الراسب المتكون من كبريتيد الرصاص PbS وافحص ناقلية للكهرباء فبظهر أنه عازل تماما . إذن فما هو دور أنصاف الناقل هنا ؟ لا تسرع في استنتاجاتك قبل أن تجرى التجربة الأساسية التالية . حضر حجمين متساويين (15 ملل مثلا) من محلول ثيوكرباميد $NH_2C(S)NH_2$ تركيزه 3% ومحلول لأسيتات الرصاص تركيزه 6% ، اسكب المحلولين في كأس صغير ، ضع لوحا

زجاجيا في الكأس ويته بحيث يقف عموديا ، الس قفازات مطاطية واسكب في الكأس حتى أعلاه تقريبا محلولا مركزا لمادة قلوية ثم حرك المحلول يهدوء بواسطة قصبب زجاجي مع مراعاة عدم لمس اللوح الزجاجي ، سخن المحلول بملطف حتى يغلظ البخار منه ، تابع التحريك ، وبعد مرور عشر دقائق اسحب اللوح الزجاجي بملطف واغسله تحت تيار من الماء الجاري ثم اتركه ليجف . وتكون في هذه الحالة قد حصلت على كيريتيد الرصاص . اذن فما هو الفرق ؟

في التجربة الثانية يجرى التفاعل ببطء ، ولا يظهر الراسب فوراً . واذا راقبت سير التفاعل لاحظت أنه يتعكر في البداية ثم يصبح كالحليب تقريبا وبعدها يسود . وهذا يعني أن المركبات الوسطية تتفكك أولا ثم يتكون كيريتيد الرصاص الأسود الذي ينسب على اللوح الزجاجي على شكل طبقة سوداء رقيقة تتكون من بلورات دقيقة جدا لا يمكن تمييزها الا تحت المجهر ولهذا تبدو الطبقة ناعمة ولساء كالمرآة .

أوصل الطبقة بالتيار الكهربائي وستلاحظ أن كيريتيد الرصاص ينقل التيار هنا علما بأنه سلك سلوك العازل في التجربة السابقة . أدخل في الدارة مقياس الأمبير وقس شدة التيار ثم احسب المقاومة فظنير أنها أعلى من مقاومة المعادن ولكنها ليست كبيرة بالقدر الذي يجعلها تمنع مرور التيار . قرب من اللوح الزجاجي مصباحا كهربائيا مشتعلا ثم أوصل التيار من جديد . وستلاحظ فوراً أن مقاومة كيريتيد الرصاص قد انخفضت كثيرا . ويحدث الشيء نفسه عند تسخين لوح أسود . وعندما تزداد الناقلية أثناء الانصاف أو التسخين يعني ذلك أن المادة هي نصف ناقل .

فمن أين لكيريتيد الرصاص هذه الخاصة ؟ لقد كتبنا صيغته بالشكل التالي PbS ، ولكن التركيب الحقيقي لبلوراته لا يتفق تماما مع هذه الصيغة . فبعض المركبات ، ومن بينها كيريتيد الرصاص ، لا تخضع لقانون ثابت التركيب وهي جميعها أنصاف نواقل (وهذا يغلظ أيضا على أكسيد الألومنيوم الذي تقوم التيار المتناوب) .

كان من المفروض أن يتكرر نظام توزيع الجسيمات في بلورة PbS بشكل دقيق ولكن يحدث أحيانا أن تراكيز المحاليل التي تحضر منها البلورات ليست ثابتة ، مما يخل بنظام توزيع الجسيمات في هذه البلورات ويؤثر درجة الحرارة وغيرها من الظروف الخارجية على هذا الوضع أيضا . وهما يكون الأمر ، فإن النسبة بين ذرات الكيريت والرصاص في البلورة الحقيقية ليست ١:١ تماما ، وإنما تختلف عن هذه النسبة بمقدار ضئيل جدا يبلغ حوالي ٠,٠٠٠٥ . وهذا يكفي لكي تتغير الخواص تغيرا محسوسا .

ترتبط ذرات الرصاص والكيريت مع بعضها في البلورة بالكرونيين يقدمهما الرصاص للكيريت . ولكن ماذا يحصل عندما تخطل النسبة ١:١ ؟ اذا لم توجد ذرة كيريت بالقرب من ذرة الرصاص ، أصبح الالكتران حزين وقاما بنفسهما بنقل التيار الكهربائي . وحالات كهذه ليست نادرة كما يبدو لأول وهلة ، فبالرغم من أن النسبة ١:١,٠٠٠٥ تساوي الواحد تقريبا ، الا أن العدد الهائل من الذرات في البلورة يجعل هذا الفرق الضئيل أمرا يستحق الاعتبار .

يمكن التحكم بتركيب كيريتيد الرصاص والغرض من ذلك

هو تغيير ناقلية للكهرباء . فعندما يزداد عدد ذرات الكبريت في البلورة تتخفض الناقلية ولكن عندما يقل عددها يزداد عدد الالكترونات الحرة وبالتالي تزداد الناقلية . وبعبارة أخرى ، فإنه يمكننا الحصول على الناقلية المطلوبة بتغيير النسبة بين ذرات الكبريت والرصاص وليس من السهل القيام بتجربة من هذا النوع . حل البلورة من الكوارتز وضع في داخلها معلقة زجاجية تحوى كبريتيد الرصاص وأدخل فيها من الطرف الثاني معلقة مماثلة تحوى الرصاص سخن الانبوبة بشدة حتى يبدأ الرصاص بالانحلال . عندئذ يمتص الكبريتيد هذه الأبخرة ويصبح غنيا بالرصاص مما يجعل ناقلية الكهربية تزداد كثيرا .

ولم يبق سوى أن نجيب عن سؤال حول سبب كون كبريتيد الرصاص يتأثر بالإضاءة . الواقع أن كمات الضوء تنقل الطاقة للالكترونات وتختلف الأشعة الأكثر فعالة من حالة الى أخرى . وهى الاشعاع الحرارى تحت الأحمر فى حالة كبريتيد الرصاص ولهذا السبب اقترحنا عليك أن تقرب المصباح الى اللوح . ونشير فى هذا المجال الى أن أجهزة استقبال الاشعاع تحت الأحمر تحوى عادة مادة نصف ناقلة جيدة هى كبريتيد الرصاص .

صورة فوتوغرافية غريبة

تقوم عملية التصوير على تفاعلات المواد الحساسة للضوء ، أى هاليدات الفضة (وأقلها استعمالا بروميد الفضة) التى توجد فى المستحلب الحساس للضوء وهى تتفكك هناك بفعل الضوء وعندئذ تظهر على المناطق المضادة للوراث صغيرة من الفضة .

والفضة معدن ثمين وهو ضرورى فى مجالات أخرى غير التصوير . ولهذا يفتش الباحثون عن مواد حساسة للضوء لا تحوى عليه . وبالرغم من احراز نجاحات بارزة فى هذا المضمار ، إلا أنه لم يعثر بعد على بديل تام للفضة . ومع ذلك ، فإن التصوير بدون الفضة يطبق بنجاح لأغراض معينة وبامكاننا القيام بذلك . وفيما يلى بعض الأمثلة :

أدب فى ١٠٠ ملل من الماء المقطر ١٥ غم من الغلوكونز و ٢ غم من بيكرومات الأمونيوم ، بلل قطعة قماش بيضاء نظيفة وريقة بالمحلول الناتج ثم اتركها لتجف فى الظلام لأنها أصبحت حساسة للضوء ، واكوبها بالمكواة فى الظلام أيضا ، حضّر سلفا المحلول المظهر وهو يتألف من ١ غم من نترات الفضة (لا يمكننا الاستغناء تماما عن أملاح الفضة) و ١٠ ملل من حمض الخل فى ١٠٠ ملل من الماء .

لرسم على ورق استشفاف الرسم الذى تريد أن تطبعه على القماش ، ضع الورقة فوق القماش وانقلهما الى مكان مضاء ، لا تسرع : فالعملية هنا تحتاج الى حوالى خمس دقائق فى ضوء النهار والى وقت أكبر فى ضوء المصباح الكهربائى ، اغمس القماش فى المحلول المظهر لاطهار الصورة عليه ولا داع لاجراء هذه العملية فى الظلام بل يكفى لذلك أن يكون الضوء ضعيفا . نشّف القماش ، فيظهر عليه رسم بنى غامق .

استفدنا فى هذه التجربة من الخواص المختزلة للغلوكونز فهو ، أى الغلوكونز ، قد اختزل الكروم الموجود فى بيكرومات الأمونيوم . أما القسم من البيكرومات الذى لم يختزل ، فيتفاعل مع ايونات الفضة الموجودة فى المحلول المظهر ويشكل مركبا

ملونا يبقى على القماش لأنه غير ذائب . وهنا نحصل على الصورة النهائية لأن اللون يظهر على المناطق العاتمة .

واليك طريقة أخرى لاجراء هذه التجربة يستعمل فيها بيكرومات الأمونيوم أيضا بدون الفلوروكوز . والأهم من ذلك أنها تستغنى عن الفضة حتى في المحلول المظهر . حضر مستحلبا مؤلفا من محلولين ؛ المحلول الأول : وضع ١٧ غم من غراء النجارة و ٦ غم من الجيلاتين في ١٠٠ ملل من الماء وأضف إليها ٣ ملل من محلول النشادر في الماء ، اترك المزيج ليتفتخ يوما كاملا ثم سخنه بعدها حول ساعة على حمام مائي في الدرجة ٨٠°م حتى الذوبان التام ؛ المحلول الثاني : ٢,٥ غم من بيكرومات الأمونيوم و ٢,٥ غم من شب الكروم والبيوتاسيوم و ٣ ملل من محلول النشادر في الماء و ٣٠ ملل من الماء و ٦ ملل من الكحول . وبعد أن يبرد المحلول الأول حتى الدرجة ٥٠°م تقريبا اسكب فيه مع التحريك المحلول الثاني ثم رشح المستحلب الناتج مرتين (يفضل أن يتم الترشيح من خلال القطن) ، ضع المستحلب في مكان مظلم ، اجر العملية التالية ، وهي ملاء صفيحة معدنية أو زجاجية أو خزفية بهذا المستحلب ، في غرفة عاتمة .

اسكب المستحلب المسخن حتى الدرجة ٣٠-٤٠°م على الصفيحة النظيفة ثم حركها كي تتساوى طبقة المستحلب عليها . جفف الصفيحة لمدة خمس عشرة دقيقة ، ويستحسن أن يتم ذلك مع التسخين الخفيف ، ضع ورقة الاستشفاف التي خطط عليها الرسم المطلوب على الطبقة الحساسة للضوء ، اضغطها بلوح من الزجاج كي تستقيم ، ثم سلط عليها الضوء . فإذا كان ضوء

الشمس ، وهو الضوء الأفضل ، وجب أن تستمر الاضاءة عدة دقائق . أما اذا كان الضوء اصطناعيا ، فوجب أن تستعمل عدة مصابيح استطاعتها الكلية حول ٢٠٠٠ فواط ، ويفضل أن تكون مزودة بعواكس ، ويجب أن تستمر الاضاءة في هذه الحالة عشر دقائق . يجب أن تتم عملية الاظهار فورا والا قامت أملاح الكروم بتجميد الجيلاتين وبخاصة في الأماكن التي لا داع فيها لمثل ذلك . والمظهر هو ماء دافئ لا تزيد درجة حرارته عن ٣٠°م ويلوب فيه الجيلاتين غير المتجمد . أما الأماكن التي تجمد فيها الجيلاتين ، فتبقى على السطح .

لم تظهر الصورة دقيقة جدا . ولاصلاح هذا العيب يجب غمرها في محلول لتدليل بفضجي الميتيل (الميتيل البنفسجي) تركيزه ١٪ (يمكن هنا أن يستعمل محلول من الحبر البنفسجي) ، اغسل الصفيحة بعد ذلك بالماء ثم اشرع بتثبيتها في المحلول التالي : ٥ غم من بيكرومات الأمونيوم و ٢ غم من شب الكروم والبيوتاسيوم و ٤ ملل من الكحول في ١٠٠ ملل من الماء ، يجب أن يستمر التثبيت أربع دقائق ، نشف الصورة في الهواء ، ولزيادة التثبيت يمكن تسخينها ، أي الصورة ، لعدة دقائق في خزانة التجفيف أو فرن الغاز المطبخي .

وتسكون الصورة التالية مألوفة لنا أكثر من غيرها لأننا سنطيعها على الورق . وبالرغم من أن الورق هو ورق ترشيح الا أن التجربة مثيرة وقابلة للعرض .

قطس ورقة على شكل حلقة في محلول مؤلف من ٢٠ ملل من محلول الملح النموذجي الأحمر $K_2[Fe(CN)_6]$ ذي التركيز ٥٪ و ٢٠ ملل من محلول كلوريد الحديد و $FeCl_3$ ذي التركيز ٥٪

و ٢٠ ملل من محلول حمض الأكساليك $H_2C_2O_4$ ذى التركيز ٥٪ (انتبه أثناء التعامل به) ، اسحب الورقة من المحلول بعد أن تشرب به ثم جففها في الظلام ، ضع عليها بعد ذلك ورقة الاستشفاف الحاوية على الصورة وعرضها لأشعة الشمس .
 وتذكر أنك بأن مصابيح التوهج الكهربائي لا تصلح لهذا الغرض باستثناء مصباح الأشعة فوق البنفسجية (مصباح الكوارتز) وعندها تتلون الأماكن المضاءة بلون أزرق غامق نظرا لتشكيل أزرق ترنبل الذى ورد ذكره سابقا . ولا حاجة لظهور الصورة هنا ولكن يمكن تثبيتها بغسل الورقة بالماء لتخليصها من المواد التى لم تشرب فى التفاعل .

وبإك التجربة الأخيرة على التصوير بدون فضة : أذب فى كأس زجاجى يحوى ١٠٠ ملل من الماء ٠,٤ غم من كلوريد الحديد ثلاثى الكافور و ٠,٤ غم من حمض الأكساليك وأذب فى كأس آخر يحوى حجما مماثلا من الماء ١,٤ غم من كلوريد النحاس ، امزج ١٠ ملل من المحلول الأول مع ٠,٦ ملل من المحلول الثانى ، بلل ورقة ترشيح بهذا المزيج وجففها فى الظلام .
 والآن حضر المحلول المظهر كما يلى : أذب ٣,٥ غم من كبريتات النحاس و ١٧ غم من طرطرات البوتاسيوم والفسفوروم (ملح روثيل أو ملح سيغنيث) و ٥ غم من الصودا الكاوية (انتبه أثناء التعامل بها) فى ١٠٠ ملل من الماء ، امزج المحلول الناتج مع ٢٥ ملل من محلول الفورمالدهيد ذى التركيز ٤٠٪ ، عرض الورقة مرة أخرى لأشعة الشمس أو للأشعة الصادرة عن مصباح الكوارتز بعد أن تضع عليها ورقة الاستشفاف الحاوية على الصورة .
 وخلافا للتجربة السابقة ، فإن الصورة لن تظهر هنا فورا ، وإنما

تظهر بعد بقائها لمدة ١٥ دقيقة فى المحلول المظهر وغسلها بكمية وافرة من الماء .

وتذكرنا هذه العملية الى حد ما بالصورة الفضية لأنه تتكون فى طبقتها الحساسة للضوء مراكز تبلور ليست من الفضة وإنما من النحاس . ومن ناحية أخرى ، فإن النحاس لم يترسب من المستحلب ، كما هو الحال فى الصورة العادية ، وإنما ترسب من المحلول الذى يجرى اظهاره .

السرعة تلت الأظفار

يتضمن علم الكيمياء فرعا خاصا يدرس سرعة التفاعلات الكيميائية المختلفة وآلياتها ويسمى بالمحركية (الكينيتيكا) الكيميائية .
 ومع أن النظرية الكيميائية تستطيع تفسير العديد من الظواهر ، إلا أنها عاجزة بعد عن التنبؤ نظريا بسرعة أى تفاعل كان .
 فهذه السرعة تدرس تجريبيا فى المختبر ثم توضع الطرائق الكيفية بتغييرها . ويعرف عدد كبير من التفاعلات الهامة صناعيا التى تتميز بأنها بطيئة جدا وبحاجة الى تسريع . وبالمقابل ، هناك تفاعلات أخرى يجب كبحها لأنها تشكل ضررا على العملية الانتاجية .

وبعبارة أخرى ، فالمحركية الكيميائية هى علم تجريبى . ويمكن التأكد من صحة قوانينها بإجراء عدد من التجارب غير المعقدة .

وستأكد فى أول الأمر من أن سرعة التفاعل الواحد يمكن أن تتغير فعلا تغيرا كبيرا (وعلى أية حال ، يمكننا أن نتوقع حدوث هذا التغير بناء على ما يجرى فى حياننا اليومية ودون اللجوء الى

اجراء التجارب الكيميائية . فمثلا ، نعلم جيدا أن المواد الغالية تسد في الجو البارد بسرعة أبطأ منها في الجو الحار ، وذلك لأن سرعة التفاعلات البيوكيميائية تختلف باختلاف درجة الحرارة) . ولتأكد من ذلك اجر مرة أخرى التجربة الواردة في قسم «ساعة كيميائية» بشرط أن تقوم هنا بتغيير درجة الحرارة وإبقاء تركيز المواد المتفاعلة على حاله . فإذا سكب المحلولين الأصليين ، وهما محلول كبريتات الصوديوم ومحلول يودات البوتاسيوم في حمض نيكريتك ، في ماء مثلج لاحظت أن الفترة اللازمة لظهور اللون الأزرق أكبر منها في حال استخدام ماء حار . ولكن انتبه الى أن اللون لن يظهر البتة في ماء ساخن جدا لأن المركب الملون الناتج من تفاعل اليود مع النشاء لن يكون ثابتا في هذا الماء .

وهكذا ، فقد أوضحنا تجريبيا أن سرعة التفاعل تزداد كلما ازدادت التراكيز وارتفعت درجة الحرارة . ولكن بعض التفاعلات تبدو للوهلة الأولى أنها تشد عن هذه القاعدة واليك مثلا على ذلك . اسكب في انبوب اختبار حمض الخليك بحيث يبلغ ارتفاعه فيه 1-2 سم وارم فيه عذة قطع من الزنك بعد نظفها مسبقا بغمرها في محلول حمض الهيدروكلوريك لمدة عشرين ثانية وتنظفها بالماء بعد ذلك . و باعتبار أن حمض الخليك حمض ضعيف ، فإن الزنك يذوب فيه ببطء شديد ، وبالكداد أن يشاهد انطلاق فقاعات الهيدروجين فكيف يمكن تسريع التفاعل ؟ بتسخين المحلول ؟ نعم . هذا أمر صحيح . ولكن ألا توجد طريقة أخرى لذلك ؟ لتصرف كما يلي : نبدأ بإضافة ماء نقي على دفعات صغيرة الى المحلول مع التحريك جيدا في

كل مرة ، وراقب انطلاق الفقاعات . وبإالعجب ! فالحمض قد حصف مرتين وثلاث مرات . والتفاعل بدلا من أن يتباطأ تدريجيا ، نلاحظ أن سرعته تزداد أكثر فأكثر . وإذا أردت اجراء هذه التجربة مع زملائك في مخبر المدرسة فإمكانك أن تستبدل الزنك بقطعة صغيرة من نثارة المغنسيوم دون أن تنقلها مسبقا . فالمغنسيوم أشد تفاعلا مع حمض الخليك من الزنك .

يصح هذا «الشذوذ» عن القاعدة واضحا وقهوما بعد دراسته جيدا : ففى تجربتنا مع حمض الخليك تتعلق سرعة تفاعل الزنك أو المغنسيوم مع الحمض بتركيز ايونات الهيدروجين في المحلول . وتتكون هذه الايونات أثناء اذابة الأحماض في الماء . ولكن حمض الخليك الضعيف يوجد في المحلول على شكل جزيئات غير متفككة ، عندما تكون كمية الماء قليلة . وبالمقابل فإن تحفيفه بالماء يزيد من عدد جزيئاته التي تتفكك الى ايونات ، وبالتالي تزداد سرعة التفاعل نتيجة لذلك . ومن ناحية أخرى ، فإن اضافة كمية كبيرة من الماء تجعل التفاعل يتباطأ من جديد لسبب آخر وهو أن تركيز ايونات الهيدروجين ينخفض مرة أخرى بسبب التحفيف الشديد . وأسرع محلول يتفاعل مع الزنك هو محلول حمض الخليك ذو التركيز 15٪ .

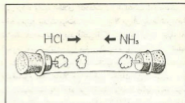
وطبيعى أننا لم نناقش هذه التجربة بقصد تبيان مدى الغرابة التي تتصف بها بعض التحولات الكيميائية . ولكن أردنا أن نلفت انتباهك الى الناحية التالية ، وهي أن التحكم بسرعة التفاعل يتطلب حتما أن تعرف كيف يجرى التفاعل نفسه . وأى تفاعل كان يبدأ عندما تصادم جزيئات المواد المتفاعلة مع بعضها البعض . ولتر كيف يحدث ذلك .

الاصطدامات في الثانية سواء مع جزيئات الهواء أو مع بعضها بعضا . وبالرغم من أن سرعة الجزيئات كبيرة جدا ، وتبلغ مئات الأمتار في الثانية في الدرجة صفر مئوية وتحت الضغط الجوي العادي إلا أن المسير الحر ، أي المسافة التي يقطعها الجزيء من اصطدام إلى آخر ، يبلغ عند هاتين المادتين حوالي ٠,٠٠٠١ ملم فقط . ولهذا السبب كان تحرك غازي النشادر وكلوريد الهيدروجين (المتبخر من حمض الهيدروكلوريك) بطيئا في الأنبوبة . وهكذا تنتشر رائحة العطر داخل الغرفة عندما يكون الهواء ساكنا فيها . ولكن ، لماذا لم تظهر الحلقة البيضاء في وسط الأنبوبة ؟ السبب هو أن جزيئات النشادر أصغر من جزيئات كلوريد الهيدروجين ، وعليه فهي تتحرك في الهواء بسرعة أكبر . وإذا أفرغنا الأنبوبة من الهواء ، فإن جزيئات النشادر وكلوريد الهيدروجين تتقابل وتتصادم خلال أجزاء من الثانية لأن المسير الحر للجزيئات يزداد كثيرا عندئذ .

وتصحك بأن تجرى بنفسك دراسة بسيطة لمعرفة مدى تأثير قوى الجاذبية ودرجة الحرارة على الانتشار . ولهذا الغرض يجب وضع الأنبوبة بشكل عمودي ومائل قليلا وكذلك تسخينها في أماكن مختلفة (بما في ذلك المكان الذي يترسب فيه كلوريد الأمونيوم) . وحاول أن تستخلص النتائج بنفسك .

نتقل الآن من الغازات إلى السوائل حيث يجري الانتشار ببطء أكبر . ولنتأكد من ذلك تجريبيا .

خذ لهما زجاجيا نظيفاً وأمسك ، نقط عليه عدة نقاط من الماء ثم نقط بالقرب منها من جانب واحد عدة نقاط من محلول الصودا وعلى الجانب الآخر نقط عدة نقاط من محلول حمض



خذ أنبوبة من الزجاج غير عريضة كثيرا ويبلغ طولها عدة عشرات من السنتيمترات واغتر لها سدائتين ، ثبت في طرف كل سدادة قضيبا زجاجيا صغيرا ولف عليه قطعة من القطن ، بلل إحدى القطعتين بعدة نقاط من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز وبلل القطعة الثانية بمحلول مركز من النشادر ، أدخل السدائتين في آن واحد في نهايتي الأنبوب بحيث تقع قطعنا القطن داخله . وستلاحظ بعد مرور عدة دقائق (يعتمد هذا الوقت على طول الأنبوب) أنه ستظهر بالقرب من قطعة القطن المبللة بمحلول حمض الهيدروكلوريك حلقة بيضاء من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl .

وقد جرت العادة أثناء التفاعلات الكيميائية أن يخلط العزيج كما تجرى العملية بسرعة أكبر . ولكننا هنا لم نقم بذلك خصيصا ، ولم نحاول مساعدة الجزيئات على أن تتقابل مع بعضها ، بل تركناها تتحرك بنفسها . ويطلق على مثل هذا التحرك الذاتي للجزيئات في هذا الوسط أو ذاك اسم الانتشار . والواقع أن جزيئات المادتين تعرضت بعد تخرجهما من القطن المليارات

الهيدروكلوريك ، بشرط ألا تتلامس المحاليل جميعها قبل بدء التجربة ، أوصل المحاليل الثلاثة ببعضها بعضا بواسطة قصب زجاجي مع مراعاة عدم خلطها أبدا . والمفروض أن يتطرق بعدئذ غاز ثاني أكسيد الكربون ، ولكن ذلك لن يحدث رأسا . ولكن عندما يبدأ الغاز بالانطلاق تتجمع فقاعاته على طول الحد الذي يفصل بين منطقتي انتشار الحمض والصدأ .

ويمكننا استبدال الصودا والحمض بمادتين أخريتين مهما كان نوعهما ، ولكن بشرط أن تذوبا في الماء ، وأن تتلوتا أو تعطيا رأسيا أثناء خلطهما معا . ومهما كان الأمر ، فمن الصعب هنا تفادي سيلان السوائل الذي يشوه منظر التجربة . ولهذا يفضل أن تجري مثل هذه التجارب بعد إضافة الجيلاتين إلى المحاليل لجعلها لزجة وغليظة القوام .

حضر محلولاً من الجيلاتين تركيزه 4٪ وسخنه في ماء ساخن ، اسكب المحلول الساخن في انبوت اختبار وبعد أن يبرد أخذ بالملقط بلورة من برمنجنات البوتاسيوم أو كبريتات النحاس أو أية مادة أخرى ملونة وتذوب في الماء وأدخلها بسرعة وبحركة واحدة إلى وسط الانبوت ، اسحب الملقط بعد ذلك بحركة سريعة وبحلر . وبعدها يمكنك أن تشاهد خلال عدة ساعات منظرا جميلا لحادثة الانتشار . إذ تنتشر المادة الذوابة في جميع الاتجاهات بسرعة واحدة مكونة حلقة ملونة .

يمكن اجراء تجربة أخرى على المحاليل اللزجة : اسكب محلولاً ساخنًا من الجيلاتين في انبوت اختبار وأضف إلى أحدهما قليلاً من محلول مادة قلوية وإلى الآخر محلول الفينولاتين . وبعد أن تبرد محتويات الانبوتيين أدخل بسرعة وبواسطة الملقط

إلى وسط الأنبوب الأول قطعة من حبة من الفينولاتين وإلى وسط الأنبوب الثاني حبة من الصودا المكسدة ، فيظهر في الحالتين لون قرمزي ولكن لاحظ أن اللون في الأنبوب الثاني ينتشر بسرعة أكبر بكثير منها في الأنبوب الأول ، لأن أيونات الهيدروكسيل التي تكونت أثناء تفكك المادة القلوية هي أصغر وأخف بكثير من الجزيئات العضوية المعقدة للفينولاتين مما يجعلها تتحرك بسرعة أكبر في المحلول .

ولنتقل الآن إلى المواد الصلبة . ففي التفاعلات التي تحدث فيما بينها (أو بينها وبين المواد السائلة أو الغازية) يجري التصادم بين الجزيئات على السطح فقط وعليه تزداد سرعة التفاعل كلما كبر سطح الفصل . وستأكد من ذلك فيما يلي .

الحديد لا يشتعل في الهواء وهذا الكلام يسرى على القطع والمواد الحديدية فقط . وتذكر على سبيل المثال أن سطح التلامس مع الهواء عند المسامير ليس كبيراً وعليه يجري تفاعل الأكسدة عليها ببطء شديد . أما برادة الحديد ، فتتفاعل مع الأكسجين بسرعة أكبر ، وتتحول صدأ على البارد قبل المسامير ، ويمكن أن تشتعل في القهب ، حتى أن الحبيبات الدقيقة جدا من الحديد يمكن أن تلتهب دون تسخين . ويسمى مثل هذا الحديد بالحديد التلقائي الاشتعال . ولا يمكن الحصول على هذه الحبيبات الحديدية بالشحن ببطء حتى ولو كان ناعماً جداً ، وإنما تحضر كيميائياً بتفكيك أوكسالات الحديد مثلاً .

امزج محلولاً مائياً لملح ما للحديد الثنائي التكافؤ ، وليكن كبريتات الحديد مثلاً ، مع محلول مائي لحمض الأكساليك أو ملح من أملاحه الذوابة في الماء ، وضع الراسب الأصفر من

أكسالات الحديد ثم انقل هذا الراسب الى انبوب اختبار بشرط
 ألا يشغل أكثر من خمس حجم الانبوب ، سخن هذه المادة
 في لهب مصباح غازى حيث يوضع الانبوب في وضع أفقى أو
 مائل قليلا ويوجه فوهته نحو الأسفل وبعدا عن نفسك ، اسحب
 قطرات الماء المتكونة بورقة ترشيح أو قطن . وبعد أن تتكثف
 الأكسالات وتتحول الى مسحوق أسود ، يغلخ الانبوب ويترك
 ليبرد ، اسكب محتويات الانبوب على دفعات صغيرة ويحذر
 شديد على لوح معدنى أو من الاسبستوس ؛ فتنلغ من المسحوق
 شرارات ساطعة تظهر بوضوح أكثر في غرفة مظلمة .

ونشير هنا الى ناحية هامة وهي أنه ينبغ منعنا باننا حفظ
 الحديد لتفالى الاشتعال لأنه قد يسبب اندلاع الحريق . ولهذا
 يجب بعد الانتهاء من التجربة تحميم المسحوق في الهواء أو
 معالجته بالحمض حتى لا تبقى فيه حبيبات لم تشتعل بعد .
 ولتدرس فيما يلى تأثير سطح المادة الصلبة على سرعة تفاعلها
 مع مادة سائلة . خذ قطعتين متساويتين من الطباشير وقت احدهما
 محولا اياها الى مسحوق ، ضع كل عينة منهما في انبوب اختبار
 واسكب عليهما حجمين متساويين من حمض الهيدروكلوريك ،
 لاحظ كيف أن مسحوق الطباشير يذوب ، كما كان متوقعا ،
 بسرعة أكبر من سرعة ذوبان القطعة الكاملة ، ضع قطعة أخرى
 من الطباشير في انبوب اختبار يحوى حمض الكبريتيك ،
 فيحدث تفاعل عنيف في البداية لا يلبث أن يهدأ قليلا ثم
 يتوقف نهائيا . فما هو السبب ؟ خاصة وأن حمض الكبريتيك ليس
 أضعف من حمض الهيدروكلوريك ...
 الواقع أنه عند تفاعل الطباشير مع حمض الهيدروكلوريك

يتكون كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ الذى يذوب بسهولة في الماء
 ولا يعيق وصول دفعات جديدة من الحمض الى سطح الطباشير .
 ولكن تفاعل الطباشير مع حمض الكبريتيك يعطى كبريتات
 الكالسيوم $CaSO_4$ ، وهي مادة سيدة الذوبان جدا في الماء وتبقى
 على سطح الطباشير حيث تغطيه تماما . ولجعل التفاعل يستمر
 فيما بعد لا بد من تنظيف سطح الطباشير من وقت الى آخر أو
 استعمال مسحوق عوضا عن قطعة كاملة . ونشير الى أن معرفة
 مثل هذه التفاصيل الدقيقة عن العملية أمر هام في الصناعة
 الكيميائية .

واليك تجربة أخرى : اخلط في هاون مادتين صلبتين
 تعطيان بعد التفاعل فيما بينهما نواتج ملونة ، ولتكونا مثلا نترات
 الرصاص ويوديد اليوتاسيوم أو كبريتات الحديد والملح الذموى
 الأحمر ... الخ . اسحق المزيج بالمدقة فتلاحظ أنه يبدأ تدريجيا
 بالتلون أثناء سحق نظرا لأن سطح التأثير المتبادل بين المادتين
 زداد عندئذ . وإذا سكبت على المزيج قليلا من الماء فاورا
 يلون شديد لأن الجزيئات تتحرك في المحلول بسهولة أكبر بكثير
 من حركتها في الأجسام الصلبة :

وفي ختام تجاربنا على الحركة الكيميائية سنجرى تجربة كمية
 تحتاج الى آلة واحدة هي عداد الثواني أو ساعة مزودة بعقرب
 للثواني .

حضر ٠.٥ لتر من محلول لحمض الكبريتيك تركيزه $\frac{1}{4}$
 (لا تنس أن تسكب الحمض الماء) و ٠.٥ لتر من محلول
 لثيوكبريتات الصوديوم تركيزه $\frac{1}{12}$ ، أضف الى الماء عدة نقاط
 من هيدروكسيد الأمونيوم وذلك قبل اذابة الثيوكبريتات . خذ

أخرى، فإن التعكر لا يدل الا على أن الجسيمات الدقيقة جدا من الكيريت والتي تنفصل أثناء التفاعل قد بلغت حجما معينا يمكن عنده ملاحظتها بالعين . ومع ذلك ، فاننا سنقبل ، لعدم توفر وسيلة أفضل ، أن يكون بدء التعكر دلالة على انتهاء التفاعل (وهذا أمر ليس بعيدا جدا عن الحقيقة الواقع) . وسنقبل فرضية أخرى وهي أن سرعة التفاعل تتناسب عكسا مع مدة حدوثه . فاذا جرى التفاعل مدة عشر ثوان اعتبرنا أن سرعته تساوي ٠,١ وهكذا سنرتب قيم السرعات على محور العينات .

حصلنا من أربع تجارب على أربع نقاط والنقطة الخامسة هي مركز الاحداثيات . وسنضع النقاط الخمسة على خط مستقيم تقريبا . ونكتب معادلة التفاعل كما يلي :



حيث v سرعة التفاعل ، وقد اعتمد القوسان المربعان في الحركة الكيميائية للدلالة على التركيز و k ثابت السرعة الذي يعين بسهولة من الخط البياني .

ولكن سرعة التفاعل يجب أن تتعلق بتركيز حمض الكبريتات أيضا . وإذا تركب كمية الثيوكبريتات ثابتة وخضفت حمض الكبريتات امكنك دراسة تغير سرعة التفاعل . سنستغرب أنها لن تتغير في هذه الحالة ! ان مثل هذه الحالات ليست نادرة . ففى تجربتنا هذه يجرى تفاعل معقد وناتجه ، زهر الكيريت ، لا ينطلق فور حدوث الاصطدامات المباشرة بين جزئيات الثيوكبريتات والحمض . ويوجه عام ، فإن التفاعلات التي تتكون نواتجها فورا ليست كثيرة . تتضمن التفاعلات المتتابعة المعقدة مرحلة تكون أبطأ من

زجاجتين اسطوانيتي الشكل وسعة كل منهما ١٠٠ ملل ، ضع علامات على جدار كل منهما تشير الى المستويات ٥٠ ملل و ٢٥ ملل و ١٢,٥ ملل و ٣٧,٥ ملل وذلك بتقسيم الارتفاع على الجدار الى قسمين على التوالي ، رقم الزجاجتين واسكب فيهما حتى العلامة العليا (٥٠ ملل) المحلولين المذكورين أعلاه . ضع كأسا عاديا رفيع الجدران وسعته ٢٠٠ ملل أو ٢٥٠ ملل على ورقة سوداء واسكب فيه محلول الثيوكبريتات أولا ثم محلول الحمض ، سجل الزمن فورا ثم اخلط المزيج لمدة ثابنتين مستعينا بقضيب من الخشب ، سجل ، حالما يبدأ المحلول بالتعكر ، الزمن الذي مر منذ بداية التفاعل . ويفضل أن تجرى هذا التجربة مع زميل لك يساعدك على مراقبة الزمن بينما تقوم أنت بسكب المحاليل وتعيين لحظة التعكر .

اغسل الكأس واجر التجربة ثلاث مرات مستعملا محلول الثيوكبريتات حتى العلامة الثالثة (الحجم ٣٧,٥ ملل) ثم العلامة الثانية (الحجم ٢٥ ملل) فالعلامة الأولى (الحجم ١٢,٥ ملل) وبشرط أن تكمل الحجم بالماء في كل مرة حتى العلامة العليا . اترك حجم الحمض ثابتا في التجارب الثلاثة واجعل الحجم الكلي للمزيج المتفاعل يساوى دوما ١٠٠ ملل .

والآن ارسم المنحنى البياني الذي يعبر عن علاقة سرعة التفاعل بتركيز الثيوكبريتات . ويفضل أن يعبر عن التركيز باعداد صحيحة ١ و ٢ و ٣ و ٤ ، رتب هذه التراكيز على محور السينات . والآن كيف نحسب سرعة التفاعل ؟

لا يمكن حساب سرعة التفاعل بدقة كبيرة لأننا نعين لحظة التعكر بالعين المجردة وهذا أمر غير دقيق تماما ، ومن ناحية

المراحل الأخرى . وهي في حالتنا هذه المرحلة الأخيرة التي يتكون فيها الكبريت وسرعنتها هي التي قمنا بقياسها فعلا .

الخيوط الاصطناعية

عزت الخيوط الكيميائية العالم في السنوات الأخيرة . وبالرغم من أن الناس لا يزالون يزرعون القطن والكتان وبريون الأطنام والماعز إلا أن الصناعة أصبحت تضيف إلى الخيوط الطبيعية التقليدية خيوطا اصطناعية بغية إعطاء القماش متانة وجمالا ومقاومة للتجمد وغيرها من الخواص المفيدة الأخرى والتولوير في نهاية الأمر من استهلاك الخيوط الطبيعية .

ومن الصعب علينا أن نحضر الخيوط الكيميائية الواسعة الانتشار حاليا وهي الخيوط البول أميدية (الكابرون مثلا) والبول الأثيرية (اللافسان مثلا) . ولكن سيقم اختيارنا على خيوط النحاس والنشادر ، فهي تعتبر من الخيوط الاصطناعية الأولى ، والمادة الأولية في صناعتها هي السيلولوز الموجود في نشارة الخشب وغيرها من نفايات صناعة الاخشاب . وتستعمل هذه الخيوط حاليا في صناعة السجاد والتريكو ، ولكن حجم استهلاكها أقل بكثير مما كان عليه في الماضي نظرا لظهور خيوط أخرى أكثر متانة وأقل ثمنا منها . وهي أفضل ما يمكن اختياره لاجراء تجاربنا .

تشكل الخيوط الاصطناعية من محاليل لزجة تمرر خلال ثقوب ضيقة حيث تنفصل المادة المذابة على شكل خيوط . وفي حالتنا هذه تكون المادة الأساسية في المحلول هي مركب النحاس مع النشادر ذو الصيغة العامة $[Cu(NH_3)_4(OH)]$.

وإذا لم يتوفر عندك هذا المركب ، فبإمكانك أن تحضره بنفسك بمزج محلولين من كبريتات النحاس وصودا الصبغ مع بعضهما ثم ترشيح الراسب الناتج وتجفيفه .

اسكب في زجاجة ذات عنق ضيق ٢٠ ملل من محلول النشادر ذي التركيز ٢٥٪ (يفضل القيام بذلك تحت نافذة سحب الغازات أو في الهواء الطلق) وأضف إليها ٢ غم من كبريتات النحاس القاعدية ، اغلق الزجاجة بسدادة من المطاط وخض المزيج كمي تحصل على سائل متجانس ذي لون أزرق غامق هو محلول النحاس والنشادر . ولهذا المحلول خاصية هامة جدا وهي أنه قادر على إذابة السيلولوز .

اسكب المحلول الأزرق الغامق في زجاجتين صغيرتين بعد أن تختار لكل منهما سدادة من المطاط ، ارم في إحدى الزجاجتين قطعا صغيرة من القطن بحيث يجب غلق الزجاجة بالسدادة وخض المحلول بعد اضافة كل قطعة ، ارم في الزجاجة الثانية بالطريقة نفسها قطعا صغيرة من ورق نشاف أبيض أو ورق ترشيح . ويجب أن يتكون في الحالتين محلول لزج يشبه العصير السحل . ويمكن منه الحصول على السيلولوز الذي يشكل أساس الخيوط . ولتأكد من ذلك ضع في كأس زجاجي خلا مخلفا وأضف إليه نقطة فنقطه من أحد المحلولين فلاحظ أن لدغا من السيلولوز قد ترسبت في أسفل الكأس .

يبد أن الندف لا تصلح لصنع الخيوط . فكيف إذن يمكن الحصول على الخيوط من المحلول ؟ يحصل عليها ، كما في المصانع ، بمرار المحلول خلال ثقب ضيق يقع في محلول لحمض الكبريتيك الذي يقوم بتثبيت شكل الخيط .



عليه ، والواقع أن هذا لم يكن هدفنا . فقد كان عنوان هذا الباب ، كما تذكر ، «الرؤية أفضل» وفعلا ، فقد شاهدت بأمر عينيك كيف يتكون من ورقة عادية مذاة في السائل الأزرق خيط حريري جميل :

حارس كيميائي

وها قد وصلنا الى التجربة الأخيرة في هذا الكتاب ، وهي أعتقد وأصعب من التجارب السابقة لأنها تتطلب صنع جهاز صغير أطلقنا عليه اسم الحارس الكيميائي ولكن تسميته العلمية الأكثر دقة هي المحلول الإلكتروني الكيميائي . وطبيعي أن تكون الأجهزة الكيميائية الإلكترونية الحقيقية معقدة جدا . ومع ذلك ، فإمكانك أن تصنع نموذجا لواحد منها هو محلول الطاقة . ولكن ، يفضل أولا أن تتطلع على عمل هذه الأجهزة ، خاصة وأن المحلول الذي ستصنعه سيخدمك في أغراض أخرى أيضا :

وللاطلاع على كيفية حدوث ذلك يمكن اجراء التجربة التالية :
خذ كأسا زجاجيا يحوى محلولاً من حمض الكبريتيك تركيزه 10% ، نقط فيه من الماصة المحلول النحاسى النشادرى لقطن أو ورقة النشاف وستلاحظ كيف أن قسما من المحلول يهبط الى قعر الكأس تاركا وراءه خيطا لناعا . حاول أن تلتقط هذا الخيط بالملقط وأن تسحبه بحذر من الكأس . فتكون قد حصلت على خيط حقيقى من النحاس والنشادر . صحيح أن الخيط الناتج ليس مستقيما جدا ولكن يمكن اصلاح هذا العيب باجراءك للتجربة بمساعدة زميل لك حيث يقوم هو بتشكيل الخيط بينما تحاول أنت سحبه من المحلول .

أدخل ابرة محقنة طبية في انبوب عريض من المطاط بحيث يلتصق بها جيدا ، امأ الأنيوب بالمحلول المراد صنع الخيط منه واغمر الابرة في مغطس يحترى على حمض الكبريتيك . يجب أن يقف زميلك على استعداد ويده الملقط : اذ ستحاول أنت ضغط المحلول في الانبوب بينما سيحاول زميلك التقاط الخيط المتكون بالملقط وسحبه خلال المحلول الموجود في المغطس .

ان هذه التجربة تنجح غالبا بعد تمرين بسيط عليها وسأحاول أن تلف الخيط الناتج على بكرة . ويمكن أن يستبدل الانبوب المطاطى هنا بمحفنة كبيرة .

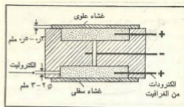
تحضر الخيوط الفيكوزية والأسيتاتية بالطريقة ذاتها ، ولكن قد تستعمل مذيبات أخرى للسيلولوز الذى تبقى جزيئاته في جميع الحالات متروضة بحيث تشكل خيوطا موجهة ومستقيمة . ويدهى أنك لن تستطيع نسج منديل من الخيط الذى حصلت

وأسفله غشاء رقيق من الزجاج العضوي يتراوح سمكه بين ٠,٣ و ٠,٥ ملم . ويكفي الآن أن يلمس الغشاء السفلي .

والآن ننقل الى الالكتروليت . أذب في كأس زجاجي مملوء حتى نصفه بالماء ٢٠ أو ٣٠ غم من يوديد اليوتاسيوم ثم سخن المحلول بملطف وأضف اليه حوالي ١ غم من اليود ، اسكب هذا الالكتروليت من خلال الطب الجانبي الأعرض الى داخل الحفرة السفلي مع مراعاة عدم بقاء فقاعات من الهواء فيها ويفضل لتحقيق ذلك أن تجري هذه العملية بواسطة محقنة طبية . وبعد امتلاء الحفرة العليا يلمس الغشاء الثاني ثم تغلق فتحة الصندوق هذه بسدادة محكمة تغلق بالصنع لثبيتها جيدا .

سيعمل هذا المحلول على بطارية لمصباح الجيب الكهربائي . اربط الالكترودين العلوي والسفلي بالقطب الموجب للبطارية واربط الالكترود المتوسط بالقطب السالب . ويفضل أن يضاف الى الدارة مقاوم متغير ومقياس لفولطية (فولتستر) ومقياس لشدة التيار (أمبيرمتر) . اجعل الجهد بواسطة المقاوم المتغير يساوي ٠,٨ أو ٠,٩ فولط وسيدل عندئذ مقياس شدة التيار المرتبط بسلسلة الالكترود المركزي على تيار شدته من ٢٠٠ الى ٣٠٠ ميكروأمبير . اترك الدارة مغلقة لمدة خمس عشرة ساعة فينخفض التيار تدريجيا حتى يبلغ ١٠ - ٢٠ ميكروأمبير وهي الشدة اللازمة هنا . ولأن أصبح المحلول جاهزا للعمل .

وأبسط طريقة لتحقيق من كيفية عمله هي أن يتفخ على أحد الغشائين أو يلمس برأس ابرة فتتحرف ابرة مقياس شدة التيار فورا نحو اليمين . وهذا يعني أن العين لا تستطيع ملاحظة اهتزاز الغشاء ولكن المحلول يتحسس بها فورا .



حضر صندوقا اسطوانيا الشكل من ألواح من الزجاج العضوي (البلاستيك الأكريل) قطره ٤٠ ملم ويبلغ ارتفاعه حوالي ٢٠ ملم ، احفر على جانبي الاسطوانة «حفرتين» (جوفين) قطر الواحدة منهما ٣٠ ملم وعمقها حوالي ٥ ملم ، وبشرط أن يبقي بينهما فاصل سميك نوعا ما ، الثب تحت الفاصل مباشرة ثقباً قطره ٣ ملم لسكب الالكتروليت فيه واصنع له سدادة متينة ، الثب من الناحية المقابلة ثلاثة ثقوب الواحد فوق الآخر وقطر كل منها يزيد قليلا عن المليمتر وهي مخصصة للالكترودات . ويجب أن يقع الالكترود المركزي في الفاصل ويقع الالكترودان العلوي والسفلي في الحفرة الموافقة لكل منهما .

يستعمل غرافيت أفلام الرصاص كالكترودات هنا . ويجب أن تغطي أنسام الغرافيت الواقعة خارج الصندوق بصنع لعزلها تماما . وبعد أن يجف الصنع ، الثب في الفاصل ثقباً رقيقاً جدا لا يزيد قطره عن ٠,٥ ملم ويجب أن يمر خلال الالكترود الوسطي .

ولم يبق لاعداد الجهاز نهائيا الا أن يلمس في أهل الصندوق

ولنوضح الآن لماذا يحدث ذلك : تتعلق شدة التيار بكمية اليود الواقعة بالقرب من الكاثود من الالكترود السالب ، أى الكاثود . فالبيد يختزل على الكاثود بفعل التيار المستمر ولكنه يتكون مجدداً من الايونات على الأنود ولهذا يبدو اليود وكأنه يحول من الكاثود الى الأنود . وبعد شحن المحلول ينخفض التيار قليلاً لأن كمية تتضام تدريجياً عند الالكترود السالب . ولكن ، ما أن يدفع الغشاء بحركة خفيفة حتى تصل الى الكاثود دفعة إضافية ، وإن كانت صغيرة جداً ، من جزيئات اليود ، فيتجسس المحل بهذا التغيير فوراً ، ويزداد التيار عندئذ .

إن مثل هذه الأجهزة حساس جداً فيماكانها ، فى حال صنعها ، بدقة ، أن تتحسس ببعض جزيئات فقط . ويستفاد من حساسيتها عملياً وذلك عندما تكون الإشارة أو النبضة الكهربائية ضعيفة جداً ويصعب تسجيلها بواسطة أجهزة أخرى . وهى تستعمل مثلاً فى الأبحاث الطبية وتستخدم فى الصناعة كمعادنات للقطع الصغيرة التى تتحرك على الناقل .

ولكن ، ألا يجوز استعمال مثل هذا المحلول فى البيت أو المدرسة ؟ طبعاً ممكن . فلماذا إذن لا يحول الى جهاز ينزك بوصول الضيوف ؟ إذ يكفى لذلك أن يعلق على باب الشقة ويتحسس حالماً يلمس الضيف الباب . وطبعياً أن استعمال مثل هذا المحلول للغرض المذكور أمر غير مريح تماماً ، إذ يجب علينا أن ننظر طيلة الوقت الى مقياس شدة التيار ومراقبة لحظة انحراف ابرته . ولكن يمكن حل هذه المشكلة بأن تضاف الى المحل وحدة إشارة كالجرس أو المصباح الكهربائى . حاول

أن تقوم بذلك بنفسك وإذا لم تتمكن ، فاستعن بخبرة أستاذ الميزياء .

ونشير هنا الى أن مثل هذا «الحارس» الكيميائى يستعمل فى حماية المباني الهامة ، كالمصارف مثلاً ، ولكنه هنا لا ينبأ بقدم الضيوف ، وإنما يتنذر بالخطر . وهكذا تكون قد وصلت الى الصفحة الأخيرة وقمت بأخر تجربة كيميائية .

ولكن مهلاً ، فماذا يقصد بعبارة «آخر تجربة» ، إذ لم يكن هدفنا هنا أبداً تقديم عرض شامل لجميع التجارب الكيميائية الممكنة اجراؤها وإنما بقى الكثير منها خارج نطاق هذا الكتاب فالتجارب الكيميائية كثيرة جداً بحيث أن كتاباً كهذا ، وحتى أكبر منه بكثير ، لا يمكنه استيعابها كلها . ولا شك أنك تستطيع الآن العثور على هذه التجارب فى المجلات والكتب العلمية والمدرسية ولنا وطلب الأمل بأن اجراء التجارب الكيميائية أصبح من الأمور المحيية لك .

ومن ناحية أخرى ، فانك قادر الآن على وضع التجارب الكيميائية بنفسك . وقد نهيناك عن ذلك فى بداية الكتاب لعدم توفر الخبرة لديك آنذا . أما الآن ، فقد أتقنت جيداً العديد من الأساليب والوسائل التكنولوجية وتعرفت على الطرائق الآمنة فى العمل ويبقى جميع التحذيرات سارية المفعول وخاصة فيما يتعلق بسكب المحاليل واستعمال كميات كبيرة من المواد المتفاعلة وغيرها من الأخطاء التى يرتكبها عادة الكيميائيون المبتدئون . والناحية الهامة جداً هى أن تتوفر لديك فكرة واضحة عن سير التفاعل وعن الشروط التى يتم فيها . وهذا ما سنتطلب

صفحة

٥	القدمة
٨	الباب الأول . مختبر كيميائي في المنزل
٢٤	الباب الثاني . التجارب الأولى
٢٤	الرسم باليد
٢٥	أدلة (مشرات) من صنتك
٢٨	تجارب على الاستخلاص
٣١	تجارب على الغازات
٣٥	الأكسدة والاختزال (الارجاع)
٢٩	الانحلال
٤٣	التنظيف الكيميائي
٤٦	الذبل
٥١	شمعة من الصابون
٥٤	المطبخ والخبز والخبز والخبز
٥٦	التعليق الكهربائي في الأكاسيد
٦٢	التصدير والرماس
٦٦	الألومنيوم والكروم والنيكل
٦٨	تجارب على سلك نحاس
٧٢	الباب الثالث . لتنظر داخل عزائنة المطبخ
٧٣	تجارب على البرونز
٧٦	تجارب على الكربوهيدرات
٨٠	سكر من الشعيرة
٨٦	قنجان من الشاي
٩٠	والدماغ مفيدة أيضا

معرفة مسبقا بالنظرية الكيميائية يمكن أن تحصل عليها من كتاب الكيمياء المدرسي أو من أي مرجع علمي أو نشرة علمية أخرى . ولا تنس أن تتوجه بطلب النصيحة والمشورة من أستاذ الكيمياء أو الاستاذ المشرف على الأعمال المخبرية . وبعد ذلك كله يمكنك الشروع بإجراء التجربة بدقة وبدون
وسنعتبر أن هذا الكتاب ليس مجموعة من الملاحظات والإرشادات موجهة الى الكيميائيين المبتدئين ، وإنما هو تمهيد لعمل سيقومون به في المستقبل . ويكون الهدف من هذا الكتاب قد تتحقق ولم يذهب الجهد سدى اذا ساهمت هذه التجارب ، ولو بقسط بسيط ، في تصميمك على أن تكرر نفسك لخلمة الكيمياء في المستقبل .

١٩٧	غذاء الأجسام الصلبة
١٩٨	باقة راقية
٢٠٠	<u>الباب السادس . الروية أفضل</u>
٢٠١	تجارب على الأزيينات - الأوكسيداز والبيروكسيداز
٢٠٨	تجارب على الأزيينات - الكهيدروبيينات
٢١٢	تجارب على الأزيينات - الأملازات
٢١٦	الأملاز ليس وحدة
٢١٨	الكروماتوغرافيا في البيت
٢٢١	التشعاع سقط على البلورة
٢٢٤	صورة فوتوغرافية عروية
٢٢٩	السرعة ثلثت الأنظار
٢٤٠	التحريط الاصطناعية
٢٤٣	حارس كيميائي

٩٤	عصير الثمار
٩٨	تجارب في فصل الصف
١٠١	كم تبلغ نسبة الفيتامين C في التفاح ؟
١٠٧	الفلور مر وحلو
١١٠	<u>الباب الرابع . تجارب متعة ومفيدة</u>
١١٠	الدهانات الزيتية
١١٤	الأغصان
١٢٠	الدهانات المائية
١٢٢	وسيلة ضد الصدأ
١٢٤	لتعفن بلا دعان
١٣٠	التفلاخ بالكهرباء (التفلاخ الثلاثي)
١٣٤	التشليل أو التحليل الكهربائي
١٣٩	غشاء انتق التبييل
١٤١	الزجاج والسيما
١٤٧	مصلصال من صنتك
١٤٨	للفضض المرأة !

١٥٤	<u>الباب الخامس . مهارة اليدين</u>
١٥٤	اللصقة مقوم
١٥٨	المصباح الكهربائي يشعل بمود للباب
١٦٣	السر الطويل البطارية
١٦٦	أخبار الكهربائي من مواد متوفرة لديك
١٧٠	البلورات كبريتا وصغيرة
١٧٦	زخرفات بلورية
١٧٩	كتر على الصحن
١٨١	الغضن يصبح مرثيا
١٨٤	و ألعاب سرية و بسيطة
١٩٠	ساعة كيميائية
١٩٢	قوس لرح من دون قوس
١٩٤	مسائل مطوية

ان دار «مير» هي اكبر دور النشر السوفيتية التي تصدر الكتب المعربة من اللغة الروسية في مجالات العلم والهندسة والطب ، مساهمة بذلك في الفناء المكتبة العربية ورفدها بأخر ما توصل اليه العلم المعاصر . وستصدر دار «مير» قريبا الكتب التالية :

«الكيمياء العامة واللاعضوية» تأليف اخميتوف

يشرح هذا الكتاب المفاهيم العصرية لبنية المادة والرابطة الكيميائية اعتمادا على نظريتي الروابط التكوالية والمدارات الجزيئية ويتطرق الى مواضيع في الترموديناميكا الكيميائية ثم يعرض الطرائق التطبيقية في دراسة بناء المادة والعناصر وخواصها حسب تصنيفها في الجدول الدوري .

يعد الكتاب مرجعا مفيدا لمدري الكيمياء وطلبة الدراسات العليا وطلبة كليات الكيمياء في الجامعات والمعاهد العليا .

أها القارئ العزيز !

تصدر دار «مير» طباعة ونشر مختلف الكتب العلمية والفنية المختارة من أفضل المراجع الجامعية وكذلك بعض الكتب العلمية البسيطة . وهذه الكتب تصدر باللغة العربية وفيها من اللغات الأجنبية الأخرى .

ويسر الدار معرفة رأيكم في هذه الكتب ، وتكون شاكرا لكم لو أديتم لها ملاحظاتكم حول مضمونها وترجمتها وتصميمها الفني .

حوالنا:

الاتحاد السوفيتي - موسكو 110

بيرو ديجسكي بيرولوف ٢

«القانون العظيم» في الكيمياء، تأليف بترانوف
وتريفوتوف

القانون العظيم في الكيمياء هو قانون التصنيف الدوري للعناصر الذي اكتشفه العالم مندلييف . كتابنا هذا يتحدث بأسلوب متعمق عن قصة اكتشاف القانون الدوري ، إذ يستعرض نبذة موجزة عمن أهم الأحداث العلمية التي مهدت لهذا الاكتشاف ، وكيف تحققت تنبؤات مندلييف بهذا الخصوص ويعرض وصفا شيقا لمسيرة القانون الطويلة فسي تحديه للعقبات والمحن التي جابهته ، بعد ذلك يدرس الكتاب علاقة اللانسون الدوري ببناء الذرة وكيفية أحداث العناصر الاصطناعية وعناصر ما بعد اليورانيوم ويتحدث عن دور الحاسبات الالكترونية في الكيمياء المعاصرة وكيمياء المستقبل . الكتاب مخصص لمحبي المعرفة بشكل عام ولهواة الكيمياء بشكل خاص .

«مسائل وتجارب في الكيمياء اللاعضوية»
تأليف أخميتوف وآخرين

يتميز هذا الكتاب بأنه يجمع بين المسائل النظرية والعملية ، إذ يعرض التجربة وكأنها دراسة علمية مستقلة تبدأ ببرد المهمة المرجوة منها ويليهما تحليل نظري لمراحلها ثم تنتهي بإثبات تجريبي . ويستعين المؤلفون أثناء شرحهم بالمفاهيم البنيوية الحديثة والنماذج الترموديناميكية ومبادئ سير التفاعلات الكيميائية . والكتاب مرفق بحلول لأهم المسائل الواردة فيه ، لذا سيكون مرجعا مفيدا لمدرسي الكيمياء والطلبة في الجامعات والمدارس الثانوية .