

ثالثاً: من عجائب الكيمياء

الكيميائيون القدماء وما بعدهم

كيف بدأت الكيمياء:

لكي نعرف كيف بدأت الكيمياء وجب أن نرجع إلى الماضي البعيد، ويعتبر البعض أن توبال كايين *Tubal Cain*، أول مهرة الصناع في المعادن، هو أب الكيمياء الحديثة، كما يعتبر البعض الآخر أن المصريين القدماء جديرون بشرف احتلال المقام الأول بين الكيميائيين. وليس ثمة كبير شك في أن القدماء من الصينيين والهنود والمصريين قد زاولوا الزراعة والتعدين منذ أقدم الأزمان، كما عالجوا الفخار تشكيلاً وتلويناً وتزجيجاً، ومن الرسومات على القبور المصرية القديمة في طيبة نرى أن المصريين لم يعرفوا صناعة الجعة والنبيد وحسب، ولكنهم قدروا جيداً أثرها على الصحة والاتزان.

كما نرى من بقايا الأنسجة الكتانية المتناهية في دقة الصنع والتي دثروا بها الموميات أنهم حذقوا معالجة ألياف الكتان، وفي بقاء أقدم الموميات آلاف السنين تقاوم عوامل الانحلال برهان ساطع على معرفتهم تركيب سوائل التحنيط، واستخدامها. وقد أحاط هؤلاء القدماء أيضاً بقرابة سبعة معادن تلعب الآن دوراً مهماً في حياتنا- الذهب والفضة، والنحاس، والقصدير، والرصاص، والحديد، والزئبق، وتوجد الثلاثة الأول منها على حالة شبه نقية في الطبيعة، أما المعادن الأخرى فيجب استخلاصها من خاماتها، وهو عمل يحتاج إلى الكثير من الدراية التي لا بد أن كانت لهؤلاء الكيميائيين الأوائل.

الكهنة القدماء

وكان كهنة المصريين أحذق أهل الكيمياء في تلك العصور القديمة. يزاولون عملهم في سرية تحميها جدران المعابد، وكان ينذر الطائش من هؤلاء الكهنة "بعقاب شجرة

المشمش" إذا أفشوا أسرار الكيمياء، فقد كان جزاء المفشى للسر جرعة من حامض البروسيك، أحد السموم القتالة والذي استخلصه هؤلاء الكهنة الكيميائيون من بذور المشمش واللوز.

العناصر:

واهتم الإغريق أيضاً بالكيمياء وحسب المفكرون من قدمائهم أن أبسط الأشياء في الدنيا هي التراب، والهواء، والنار، والماء. وأن كل شئ يتركب من اثنين أو أكثر من هذه "العناصر" الأربعة كما أسموها، واستمرت هذه الفكرة سائدة عدة مئات من السنين، أو على التحقيق حتى قرابة مائة وثمانين سنة مضت. ولم يشذ الإغريق عن بقية الناس في السعى وراء الذهب، وهناك أقصوصة تقول أن البحث عن "صوف الكبش الذهبي" لم يزد عن كونه محاولة للحصول على "كتاب" على رق من جلد الشاه، وفيه السر الخبيء عن كيف يصنع الإنسان الذهب.

حجر الفلاسفة:

كان قدماء المصريين أكثر نزوعاً إلى الكيمياء التجريبية من الإغريق، وقد عرفوا منذ أقدم الأزمان بالعمل الجدى في أمور المعادن وشاعت الأقوال عن معرفتهم سر تحويل المعادن غير الثمينة إلى الذهب، وفي القرن الثالث أمر الإمبراطور الرومانى ديقاطيان بإحراق كل كتب الكيمياء حتى لا ينشر المصريون سر صنع الذهب والفضة، ظناً منه أن الوصول إلى صنع الذهب سيخلف المشاكل للرومان، ويهدم إمبراطوريتهم، ولكن محاولة إحراق الكتب لم تكلل بالنجاح^(١).

ويوجد راتينج صنوبر الكاورى متحجراً في المكان الذى كانت فيه غابات الكاورى على عمق بضعة أقدام من أسطح الأرض.

(١) امتدت يد العيث إلى مكتبة الإسكندرية قبل الإسلام ببضعة قرون، ففي سنة ١٤٥ ق.م قامت ثورة ضد بطليموس التاسع، ففر إلى قبرص وتولى ابنه العرش ولكنه عاد بعد ذلك إلى مصر وقتل ابنه وقمع الثورة، وأمر جنوده بنهب الإسكندرية فهدموا جزءاً كبيراً من المعهد والمكتبة، وفي سنة ٤٧ ق.م قدم يوليوس قيصر إلى الإسكندرية على أثر السلوك العدائى الذى أظهره لروما بطليموس الرابع عشر. وحين انتصر نهب جنود الرومان الإسكندرية وأحرقوا جزءاً آخر من المكتبة. وفي عام ٢٩٦ بعد الميلاد أمر دقلديانوس بحرق كتب الكيمياء فى الإسكندرية. وفى سنة ٣٨٩ بعد الميلاد نشب حريق فى المعهد أتى على ما تبقى من المكتبة من نفائس.

وفي عام ٦٤٢ دمرت مكتبة الإسكندرية العظيمة عاصمة مصر حينذاك، بما فيها من نفائس الحكمة المخترنة، حين غزا عمرو قائد جيوش الخليفة عمر مصر والبلاد المتاخمة لها^(١)، وإلى هذا أعزا الفلاسفة ضياع أسرار تحول المعادن في تغيير المعادن الرخيصة إلى الذهب، ومنذ ذلك الوقت جهد الكيميائيون أنفسهم أكثر من ألف عام لاكتشاف "حجر الفلاسفة" وهو الاسم الذي أطلقوه على المادة التي عزيت إليها القدرة على التحويل المنشود.

جابر:

ومضت مائتا عام ثم جاء الخليفة هارون الرشيد الذي اشتهر عند الكيميائيين بأنه الرجل الذي جلب إلى بغداد كل كتب العلم لترجمتها حتى ينتفع بها الناس، وإليه يعود فضل معرفتنا بجابر أحد الكيميائيين القدماء، الذين ذاع صيتهم، ولا نعرف على وجه التحقيق من كان ذلك الرجل، وأين عاش ومات^(٢)، ولكن ما تركه من كتابات دللتنا على فهمه أكثر العمليات التي نستخدمها اليوم، كالإذابة، والبلورة، والتقطير، والتكليس، والتسامي، وهي أشياء ستعرفها كلما امتدت بك مطالعة الصفحات التالية، وقد عرف جابر الكثير عن الذهب، والفضة، والزئبق، والرصاص، والنحاس، والحديد، والقصدير، والزرنيخ، والكبريت، وكذا العديد من الأحماض والقلويات، إلى حد جدير بالإعجاب. وكان يقول بأن جميع الأشياء تتركب من الزئبق والكبريت بنسب متفاوتة، ولكنه مع ذلك لم يؤمن بتحويل المعادن إذ قال " إن تحويل معدن إلى آخر مستحيل استحالة تغيير الثور إلى جدى".

ورغم أن جابر الباحثون عن حجر الفلاسفة، يعمل البعض منهم على يقين وإخلاص، بينما كان البعض الآخر من أخطأ أنواع المختالين، لا يبغى إلا أن يعيش مترفاً في بطانة أحد الأغنياء متظاهراً "بالبحث" عن تلك المادة العجيبة التي ستجلب لمولاه ما لم يحلم به من الثراء.

(١) انظر الهامشة السابقة.

(٢) تقول بعض المراجع إنه جابر بن حيان أشهر أطباء العرب وكيمائيهم القدماء والمتوفى في القرن الثامن الميلادي، عرف بكتابات التي ترجم بعضها إلى اللاتينية عن أحماض الكبريتيك والأزوتيك والخليك، وأكاسيد الزرنيخ وأحماضه، وكذا عن المعادن والأملاح والقلويات وطرق تحضيرها وتنقيتها بالبلورة والتقطير والترشيح والتسامي.

روجر باكون (Roger Bacon)

ولد في عهد الملك جون، وكان من علماء الكهنة الفرنسيين وكان واحداً مهرة الكيماويين القدماء، اكتشف فيما اكتشف البارود، واتهم بالشعوذة فسجن، كما آمن بوجود حجر الفلاسفة معلناً أن جزءاً من ذلك الحجر يحول مليون جزء من معدن رخيص إلى ذهب، فما أجمل الأحلام.

ذعر:

وحدث إبان حكم الملك إدوارد الثالث، وفي عام ١٣٢٩ بالذات، أن أعلن رجلان عثورهما على حجر الفلاسفة مما أحدث ذعراً شديداً فصدر الأمر فوراً بالقبض عليهما، وجاء في الأمر المذكور "ليكن معلوماً للجميع أنه قد تأكد لدينا أن المدعويين جون رو *John Rowe* ووليام دالبي *William Dalby* يحيطان بصنع الفضة طبق فنون الكيمياء القديمة، وبما أن هذين الرجلين بمعرفتهما هذه عن المعدن الثمين قد يكونان نافعين لنا ولملكنا، فقد أمرنا محبوبنا وليام كاري *William Carie* بالقبض على جون ووليام المذكورين وإحضارهما لدينا مع كل معدات معهما في الحفظ والصون، فاختمى الرجلان!

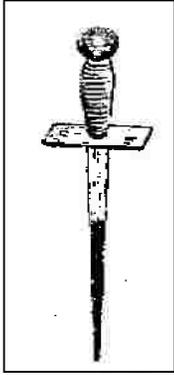
ذعر آخر:

وفي عهد هنري الرابع وصل الذعر من اكتشاف حجر الفلاسفة وانخفاض قيمة العملة تبعاً لذلك إلى حد أن صدر أقصر تشريع برلماني في تاريخ إنجلترا نصه "لن يسمح من الآن بتكثير الذهب أو الفضة، أو استخدام فن التكثير، ومن اقترف ذلك وقع عليه عقاب الجريمة العظمى". وبلغت الكيمياء القديمة ذروة عزها في عهد أسرتي تيودور *Tudor* وستيوارت *Stuart*، إذ أضيف إلى البحث عن حجر الفلاسفة مطلب أعظم منه، ولد قبل ذلك بمائتي عام هو الوصول إلى إكسير الحياة، فنقطة منه تمنح الشباب الخالداً! أحلام بديعة، فمن حياة

مخلدة، إلى ثروة لا حد لها، بل ما كان أبدع دنيانا هذه لو قدر يوماً لأحلام هؤلاء الكيماويين القدماء أن تتحقق!.

وفي عام ١٥٤١ مات بومباستس باراسلسس *Bombastes Paracelsus* وياله من اسم! وكان قد أعلن من قبل أنه عثر على حجر الفلاسفة وكذا على إكسير الحياة! ومما يجزن حقاً أنه قد توفي بالفعل على أثر جرعة طاغية من إكسير الحياة، إذ لم يكن ذلك الإكسير المكتشف إلا الكحول المعروف لنا الآن.

تحويل المعادن:



بين المخلفات الثمينة للملكة إليزابيث خنجر أهدها لها راهب، كان نصف نصله الأعلى من الصلب والنصف الأسفل من النحاس، وادعى مهديه أن نحاسه محول! وكان بعض الكيماويين القدماء المتجولين يعرض فعلاً عملية تحويل المعادن رجاء الحصول على ممول لهم، فيغمس الواحد منهم مسماراً من الحديد في سائل عجيب ثم يخرج منه من هذا السائل وقد انقلب إلى نحاس أو فضة، حتى إذا حصل على المال الذي ينشده لابتیاع حاجاته اختفى أثره وضاع، ويندر طبعاً أن يكرر الكيماوى القديم نفس العملية حتى لا ينكشف أمره.

(خنجر الملكة إليزابيث)

حكى عن أحد الدوقات أنه استخدم كيماوياً قديماً ادعى أنه توصل إلى معرفة صنع الذهب، وسلم الرجل إلى الدوق جميع المكونات اللازمة وأشار عليه أن يضعها في البوتقة ثم يقفل باب المعمل بالمفتاح، فلما فتح الباب بعد وقت وجد الذهب في البوتقة! ولا عجب فقد كان ابن الكيمايى محتبباً في إحدى خزائن المعمل قبل إقفال الباب، وهناك قصص عديدة عن ضروب الاحتيال في هذا الموضوع.

معمل الكيماوى القديم :

كان معمل هذا الكيميائى عجيباً يملأه الغموض وقد وصفه سكوت *Scott* فى كتابه كلورث *Kenilworth* فيما يلى: " وكشف الحداد عن باب مسحور مغطى بالأعشاب، ففتحه وهبط منه محتفياً عن الأنظار، وسمع الزائر صوت الحداد من باطن الأرض يأمر الصبى أن يتبعه ثم يحكم إقفال الباب. ولم يتجاوز المهبوط بضع درجات تؤدى إلى ممر مستو طوله بضع ياردات، يظهر فى منتهاه ضوء خافت مصفر اللون، وبعد انشءاءة إلى اليسار يرى قبوا صغيراً مربعاً به كور حداد يشتعل فيه الجمر، وتماًلاً أبخرته الجو برائحة تكاد تكون خانقة تماماً لولا مخرجاً خفيفاً يتصل فى أعلاه بالهواء، ويرى على ضوء الجمر الأحمر والمصباح المدلى من سلسلة حديدية سندان، ومنفاخ، وماسكة، ومطرقة، وعدد من حدوات الخيل إلى جانب المواقد والمكثفات، والبوادر والمعوجات، ومعدات أخرى مما يحتاجه الكيماوى القديم، وكان منظر الحداد المسرف فى الغرابة بلباسه السحرى، وملامح الصبى القبيحة والطريفة معاً كما تبدو فى ضوء نار الفحم الواهى القابض للصدر، وضوء المصباح الخامد، كلها متسقة مع هذا الجهاز الملىء بالأسرار، وفى ذلك العهد الزاهر بالخرافات مما ينال من شجاعة أغلب الرجال".

مغرب الكيمياء القديمة:

فى القرن السابع عشر أخذ نجم الكيمياء القديمة فى الأفول. ففى عام ١٦٦٦ أكد هلفيتيس *Helvetius* أنه عشر على حجر الفلاسفة وأنه حول الرصاص إلى ذهب مدعياً أن رئيس دار السك قد أقر هذا التحويل، وترينا الأبحاث المفيدة التى قام بها جلوبر *Glauber* الألمانى المتوفى فى ١٦٦٨ والتى نشرت بعد ذلك بعام واحد كيف شغلت أفكار الكيماويين القدماء بأشياء أخرى غير حجر الفلاسفة، عرفنا منها تحضير الخل من تقطير الخشب، وكيفية الحصول على ملح جلوبر المعروف "سلفات الصودا" والمستعمل كثيراً الآن، وكيف تؤلف

صبغة للشعر مازالت تستخدم في وقتنا الحالى، ومع ذلك فهو يصف طرقاً عدة في كتابه لتحضير الذهب، وللأسف لم يصنع هؤلاء الكيميائيون القدماء الذهب لأنفسهم. ولا تدين الكيمياء الحديثة للقديمة بشيء يذكر اللهم إلا بضع كلمات كالكيمياء القديمة، والكحول، والقلوى، ومجموعة واسعة من الحقائق التى لم يحاولوا مطلقاً ضمها إلى حقائق مماثلة ومعرفة سبب هذا التماثل.

آباء الكيمياء الحديثة:

يعتبر القرن الثامن عشر فى الحقيقة مولداً لهذه الكيمياء فظهر فى إنجلترا بريستلى *Priestley* الذى اكتشف غاز الأوكسجين وكفندش *Cavendish* مكتشف الهيدروجين، وفى اسكتلندا بلاك *Black* الذى أعاد الكشف عن غاز ثانى أكسيد الكربون^(١). وفى فرنسا لفوازييه *Lavoisier* الذى استخدم المكتشفات السابقة واستعمل الميزان لمعرفة مقدار ما يستعمل من المواد، وله ندين بمعلوماتنا الحالية عن الاحتراق، ولكنه عاش إبان تأجج الثورة الفرنسية، ورأى القائمون بها أن الجهود فى غير حاجة "إلى الكيميائيين" فأعدموه بالمقصلة فى مايو عام ١٧٩٤م.

العمل المنظم:

وقد تعلم أن سير همفرى دافى *Humphry Davy* قد قام بالكثير فى الكشف عن معادن جديدة، كما أن الدكتور دولتون قد اكتشف "قوانين الاتحاد الكيميائى وهى أساس الكيمياء الحديثة، وأسهم غيره من كبار الكيميائيين فى ثروتنا العلمية المتزايدة، أمثال فاراداي *Faraday* وديوار *Dewar* وكروك *Crooke* وذلك بعد أن حل العمل المنظم منذ أيام لفوازييه محل التجارب الارتجالية، وتمت بذلك بعض الأعمال المدهشة حقاً، حتى أن حلم حجر الفلاسفة على استحالته البادية، قد يتحقق فى يوم من الأيام.

(١) ولد فى السويد شيلا الذى اكتشف الكلور وحمض الأوكساليك، وفى ألمانيا ماجراف *Marggraff* الذى اكتشف السكر فى عصير البنجر.

التغيرات الكيميائية والطبيعية:

من المعروف منذ قديم الزمان أن المادة قد توجد في حالات ثلاث صلبة، وسائلة، وغازية. فالماء يوجد في صورة الثلج والماء والبخار، ويتحول كل منها إلى الصورة الأخرى بتغيير الحرارة، والحديد المتروك معرضاً للهواء الرطب يغطيه الصدأ، وهي مادة تختلف عن الحديد جل الاختلاف إذا تفتت بسهولة. ولا يمكن في يسر إعادة الصدأ إلى الحديد مرة أخرى، فإن التغير الحاصل هنا أعمق بكثير من تغير الماء إلى البخار وبالعكس. وإذا أشعل عود الثقاب، فإن رأسه لا يمكن إعادته بسهولة إلى ما كان عليه، إذ تكونت منه مواد جديدة، وهناك طريقتان يعرفهما الكيميائي لتكوين مواد جديدة، إحداهما تجزئ الأشياء إلى صور أبسط، وثانيتها تركيب الأشياء البسيطة وتحويلها إلى صورة معقدة، فالنحاس النقي يحضر بالطريقة الأولى، كما تستخدم الطريقة الثانية للحصول على مواد غريبة لا يكاد يحصرها العد.

العناصر والمركبات:

اعتبر القدماء- كما تعلم- أن الأشياء جميعها مكونة من اثنين أو أكثر مما أسموه بالعناصر وهي التراب، والهواء، والنار، والماء، ولكننا نعلم الآن أنهم كانوا جد مخطئين، ولا نزال نستعمل كلمتي "العنصر" و"المركب" وقد كشف الكيميائيون الحديثون، بواسطة العمل المنظم الشاق، أكثر من مائة وخمسة عناصر أو المواد البسيطة التي لم يستطيعوا تبسيطها أكثر مما هي عليه. وهذه العناصر يمكن اتحادها معاً لتكوين المركبات، وتختلف المركبات الناتجة في أغلب الحالات كل الاختلاف عن العناصر المنفردة المكونة لها، فمن منا يتصور أن ملح الطعام أحد المواد الضرورية للحياة يتكون من تلك المادة الفضية النادرة الرخوة حتى ليتمكن قطعها بالسكين والمسماة بالصوديوم، متحدة مع الكلور، ذلك الغاز السام الذي استعمله الألمان خلال الحرب العالمية الأولى، وكم في الكيمياء من أعاجيب...

الجزئ والذرة:

لو اخترنا حبة من ملح الطعام وقسمناها إلى جزئين، ثم قسمنا أحد هذين الجزئين إلى جزئين مرة أخرى، وكررنا هذه العملية مرات ومرات لوصلنا إلى قطعة لا نستطيع قسمتها إلى قسمين من الملح، ولو أننا نستطيع تجزئتها إلى قسمين أحدهما من الصوديوم والآخر من الكلور وهما العنصران اللذان يكونان هذا الملح كما سبق القول. وتسمى هذه القطعة من الملح التي لا نستطيع تجزئتها إلى قسمين من الملح "جزئياً" كما يسمى "بالذرة"، الجزء الصغير جداً من كل من الصوديوم والكلور اللذين يكونان الجزء، وهكذا يرى الكيميائي الأشياء، فالشيء يتكون من جزيئات، وكل جزيء يتكون من ذرات، وفي البيان التالي أسماء بعض العناصر المعروفة.

مواد صلبة من الفلزات : الحديد، والذهب، والنحاس، والفضة، والرصاص،

والقصدير، والخارصين (الزنك)، والألمونيوم.

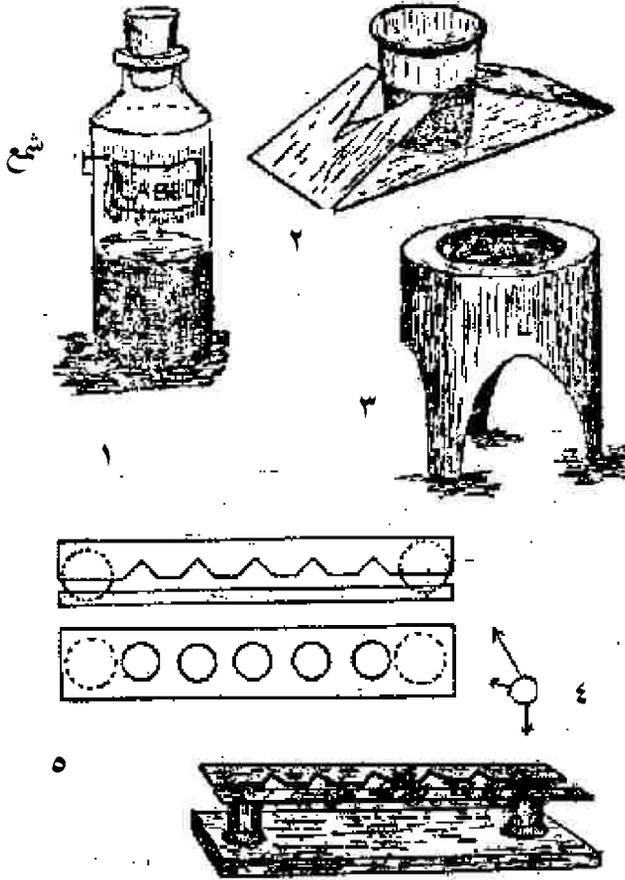
من اللافلزات: الكربون، والكبريت.

مواد سائلة من الفلزات : الزئبق.

من اللافلزات: البروم

مواد غازية من الفلزات : الأيدروجين.

من اللافلزات: الأوكسجين، النتروجين، والكلور.



ولو عرفنا تأثير إمرار تيار كهربائي على أملاح المعادن، لوجدت أن جميع الفلزات تنجس إلى القطب السالب (الكاثود) فهي بذلك موجبة الكهربائية وأن اللافلزات تنجس إلى القطب الموجب (الأنود) لأنها سالبة الكهربائية، وتفضل الآن الكيمياء الحديثة استخدام هذا التعبير للتمييز بين الفلزات واللافلزات.

تطبيقات كيميائية

ينبغي شراء بعض اللوازم كأنايب الاختبار، والدوارق، والكؤوس، وسدادات الفلين، وأنايب الزجاج، وأنايب المطاط، وكذلك بعض المواد الكيميائية التي لا توجد بالمتزل، ويمكن القيام بتجارب عديدة وبأبسط الأجهزة، فمنها تتعلم الكثير قبل العمق في دراسة الكيمياء إذا شئت فيما بعد.

وهاك بيانات باللوازم المشار إليها:

- كؤوس لها شفة، سعة ١٥٠ سم ٣ تقريباً.
- أنايب اختبار طولها ١٢ سم وقطرها ٢ سم تقريباً.
- دوارق سعة الواحد ٢٠٠ سم ٣ تقريباً.
- قمع ذو قائمة طويلة.
- أنايب زجاجية قطر ٣، ٤ مم.
- أنايب مطاط مناسبة.
- سدادات فلين تناسب أنايب الاختبار والدوارق.
- مبرد لثقب الفلين.
- مواد كيميائية حسب الطلب.

وكلما زاد استعداد معملك المتزلي كلما زادت قيمة أجهزتك، وكثيراً من التركيبات يمكن استغلالها في أحوال أخرى متعددة، كما يمكنك ابتكار طرق وأجهزة جديدة باستخدام أفكار تتعلمها من هنا ومن هناك.

- ١- اجمع بعض الزجاجات لتخزين المواد فيها، أعد لها البطاقات ولو من الأوراق المصمغة التي توجد عادة بأطراف طوابع البريد، واكتب عليها محتويات الزجاجاة، وبعد لصقها على الزجاجاة غطها بمصهور الشمع بواسطة فرشاة صغيرة.
- ٢- اصنع الحامل من علبة من الصفيح لا لحام فيها مستعملاً المقص العادي للقص.



- ٣- اصنع حامل الأنابيب كما في الشكل مستخدماً بكرتين من بكر الخيط وقاعدة وبعض الخشب الرقيق.
- ٤- اصنع مثلثاً خزفياً بأخذ قطع من الأنابيب الخزفية طول الواحدة نحو ٤ سم، وأدخل في كل منها قطعة من السلك ثم ثبت أطراف السلوك بنبيها كما ترى في الشكل.
- ٥- لصنع البورى خذ شبكاً من الفخار وثبت في الجزء المنتفخ منه قطعة من الفلين سمكها ٦ مم كما في الشكل، اثقب في الفلين بواسطة مبرد ذيل الفار ثقباً مناسباً وثبت في هذا الثقب الأنبوبة الفخارية أ، ولاحظ أن كل التركيبات محكمة لا ينفذ منها الهواء.
- ٦- اصنع ملعقة من الخشب الصلب (كمسطرة قديمة) طولها نحو ١٥ سم، وشكلها كما ترى في الشكل، احرق منخفضاً فيها ثم نعمه بورق الصنفرة لاستخدامه في عيار "ملء ملعقة".

٧- الكيميائي القديم يحول الحديد إلى نحاس، اسحق بلورة من الزجاج الأزرق، وأذبها بالماء الساخن في أنبوبة اختبار، اغمس سلاح مطواتك في الخلول لبضع لحظات، اسحبها وامسحها، فماذا ترى عليها.

٨- تحويل الخارصين إلى نحاس: استخدم قطعة أو شريطاً من الخارصين النظيف محل المطواة كما في (٧).

٩- تحويل النحاس إلى فضة: أذب ملء ربع ملعقة من كلوريد الزئبق أو أزوتات الزئبق (كلاهما سام جداً) في قليل من الماء في أنبوبة اختبار، اغمس في الخلول سلاح مطواتك الذي غطي بالنحاس في رقم (٧) بضع لحظات، ثم اسحبها لترى أنك قد حولت الحديد إلى نحاس ثم إلى فضة.

١٠- تحويل الخارصين إلى الفضة: اغمس المعدن الذي حصلت عليه في (٨) في الخلول الذي حضرته في (٩) للحظات، لاحظ ماذا يحدث.

١١- تغيير مؤقت: اصهر باحتراس قطعة من الشمع الأحمر في غطاء من الصفيح ثم بردها، لاحظ أنها عادت إلى حالتها الأولى، فقد كان التغيير مؤقتاً.

١٢- تغيير دائم أو كيمائى: افحص رأس عمود من الثقب، أشعله ثم أطفئه قبل أن يشتعل الخشب، افحص الرأس الآن، فماذا تلاحظ؟

١٣- تغيير مؤقت أم دائم؟ سخن قطعة من الطباشير في غطاء من الصفيح على نار كأقوى ما يمكنك، هل تستطيع الكتابة بها الآن؟

١٤- تحضير مادة جديدة من عناصرها: خذ ملء ملعقة من برادة مسمار من الحديد، وأضف إليها ملء ملعقة أخرى من الكبريت واخلطهما جيداً، لاحظ أن من السهل فصل المادتين باستخدام المغناطيس، فإنهما مخلوطتان فقط لا متحدتان لتكوين مادة جديدة، ضع المخلوط الآن في حفنة من الفخار وسخنه بشدة فماذا تلاحظ؟ هل تستطيع الآن فصل الحديد بواسطة المغناطيس؟

الذوبان - التعليق - الفصل

أمر عادي:

كثيراً ما نشاهد قطعة من السكر توضع في قرح من الشاي ثم تختفى حتى صار هذا الأمر عادياً عندنا وحتى لا نعهده غريباً أن يسألنا سائل عما حصل لقطعة السكر، والواقع أن هذا الاختفاء أمر عجيب حقاً، تفسيره أن قطعة السكر قد تفتت إلى أجزاء متناهية في الصغر حتى نستطيع احتلال المسافات الخالية بين جزيئات الماء الذي حضر به مستخلص الشاي. هذه العملية تسمى "بالذوبان" فالشاي هو "المذيب" والسكر هو "المذاب" والاثان معاً هما "المحلول" والمادة التي تذوب، مثل السكر، يقال عنها "قابلة للذوبان" أما التي لا تختفى في المسافات التي بين الجزيئات فيقال عنها "غير قابلة للذوبان".

الحياة تتوقف على الذوبان:

وقليل من الناس يدركون أن الحياة تتوقف على الذوبان، فيه ينتقل الغذاء إلى خلايا النبات والحيوان، وبغير الذوبان إذاً تنعدم الحياة.

المذيبات:

أحسن المذيبات وأكثرها انتشاراً هو الماء طبعاً، على أن هناك مذيبات عديدة أخرى يصلح كل منها في إذابة مادة معينة، فالكحول، والكحول المحول أو (السيرتو) يذبان مواد عديدة لا يذيبها الماء. وتذوب أصماغ في السيرتو، وهذه الطريقة يصنع الورنيش، ويذوب المطاط في البترول، وفي البترين ولكنه لا يفعل في الماء. وتؤلف هذه الحقائق الأساس اللازم لصنع كثير من الأقمشة التي لا ينفذ منها الماء وذلك بإذابة المطاط في البترين، ثم يطلى القماش بالخلول فإذا ما تبخر البترين ترك طبقة رقيقة من المطاط تجعل القماش المطلى غير منفذ للماء، وهذا المحلول نفسه هو الذي تعالج به الثقوب التي تحدث في إطارات السيارات أو مئانة كرة القدم.

البززين والإثير:

والدهون كما هو معروف لا تذوب في الماء ولكن هناك سوائل عدة تذيب هذه الدهون بسهولة، والبززين يزيل الشمع في سرعة من ثقاب الشمع، وكذلك يفعل الإثير، وكثيراً ما يستخدم هذا لتنظيف الملابس مما بها من البقع الشحمية، على أنه يجب عند إجراء هذا التنظيف تجنب الاقتراب من أى مصدر للنار أو اللهب.

البترول:

والبترول أيضاً مذيب جيد وكذلك الكيروسين إذ يذيب كلاهما الزيوت في سهولة.. ويمكن الحصول على التربينينا المعروفة منذ عصر الكيمياء القديمة من صمغ شجر الصنوبر، وهي مذيبة جيدة للزيوت، ولذا يستعملها الرسام لتخفيف ألوانه الزيتية حتى يستطيع نشرها في يسر بفرشاة.

النشبع:

عرفنا أن المذيب كالماء مثلاً يذيب مادة ما، كالسكر. ولكن كمية معينة من الماء لن تستطيع إذابة كميات لا حد لها من السكر، إذا ما أخذت كمية من الماء في كأس وأضفت لها السكر لذاب، وإذا استمرت في الإضافة لوصلت إلى درجة لن تذوب عندها كمية أخرى من السكر مهما استعملت من الرج أو التحريك لأن الماء (قد تشبع) بالسكر. صحيح أنك لو سخنت المحلول لأذاب كمية أخرى من السكر لأن المسافات التي بين الجزيئات تتسع بالحرارة فتستطيع أن تستوعب كمية أخرى من المذاب، ولكن هناك أيضاً حداً لكميات المذاب في درجات الحرارة المختلفة، إذ لكل منها نقطة تشبع، فماذا يحدث إذا أخذنا محلولاً ساخناً مشبعاً وتركناه ليبرد.

البلورات:

لن يستطيع المذيب طبعاً أن يحتفظ بكل المذاب وسينفصل هذا تدريجياً بانخفاض درجة الحرارة، ولكن تغيراً عجبياً سيحدث، فلن يرسب المذاب في شكل حبيبات كالتراب مثلاً، ولكن في شكل جميل، بالغ الانتظام، هو بلورات السكر النبات، وقد تكون البلورات مختلفة

الأحجام، ولكن الشكل واحد في كل حال كما يرى ذلك بوضوح، وكما في حالة السكر نجد أن لكل مادة شكلها البلوري الخاص بها، ولا حد لهذه الأشكال وبلورات مادة معينة تمثل تلك المادة في أنقى حالاتها، ويتوقف النجاح في صناعات عديدة، كصناعات الملح، والصودا، والشب، والنترات، على عملية التبلور.

ماء التبلور:

حين تفصل بعض المواد من محاليلها لا تتبلور إلاّ مع قليل من الماء يعينها على اتخاذ أشكالها وألوانها الخاصة بها، ويسمى هذا الماء بماء التبلور، ونجده في الصودا، والشب، وكبريتات النحاس بين المواد المعروفة، وإذا سخنت هذه البلورات لدرجة عالية تطاير ماؤها، وتفتت إلى مسحوق، ولعلك قد لاحظت حصول هذا في الصودا بعد تركها مدة طويلة في مكان حار.

بلورات تكونها النار:

وفي الطبيعة تتكون آلاف البلورات المتباينة كما سبق القول، ولكن هناك طرقاً أخرى لتكوين بلورات دون تدخل المذيبات بالمرّة، املاً بطن غليون من الفخار بمسحوق الكبريت، واصهر الكبريت حتى يصير سائلاً أصفر باهتا، ثم اتركه ليبرد حتى تتكون فوقه قشرة جلدية، اثقب هذه القشرة بسرعة في جهتين متقابلتين، واسكب السائل من أحد الثقبين، اترك الغليون حتى يبرد تماماً، واكسر الكبريت المتبقى، تجد بللورات دقيقة من الكبريت قد تكونت هناك.

والمفروض أن أرضنا هذه كانت في مبدأ الأمر كتلة من الصخر المنصهر، حتى إذا ما بردت تبلورت موادها الصخرية، كالجرانيت، وتستخدم هذه البلورات التي تكونت بالنار في المباني التي يراد لها القوة والبقاء على مر الأزمان، وكلما كان التبريد سريعاً، كان حجم البلورات الناتجة صغيراً، وذلك كما في حالة انفصال البلورات من المحاليل الساخنة.

المهندس والبلورات:

يحتاج المهندس إلى معرفة الكثير عن البلورات، ذلك أن المعادن المنصهرة تتخذ بعد صيها وتبريدها أشكالاً بلورية، وقد نجمت عن إغفال ذلك في الماضي حوادث خطيرة، فقد وجدوا أن الانثناءات الحادة في تشكيلات الحديد تنكسر بسهولة، وتعلم الفاحصون لسطوح هذه الانكسارات المعدنية أنه إذا كانت البلورات مرتبة في شكل عمودي على السطوح الخارجية لصارت التشكيلات أشد متانة.



ولذا اتبعوا طريقة الانثناءات بدل الثنيات الحادة فقلت متاعبهم كثيراً. ولا بد من تغيير دناجل عربات السكك الحديدية بعد وقت معين لأن الاهتزازات المستمرة تدعو إلى بلورة المعدن مما يسبب الانكسار، كما أن ضربة شديدة على سور من الحديد الزهر تقصمه بسهولة لوجود ذلك التركيب البلوري فيه.

التعليق:

وهناك، غير حالة الدوبان في الماء أو في مذيب آخر، حالة الحبيبات السابحة في المذيب، فيقال عن الحبيبات المذكورة أنها في حالة "تعليق" ولفصلها عن السائل طريقتان: أولاهما ترك السائل ساكناً فتفصل الحبيبات تدريجياً إما بالصعود إلى أعلى إذا كانت أخف من السائل، أو بالهبوط إلى أسفل إذا كانت أثقل منه.

مسحوق الطباشير الناعم:

لتحضير هذا المسحوق اسحق قليلاً من الطباشير، ثم حرك المسحوق في الماء واتركه لترسب الحبيبات الثقيلة بعد وقت قصير، وتبقى الخفيفة معلقة في الماء، اسحب الماء مع معلقاته الخفيفة

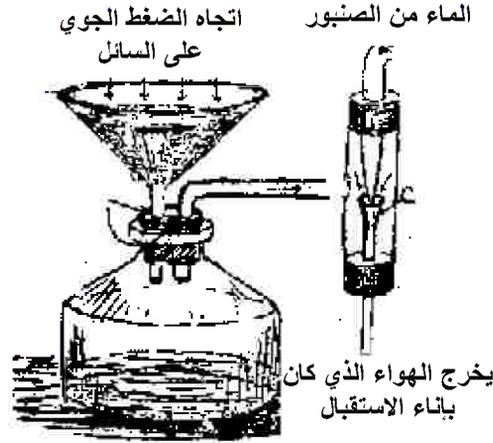
بالمص، واتركه ليستقر على مهل في أواني الترسيب، بعد ذلك اسحب الماء بواسطة المص واترك المسحوق الناعم ليجف بعد أن خلا من الحبيبات الخشنة التي قد تחדش ما يستعمل له.

الترشيح:

وثانية الطريقتين هي الترشيح، أي إمرار السائل في طبقة مسامية، ويمكن فصل الكميات الصغيرة من الملح عن الرمل بهذه الوسيلة، فيضاف الماء إلى الخليط، ويحرك هذا جيداً، ثم يصب على المرشح فنجد أن الرمل قد بقي فوق المرشح، بينما مر الملح الذائب في الماء ليجمع من أسفل، وبتبخير المحلول تحصل على الملح. ولإجراء عملية الفصل على نطاق واسع يجب استعمال طرق أسرع، إذ نلاحظ في الطريقة التي استعملناها للكميات الصغيرة أن مرور المحلول من المرشح يبطئ تدريجياً بمرور الوقت وذلك بسبب انسداد المسام شيئاً فشيئاً، وللتغلب على هذه الصعوبة استعملت في الصناعة مرشحات (التفريغ الهوائي).

مضخة الترشيح:

يتصل القمع كما ترى في الشكل بإناء الاستقبال بواسطة سدادة محكمة لها ثقبان، أحدهما للقمع والثاني للاتصال بالمضخة، وحين يفتح الصنبور يندفع الماء منه بشدة فيسحب الهواء من إناء الاستقبال، ليخرجا معاً في الاتجاهات المبيّنة في الشكل، وهنا يدفع الضغط الجوي السائل المراد ترشيحه فيسرع مروره إلى إناء الاستقبال.



مرشحات " الأكياس "

يحتاج الأمر أحياناً، كما في صناعة السكر، إلى فصل مواد لزجة، فنستعمل أكياس من أنسجة تختلف رقة أو خشونة حسب الحاجة، وتملأ بالسائل المراد ترشيحه، ثم تترك كي يرشح منها السائل ويحتجز الكيس المواد الصلبة، وواضح أن هذه الطريقة أبدأ مما يناسب المصانع، ولذا يستعمل المرشح الضاغط، وفيه تملأ الأكياس ثم توضع بين ألواح معدنية منبسطة بحيث يقع كل كيس بين لوحين، بعد ذلك يربط اللولب (القلاووظ) فيضغط الكيس بين اللوحين ويطرد السائل إلى خارجه، كذلك تستخدم الآلات المركزية الطاردة أحياناً لفصل المواد السائلة من الصلبة.

النقير:

تكلمنا حتى الآن عن فصل السوائل من الأجسام الصلبة، ولكن الكيميائي كثيراً ما يحتاج إلى فصل سائل من سائل آخر، فإذا كان السائلان هما الزيت والماء، لسهل الأمر، لأن الأول يطفو على سطح الثاني، وبذلك تسهل إزالته.

النقير الجزئي:

أما إذا كان أحد السائلين يذوب في الآخر، وجب على الكيميائي استخدام وسائل أخرى. فيستخدم مثلاً ما يعلمه عن أن لكل سائل درجة غليان خاصة، ولنفرض أننا نريد

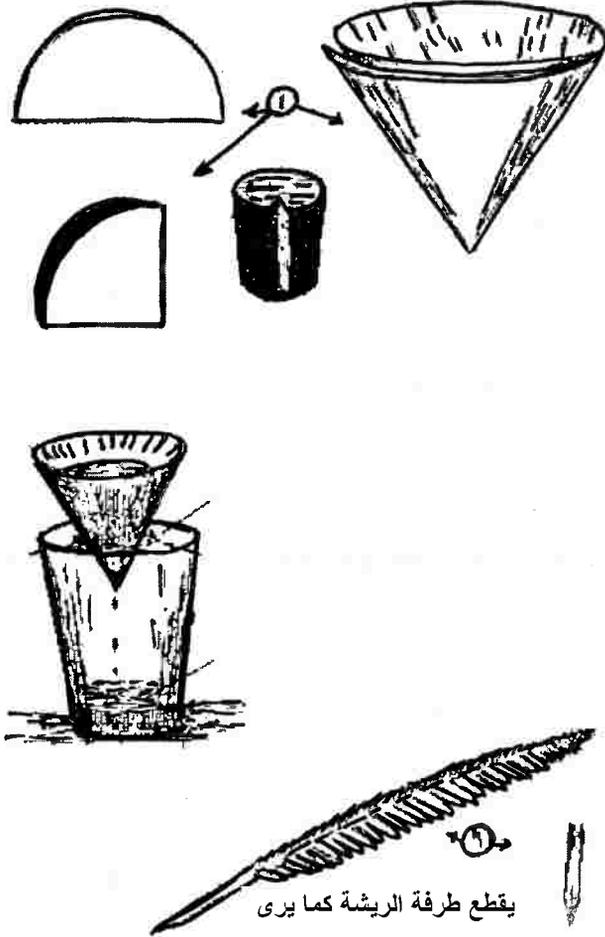
فصل الكحول من السائل المائي الذي يحضر عادة منه، أول ما يعمل هو ترشيح السائل، مما قد يكون معلقاً فيه، ثم يغلى السائل الصافي وبمرور البخار الناتج في مكثف، والكحول يغلى في درجة ٧٨ مئوية، أما الماء فيغلى في درجة مائة، وبذلك يغلى الكحول أولاً ويمر في المكثف، ثم يجمع في القابلة، وبالطبع لن يخلو هذا الكحول تماماً من الماء، فإن بعض أبخرة الماء ستخرج معه حتى في درجة ٧٨ درجة مئوية، ولكن الأغلبية الكبرى من الماء ستبقى، أما ما مر منه من الكحول فيمكن إزالته بواسطة الجير الذي سيمتص الماء وحده، ولا يؤثر على الكحول. ومع أن هذه أبسط حالة لفصل السوائل، إلا أن المبدأ يصلح لأي مزيج من سوائل عديدة تختلف درجات غليانها.

تدريب عملي:

- ١- حضر محاليل: من (أ) صبغة الكرنب المخمل (ب) صبغة القشرة الحمراء للفجل الرومي (ج) صبغة عباد الشمس، اغل كل محلول على حدة، رشحه، ثم احفظه في زجاجة لاستعماله "دليلاً" فيما بعد، ويمكن استخدام ورق النشاف العادي للترشيح، وذلك بقص قطع مستديرة منه، وتطوى على مركزها مرتين كما في الشكل، ثم تفتح الورقة بحيث يكون أحد جانبيها من طية واحدة والجانب الآخر من ثلاث طيات.
- ٢- حضر محلول مشبعاً من كل (أ) ملح البارود (ب) السكر (ج) الشب اغل في علبه من الصفيح ملء ملعقتي شوربة من الماء ثم أسقط فيه المادة المراد إذابتها شيئاً فشيئاً، حتى ينقطع ذوبانها واترك المحاليل لتبرد، وستجد في حالة (أ) أن البلورات سترسب في شبه كومة تبرز منها بلورات غريبة. علق في وسط (ب) قطعة نظيفة من الدوبارة، تجد أن البلورات تتراكم عليها وافعل كذلك في (ج) .
- ٣- للحصول على بلورات كبيرة من كبريتات النحاس: حضر من المادة محلولاً مشبعاً في كأس ثم صبه في صحن فنجان، وألق فيه بلورة من كبريتات النحاس، تجدها تنمو باستمرار بشرط تقلبيها يومياً.

- ٤- يذيب الأثير الدهون: (يجب إبعاد الأثير من أى هب عار إبعاداً تاماً). ضع في زجاجة صغيرة أو في أنبوبة اختبار قليلاً من الإيثير ومعه ثلاثة أو أربعة من عيدان ثقاب الشمع، رج الجميع معاً ثم لاحظ ما يحدث، صب قليلاً من المحلول على قطعة من الورق واتركه، ماذا يحدث بعد ربع ساعة؟.
- ٥- الكحول (أو السبرتو) كمذيب (أبعد الكحول عن أى هب): رج شيئاً من الصمغ مع السبرتو فيدوب، انشر المحلول بواسطة فرشاة على قطعة من الخشب، فماذا تلاحظ بعد جفافه؟
- ٦- يذيب البترين المطاط: ضع نتفاً صغيرة من المطاط الأحمر في غطاء علبه من الصفيح ثم أضف قليلاً من البترين يكفي لتغطيتها، كرر إضافة البترين كلما امتصه المطاط وانتفخ، تجد بعد يومين أنك قد حصلت على محلول المطاط المستعمل لإصلاح إطارات الدراجات... الخ.
- ٧- ماء التبلور: سخن قليلاً من مسحوق بلورات الزاج الأزرق في غطاء علبه من الصفيح لاحظ أن المسحوق سيبيض لفقدانه ماء التبلور، أسقط قليلاً من هذا المسحوق على ورقة نشاف رطبة، فماذا تلاحظ؟
- ٨- الحبر غير المنظور: حضر محلولاً مخففاً جداً لنترات الكوبلت، واكتب به خطاباً مستخدماً قلماً من ريش الطيور، لاحظ أن الكتابة تختفي عند جفاف المحلول "الحبر"، ولكنها إذا عرضت بعد ذلك لحرارة النار ظهر المكتوب مرة أخرى لتبخر ماء التبلور.
- ٩- دليل الجو: اصنع أجزاء الدليل المين في الشكل كما يأتي: سدادة من الفلين تقوم على قطعة من السلك وقد لصقت بأعلاها بندقة بالشمع الأحمر، الرداء من الورق الرقيق جداً بعد تشبيعه بمحلول نترات الكوبلت والذراعان من الورق المقوى وكذلك القبعة بقطر قدره سنتيمتران تقريباً، أما المظلة فقطرها ثمانية سنتيمترات تقريباً، استعمل

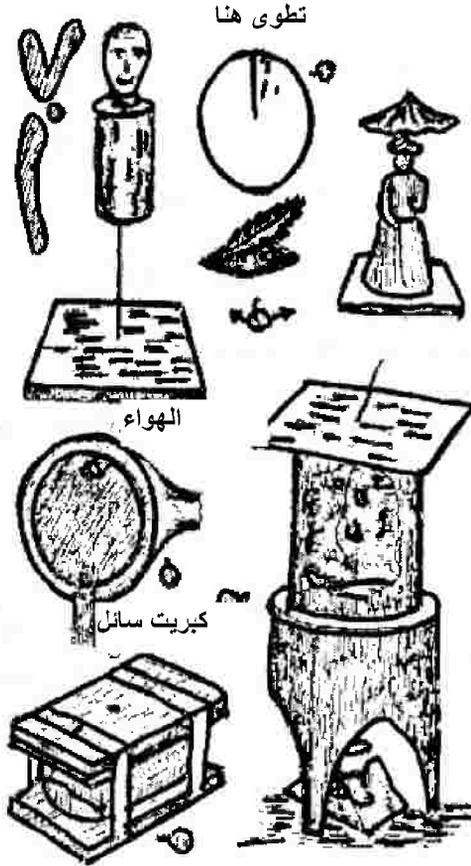
الصمغ العادي للصق واجعل يد المظلة عوداً من الخشب وثبته بالشمع الأحمر، لاحظ تحول لون الرداء إلى الزرقة متى جف الجو.



١٠- بلورات الكبريت: انظر الشكل تحت عنوان "جسر العمالقة".

١١- بلورات حامض البترويك: ضع في قاع علبة من الصفيح بعد نزع غطاؤها قليلاً من حامض البترويك ثم علق غصن نبات ما بواسطة بطاقة من الورق المقوى كما يرى في الشكل، سخن العلبة على الحامل، ولاحظ أن الغصن يتغطى بما يشبه الصقيع.

- ١٢- زجاج مصنفر: كما ذكر سابقاً مستخدماً كلوريد النشادر وقطعة من الزجاج بدل البطاقة والغصن فتتكون على الزجاج بلورات تشبه شكل أوراق نبات السرخس.
- ١٣- هل هناك مواد ذائبة في تربة الحديدية: اغل قبضة من التربة المذكورة مع قليل من الماء في علبه من الصفيح، ثم رشح سائل وهو ساخن، بخر قليلاً من الترشيح على غطاء علبه من الصفيح فهل تخلف عنه شيء؟ وما مغزى هذا؟



١٤- الترسيب: أضف قليلاً من محلول صودا الغسيل إلى محلول كبريتات النحاس، فماذا تلاحظ؟، كثيراً ما يستخدم الكيميائي هذه الحيلة للحصول على مادة جديدة، فالمادة الصلبة المتكونة لا تذوب في الماء ، ولذا يمكن فصلها بالترشيح.

١٥- لعمل المرشح الضاغط: احصل على ثلاثة ألواح من الخشب سمك الواحد منها نحو سنتيمتر واحد وطوله ١٥ سنتيمتراً بعرض قدره عشرة سنتيمترات، والمهم أن تتساوى الألواح طولاً وعرضاً، اقطع شريطين من الصفيح عرض كل منهما سنتيمتران، ثم لفهما حول الألواح الثلاثة مع ترك فضاء قدره خمسة سنتيمترات بين اللوحين الثاني والثالث كما يرى في الشكل، اثقب في اللوح (١) ثقباً يدخله لولب (مسمار قلاووظ) طوله خمسة سنتيمترات بعد أن أزيل طرفه المدب بالمبرد. وفي وسط اللوح رقم (٢) ثبت قطعة من الصفيح مساحتها نحو ثلاثة سنتيمترات لتستقبل طرف اللولب، رتب الألواح كما في الشكل تاركاً اللوح الأوسط سائباً، ضع كيساً مليئاً بورق النشاف المعجون بالماء بين اللوحين رقمي (٢، ٣)، ثم اربط اللولب بشدة تسبب ضغطاً على الكيس فينساب منه الماء تاركاً المادة الصلبة في داخله.

بعض خامات الكيمياء

عجائب:

قدمت أمتنا الأرض إلى الكيمياء منذ أقدم الأزمان كثيراً من تلك المواد الأولية التي أتى فيها بالعجيب من التغيرات، فمن غير الكيمياء يستطيع أن يتخيل أن هذا الألومنيوم الجميل يمكن استخلاصه من الطين؟ ومن غيره يفكر في الحصول على أشد الأصباغ تألقاً من ذلك القطران الكرية؟ على أن هاتين المادتين لا تعدوان أن تكونا مثلين فقط من آلاف العجائب التي يبدعها الكيمياء.

الملح:

لعب الملح - ملح الطعام- منذ الأزل دوراً بالغ الأهمية في الحياة. والواقع أن الحياة لا يمكنها الاستمرار بدونه، فالدم غني بالملح، وكذلك العضلات، فإذا حرمت من الملح أدركها الفناء، وقد عرض الكيميائيون الفرنسيون برهانهم على هذه منذ سنين عديدة، حين انتزعوا كل أثر للملح من الطعام المقدم لبعض المحكوم عليهم بالإعدام، فمات هؤلاء ميتة أشد هولاً من ميتة الجيلوتين.

الملح والمرتب:

والحيوانات آكلة النباتات إذا أعوزها الملح الكافي في طعامها الأخضر هرعت الأميال الطويلة إلى الكتل الملحة تلعبها، أما الحيوانات آكلة اللحوم، فتحصل على حاجتها من الملح بأكل العضلات.

وتستهلك الجزر البريطانية سنوياً أكثر من مليون طن من الملح كل عام أو نحو ٢٥^(١) كيلو جرام للشخص الواحد، وقد فطن الرومان لأهمية الملح فكانوا يدفعون للجندي جزءاً من مرتبه في صورة ملح الطعام حتى اشتقت كلمة مرتب بالإنجليزية *Salary* من كلمة ملح *Salt* باللاتينية، وحتى صار القول الإنجليزي عن لا قيمة له بأنه "لا يستحق ملحه" وقد سمع أكثر صبيان المدارس

(١) قد يبلغ هذا الرقم للمصريين ثلاثين كيلو جراماً.

عن أهمية مخازن الملح فيما مضى من الأزمان، حين كان يجلس النبلاء مع ضيوفهم فوق المخزن وتحل الخدم أسفله، ولا يزال الملح عملة للدفع في بعض بقاع أفريقيا كما تتركز بعض العادات حول تلك المادة.



الحصول على الملح بالتبخر من الحياض

يحكى أن رحالة يسمى ماركيجور (*Marcgrigor*) وقع في أسر زعيم عربي وهدته رغبته الملحة في الخلاص إلى دعوة آسرة لتناول شيء من السعوط، وما أن تناول الزعيم قبضة من علبة السعوط حتى أدرك أن الرجل قد مألها بالملح، ولما كانت تقاليد العرب تحرم اعتبار من يشاركهم الملح عدواً، فقد اضطر الزعيم أن يعامل أسيره معاملة الضيوف، وأن يمنحه الأمان.

البحث عن الملح:

منذ أقدم العصور كان سكان الغابات يهاجرون إلى شاطئ البحر سعياً وراء الملح، فكانوا يكشفون تلك المادة الثمينة من شقوق الصخور حيث تراكت فيها نتيجة لما قذفته فيها الرياح من مياه البحر. ونحن حتى الآن نحصل من البحر على كميات هائلة من الملح، فننشئ على الشاطئ حياضاً قليلة الغور، وبعد ملئها بماء البحر نتركه لحرارة الشمس ليتبخر منه الماء ويرسب الملح^(١). على أن هذه الوسيلة لم تعد كافية لحاجتنا الحالية، ففي اليابسة طبقات هائلة من الملح قد يرجع أصلها إلى قيعان بعض المحيطات التي جف ماؤها منذ أزمان قديمة، ثم دفنت تلك الطبقات من الملح

(١) تسمى هذه الحياض في مصر بالملاحات الموجودة منها بقرب الإسكندرية ورشيد.

تحت سطح الأرض خلال القرون الطويلة. ويوجد مثل هذه الطبقات في بعض البلاد حيث يحصل على الملح بطريق الحفر بالمواسير، فإذا ما وصلت هذه إلى طبقة الملح ملئت بالماء ثم ترك فيها لتذويب الملح، وبعد مدة يرفع المحلول الناتج إلى خارج الأرض بواسطة المضخات ويبخر بواسطة حرارة النار في أحواض قليلة الغور، تشبه الأحواض التي سبق الكلام عنها على مقبرة من البحار، والتي يستعاض فيها عن حرارة النار بحرارة الشمس، وقد حدث في بعض الحالات، لكثرة ما استخراج من تلك الطبقات الملحية، أن تشقق سطح الأرض ثم هبط مما سبب سقوط بعض المنازل في تلك الجهات، وضرورة الطرق غير صالحة الاستعمال كما يرى بوضوح في نورثويتش *Northwich* بمقاطعة تشتر بإنجلترا.



شقوق كبيرة بسطح الأرض في نورثويتش نشأت من استنفاد الصخور الملحية من الطبقات السفلى ونرى أمثال هذه المناظر كثيراً في النواحي التي يوجد بها الملح

بلورات الملح:

إذا أجرى تبخير الماء بسرعة من الحياض فقد تنتج العملية بلورات دقيقة جداً تصلح لمائدة الطعام، أما إذا تمت العملية في ببطء كانت البلورات كبيرة تصلح لتمليح الأسماك، وبلورات الملح عجيبة الشكل فهي عبارة عن مكعبات صغيرة، وقد يتجمع عدد منها أثناء البلورة فتشكل هرمماً مفرغاً.

إخراج الملح بالبحران:

في بعض بقاع الأرض يستخرج الملح دون الاستعانة بالماء، ففي سولت لايك ستي مثلاً *Salt Lake City* بالولايات المتحدة يتراكم الملح في طبقات هائلة على سطح الأرض، وتستخدم للحصول عليه محارث للملح على غرار محارث التربة في بلاد أخرى، كذلك يعدن الملح من طبقاته الصخرية الهائلة والواقعة تحت سطح الأرض بمئات الأمتار، وقد تكون أعجب تلك المناجم في العالم بناحية ويلييسكا *Wieliczka* بغاليسيا *Galicia* في ألمانيا حيث استخراج منها الملح لمدة تزيد عن ٦٠٠ عام، وقد شقت في صخور الملح الممرات والغرف العجيبة المضاءة بالكهرباء مما يبهر الناظر.

منافع الملح:

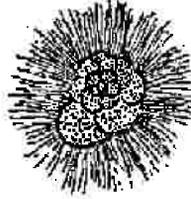
الملح هو المادة الأولية لتحضير مركبات الصودا مثل صودا الغسيل، وصودا الخبز، والصودا الكاوية، كما يستعمل الملح لتزجيج بعض أنواع الخزف الرخيص، ونعرف جميعاً فائدته في حفظ الأغذية، فالواقع أن طرق الحفظ الوحيدة تقريباً التي عم استخدامها فيما مضى من الأزمان لم تتعد التمليح والتدخين، وكانت المُرّونة العادية في السفن هي اللحم المملح، حتى ليعزى انتشار داء الأسقربوط بين البحارة إلى الملح الذي يدخل أجسامهم عن هذا الطريق، لذلك انتشر نفس المرض بين سكان اليابسة إذ كان علف الشتاء للماشية في تلك الأزمان محدوداً جداً في نوعه، وكانت الماشية تذبح قبيل الشتاء، ثم يخزل لحمها في محلول الملح، والمعروف أن الملح إذا زادت كميته تدخل في العمليات الحيوية، ولذا يقتل الجراثيم، ويحفظ اللحم من الفساد.

كربونات الكالسيوم أو الطباشير:

وهي أيضاً إحدى الخامات القيمة للكيماوى، وتوجد في الأرض بكميات عظيمة، متعددة الأشكال وأهمها الطباشير، وحجر الجير، والرخام، والمرجان، وقد أطلق يوليوس قيصر على إنجلترا اسم "البيون" أو الأرض البيضاء حين ما شاهد صخور دوفر البيضاء^(١).

فورامينيفيرا

إذا فحصت هذه المادة تحت المجهر ورددت مركبة من أصداف صغيرة جداً تخترق كلاً منها ثقوب دقيقة أو نوافذ تسمى باللاتينية فورامينا، لذلك أطلق على الحيوانات التي تسكن هذه الأصداف اسم فورامينيفيرا *Foraminifera*، وقد هلك الملايين العديدة منها ثم هبطت إلى قاع المحيط الذي كانت تعيش فيه، ولا تزال العملية مستمرة حتى الآن دون انقطاع، لتبنى مهداً من طين النضج المكون من هذه الأصداف الصغيرة التي تستلقى عليها أسلاك التلغراف البحرية الكبيرة، وكان من جراء تحركات الأرض أن رفعت ذلك الطين فوق الماء فكون تلك التلال الطباشيرية الممتدة أميالاً طويلة بيضاء في بعض البلاد، وتمو الحشائش على الطباشير، وعليها تعيش القواقع ثم تتغذى بها الأغنام وإليها تعزى جودة طعم ضأن تلك الجهات، كذلك يوجد نمو أشجار الزان على الأرض الجيرية، ومن خشبها تصنع الكراسي، فما أكبر التأثير الكيماوى للتربة على حياتنا اليومية.



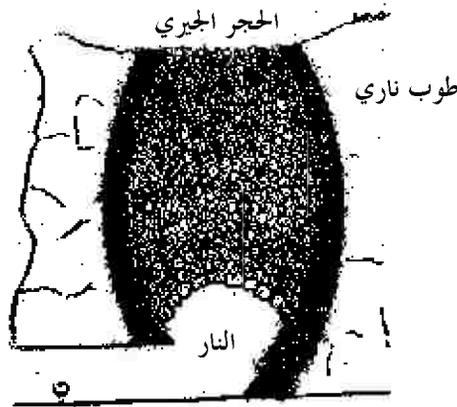
أصداف تخترقها آلاف النوافذ (فورامينا)

(١) ويوجد حجر الجير بمصر في سلسلة من التلال الممتدة على جانبي وادي النيل ومنها تلال المقطم بجنوب القاهرة.

ويستخرج الطباشير من محاجره لأغراض شتى، فتستخدم منه مع الطين كميات هائلة لصناعة الأسمت، وإذا ما سحق وخلط بالماء وقلب، طفت الحبيبات الخفيفة وبقيت معلقة، بينما هبطت الحبيبات الثقيلة إلى القاع فإذا سحبتنا الجزء الأعلى من السائل المحتوى على "التراب" الدقيق وتركناه يستقر لرسب منه مسحوق الطباشير الناعم.

الجير:

تحرق كتل الطباشير أو حجر الجير من القمائن فتتحول إلى الجير المستخدم في البناء ونرى القمائن البدائية أحياناً بجوار التلال الكباشيرية، ففي القسم العلوى من القمينة يوضع خليط من الطباشير والكوك، وفي أسفلها نشعل النار فتقوم حرارتها بالتغيير المطلوب.



حجر الجير:

تجرى خلال سلسلة البنين *Pennine Range*⁽¹⁾، وهي كتل صخرية تدعى بحجر الجير، ومع أنه أشد صلابة من الطباشير إلا أنهما من وجهة النظر الكيميائية لا يختلفان، ويستعمل الحجر المذكور بكثرة في أغراض البناء، ويمكن تحويله بالإحراق، كما في حالة الطباشير، إلى جير رمادى اللون، كما يتحول إلى هذا الجير نفسه، وبالإحراق أيضاً، حجر ثالث يسمى الحجر الجيري الجبلى،

(1) أو المقطم في مصر.

غير أنه يحتوي على كربونات المغنسيوم إلى جانب كربونات الكالسيوم الموجود في طباشير الدونز، والجير الناتج عن هذا الحجر أقل نفعاً من سابقه.

المرجان واللؤلؤ:

وصخور المرجان التي تزخر بها المحيطات الدائمة⁽¹⁾ ما هي إلا شكل آخر من حجر الجير. حيث يبني صخر المرجان من متخلفات الآلاف من الأحياء المرجانية، كما أن كثيراً من جزر جنوب المحيط الهادى لا يتركب إلا من دائرة من الصخور المرجانية تحتضن في وسطها بحيرة أو منخفضاً من الماء، وفي المواضع المحمية من المياه قد يوجد محار اللؤلؤ، وما اللؤلؤ إلا صورة أخرى عجيبة من صور كربونات الكالسيوم، ففي صدفة المحار تدخل حبة حادة الجوانب من الرمل فيتهيج لحم المحار الفضى، ويعجز المحار عن طرد تلك الحبة الخبيثة فيفرز لتغطيتها طبقة بعد طبقة من كربونات الكالسيوم، وتتراكم الطبقات متوالية، فتنتج اللؤلؤة، وللحصول على لؤلؤة واحدة يتعين صيد عدد كبير من المحار.



البحث عن اللؤلؤ

للحصول على لؤلؤة واحدة يفنى عدد كبير من المحار

(1) أو البحر الأحمر.

منافع الجير:

من أكثر الصخور نفعاً على وجه البسيطة كربونات الكالسيوم في أشكاله المتعددة، والتي ترجع جميعاً في أصل تكوينها إلى الحيوان، فهي تستخدم في صورة الرخام للبناء، وتحرق إلى الجير الحى ذى المنافع العديدة، فيضاف إلى الأرض الحامضية لاستصلاحها، كما يدخل في صناعة المونة، ولقطة الجير الحى عند خروجها من القمينة خواص غريبة، فهي إذا وضعت في جفنة وأضيف إليها ثلث حجمها من الماء تصاعد منها البخار، وانتفخت إلى حد كبير ثم استحالت تراباً، وتسمى حينذاك بالجير المطفأ، وللجير الحى دائماً شراهة للرطوبة فيمتصها ويخرج حرارة عالية، وقد يذكر القارئ كيف اصطف الأسطول الإنجليزي (معركة سلايز *Sluys* عام ١٣٤٠) تحت قيادة هيوبرت دو براه *Hubert de Burgh* في مهب ريح السفن الفرنسية يقذفها بتراب الجير الحى، وكيف حملت الريح هذا التراب إلى وجوه البحارة الفرنسيين تحرقها وتعميهم، وتعتبر هذه الواقعة من أقدم أمثلة الحرب الكيماوية.



على ظهر سفينة من صائدات اللؤلؤ بعد صيد جيد

ويضاف الجير المطفأ المسحوق إلى الرمل لصناعة المونة، ومن فوائد الرمل هنا الحيلولة دون انكماش المونة تحت ثقل الطوب التي استخدمت لربطه معاً.

خرطيش الجير:

ويستخدم الجير الحى في مناجم الفحم أيضاً لتكسير الفحم، إذ يصنع خرطوش من الجير ويوضع في ثقب فتح في كتلة حائط الفحم ثم يدفع الماء في الخرطوش، فينتفخ ويفتت الفحم في هدوء مع تجنب الخطر الذى قد ينجم من استعمال المفرقات.

البوتاسا:

والبوتاسا أو كربونات البوتاسيوم كما تسمى أحياناً، مادة كيميائية أخرى استخدمت في أزمان طويلة، ويمتص النبات عنصر البوتاسيوم من التربة، حتى أن القدماء يحرقون النباتات ثم يغلى رمادها مع الماء في حلة حديدية، ويفصل السائل من الرماد ثم ييخر لتبقى بالحلة كتلة مبيضة اسمها "رماد الحلة" ولهذا الرماد ملمس صابونى متى بلل بالماء، ولذا استعمل محل الصابون للتنظيف حقبة طويلة من الزمن، وبما أن عنصر البوتاسيوم غذاء ضرورى للنبات فقد استخدمه الزراع سماداً، كما استخدم أحياناً كربونات البوتاسيوم نفسها، وفي أحيان أخرى تضاف المواد النباتية إلى التربة وتحترق فيها، وبانتهاء انحلالها يخرج منها عنصر البوتاسيوم غذاء للنبات.

ملح البارود:

يوجد هذا الملح أو سالتيتير *Saltpetre* في تربة البلاد الدافئة حيث عرف منذ أكثر من ألف سنة، وهو سهل الذوبان في الماء، فتغسل التربة الحاوية له وتصفى وييخر المحلول الصافى للحصول على الملح في بلورات إبرية طويلة من نترات البوتاسيوم، وقد استخدم الملح المذكور كثيراً في الماضى لصناعة البارود، وأعواد "الثقاب البطئ" وهى عبارة عن خيط القنب المبلل في الملح المذكور ويأشعاله يحترق على مهل، ويمكن أن يشتعل بلهب إذا أردنا، وذلك بالتهوية عليه، وقد استعمل هذا الملح، بديلاً من الملح العادى لحفظ اللحوم دون أن يتلف كثيراً من لون اللحم.

بيريت الحديد:

إذا فتننا قطعة من الفحم شاهدنا بها كثيراً من الأحوال ؛ مادة صفراء برونزية اللون ذات بريق معدني يسمونها بإنجلترا "ذهب الأحق" إذ هي عبارة عن مادة مركبة من الحديد والكبريت تسمى بالبيريت *Pyrites*.

وتوجد هذه المادة أحياناً بكثرة، وبنأى عن الفحم، في شكل بلورات مكعبة، وقد استعملها الاسكيمو قروناً طويلة مع الكواتز للحصول على النار بحكمها معاً ثم إسقاط الشرارة الناتجة عن الطحلب الجاف، حتى إذا ما مسكت به اشتعل، وتستورد الآن من أسبانيا كميات كبيرة من البيريت لصناعة الزجاج، الذي إذا عرض للهواء الرطب تحول لونه إلى الأخضر، وأعطانا الزجاج الأخضر، والذي كان مصدراً لصناعة الزجاج في الكيمياء القديمة، وكثيراً ما يستعمل الزجاج الأخضر محلولاً لتجديد رونق طوب المنازل، إذ يستحيل لونه إلى لون الطوب عند تعريضه للهواء.

الزجاج الأزرق:

وهو مادة أخرى تشبه الزجاج الأخضر، وجدها الكيميائيون القدماء في مجارى المياه الخارجة من مناجم النحاس، ومن الزجاج الأزرق يمكن تحضير النحاس بسهولة كما رأيت من قبل. ويستعمل الآن الزجاج الأخضر والزجاج الأزرق، لطرد الجرذان والفتران وذلك برش المادة حول مأويهما.

الكبريت:

يوجد الكبريت أو الحجر المحترق أو الـ *Primstone* كمادة صفراء في المناطق القريبة من البراكين، فيعدونها في صقلية كما يعدن الفحم، وكان الكبريت مطلوباً بكثرة في عصر الكيميائيين القدماء، فقد استخدم في صناعة البارود كما استخدم ملح البارود، ولعلك قد سمعت أن بيزارو *Pizarro* وجنوده قد استندوا في رحلاتهم كل ما كان لديهم من البارود، فانعدمت فائدة بنادقهم التي تعمل بالصلب والحجر الصوان، وكانوا قد جمعوا

ملح البارود من سهول بيرو إبان مرورهم بها، فعمدوا إلى تسلق بركان كوتوباكسي *Cotopasci* الهائل للحصول على الكبريت وأدلوأ أحد رجالهم في سلة إلى داخله فقد يستطيع جمع بعض الكبريت من حيضانه حتى يتسنى لهم بذلك صنع ما يريدون من البارود، ولا يزال الكبريت مطلوباً حتى الآن لصناعة الثقاب وكذا لصناعة المطاط الجامد.

الكوارتز:

يتركب الجرانيت، كما يعلم القارئ، من ثلاثة أشياء- الميكا، والفلسبار والكوارتز، وللأخير اسم آخر هو البلور الصخري، إذ يوجد بمنأى عن الجرانيت في شكل بلورات، والبلورات الكاملة الصورة نادرة في الطبيعة نظراً لتكوها مزدحمة معاً. وبلورات الكوارتز الكاملة منشورية الشكل ذات ستة أضلاع ينتهي طرفاها بهرم، وهي صلبة حتى أن سكيننا من الصلب لا يخدشها، وهي صافية قد يشوبها لون خفيف، وما الجمشت (الأميشت) الذي نراه عند تاجر الجواهر إلا كوارتز وردي اللون، كما أن الكيرنجورن *Cairngorn* كوارتز أصفر، وبتفت الكوارتز إلى حبيبات صغيرة جداً من الرمال التي تنتشر على سطح البسيطة. فإذا اندمجت هذه الحبيبات بعضها ببعض كونت الحجر الرملي الذي يكثر استخدامه في رصف الشوارع.



بلورات الكوارتز

والرمل نافع جداً للكيمياوى، فمنه يصنع الزجاج بعد خلطه بمواد أخرى، بل منه وحده بعد صهره في درجة حرارة عالية جداً يصنع الزجاج الذى يمكن تسخينه وتبريده بسرعة دون أن ينكسر، والكوارتز، أو السيليك، أو ثانى أكسيد السيليكون إذ هي أسماء متعددة لشيء واحد - كثيراً ما صاحب الذهب والمعادن الثمينة الأخرى في الطبيعة، ويتعين إذا للحصول على المعدن فصله من الصخر الموجود فيه.

حجر الصوان:

أشبه شيء بالإسفنج المتحجرة، وتتخلل طبقاته الطباشير، فقد نمت بقاع البحر عند تكون ذلك الطباشير، وما الصوان إلا شكل آخر من الكوارتز، وبما أنه عبارة عن سيليكات نقية فإنه يصهر مع مواد أخرى لصناعة الزجاج الصوان، وهو المستخدم في عدسات المجاهر والنظارات، وقد لعب الصوان في العصر الحجري دوراً مهماً جداً، إذ به قدحت النار، ومنه صنعت الآلات الحادة كالسكاكين، والفؤوس، والسهام.

وهناك بالطبع مئات من الأشياء الأخرى التي تكون جزءاً من سطح الأرض والتي يستخدمها الكيميائي من وقت إلى آخر، ولكن هناك واحداً من هذه الأشياء يجب أن لا يفوتنا ذكره هنا.

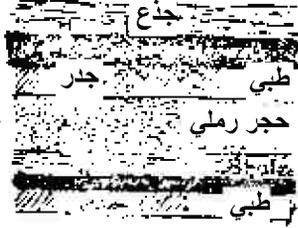
الفحم:

قد يكون الفحم أهم المواد الأولية التي يستخرجها الكيميائي من الأرض في الوقت الحالى. وفي الأزمان الخالية التي لا يحيط بها الحصر، نمت نباتات السرخس الضخمة والطحالب وذيل الحصان فازدهرت بالمستنقعات الشاسعة الرقعة على مقربة من مصاب الأنهار، وبمحاذاة حواف البحار والبحيرات المنقرضة، ثم سقطت النباتات وماتت، وقديماً قبل أن يطاء الإنسان هذه الأرض بأزمان طويلة سطعت الشمس على هذه الأشجار الهائلة في جو كان بالغ الرطوبة، فنمت هذه النباتات بغزارة منعدمة النظر في الوقت الحالى، اللهم إلا بعض نباتات المستنقعات التي تتركش شواطئ البحار وأفواه بعض الأنهار الاستوائية العظيمة، ولعله كان منظرها مملاً أن ترى غابات واسعة، بلا زهرة واحدة تزينها، فقد كانت

كل نباتات عصر الفحم عديمة الأزهار، وفي خلال العصور التي لا يحيط بها العدنمت النباتات الكثيفة، ونضجت ثم ماتت، مكونة بذلك مهاداً لنباتات أخرى ترفع أجسامها الجديدة على رفات القديمة.

كيف تكون الفحم:

إذا حدثت إحدى تلك التحركات الغامضة لقشرة الأرض، فهبطت الأدغال المتبلدة تحت وطأة الأمواج المتقدمة التي حملت معها تلك الكتل النباتية ثم دفنتها تحت طبقات متوالية من الرمال والطين. وكلما مضت السنون كلما غاصت الأدغال، وزاد تراكم الرمال والطين عليها، ويتأثر ضغط الطبقات الأرضية عليها انتابت الأشجار والنباتات القديمة تغيرات تدريجية غامضة أحالتها في النهاية إلى طبقة هائلة من الفحم، أو كما أسموها قديماً إشعاع الشمس المختزن من الأزمان السحيقة الماضية.



غرف الفحم

ويكاد يكون من المقبول الآن أن هذه هي الطريقة التي تكونت بها عروق الفحم، إذ أن جذور تلك الشجار الضخمة من الأزمان الغابرة لا تزال ترى في مكانها من الطين الحامل لعروق الفحم، كما أن الجذوع لا تزال آثارها ظاهرة في طبقة الطفلة، وذلك بعد أن هبط أساس الغابة تحت البحر، وكثيراً ما وجدت أوراق نبات شبيهة بأوراق نبات السرخس الموجود بالأرض الآن، كما عثر على الملايين من بذور الطحالب الضخمة التي تعود إلى تلك الأزمان وذلك في أي كتلة تتناولها من كتل الفحم.

الفحم كوقود:

لا نعلم بالتحديد تاريخ معرفة الإنسان بالفحم، وبما أن في لانكشين بإنجلترا مناطق يظهر فيها الفحم على سطح الأرض فلا بد أن يكون الإنجليز القدماء قد استخدموه، كما أن الرومان قد استخدموه بالتحقيق حين كانوا هناك، وكذلك الساكسون في أيامهم، وتدل وثيقة من أقدم الوثائق على أن هنري الثالث قد منح حق بيع الفحم لأهالي نيوكاسل في عام ١٢٣٩. وجلى أنه لم يكن وقوداً محبوباً في تلك الأيام حين لم تكن المداخن معروفة. فالواقع أن الشعب قد اشتكى إلى إدوارد الأول واعترض على استعمال الفحم بوصفه شيئاً كريهاً، وفي حكم الملكة اليزابيث الأولى صدر أمر بمنع استخدامه كما قدم أهالي لندن طلباً إلى البرلمان في عام ١٦٤٩ بمنع استخدام الفحم لما يسببه من الروائح الكريهة عند احتراقه.



انطباع ورقة نبات السرخس على الفحم

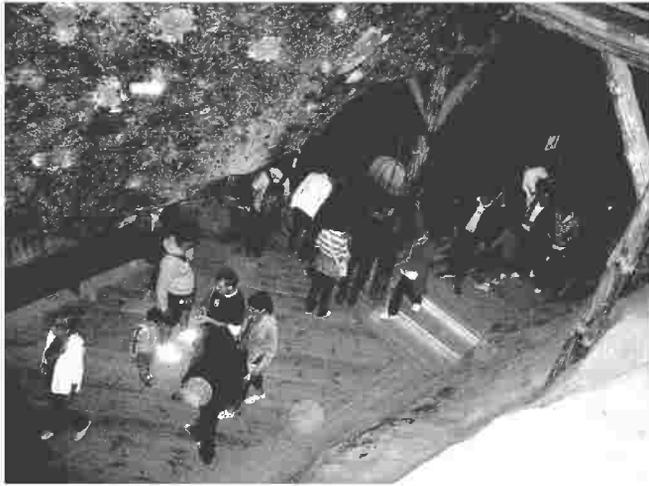
ولما انتشر استعمال المداخن في المائة سنة التالية انتشر معها استخدام الفحم، كما كثر تعدينه، وقام النساء في إنجلترا بالقسط الأكبر من العمل، أما في اسكتلندا فكان عمال المناجم عبيداً للأرض لا يملكون حرية التنقل من منجم إلى آخر، ولكنهم خاضعون لنظام التبادل أو المقايضة بواسطة أسيادهم، ويحكى أن شاباً صاحب منجم كان في زيارة منجم صديق له فقال له الدليل: إنني أذكرك جيداً، فهل تذكرني أنت: لقد أبدلني أبوك بمهر.

استعمال الفحم وقوداً بالمدن

كانت المناجم سيئة التهوية، وكان الفحم يرفع إلى السطح برافعات تدار باليد، أما الآن فالتهوية في المناجم جيدة، ويرفع الفحم ويحمل بالآلات الكهربائية، أما استخدام الفحم وقوداً بالمدن فلا يزال مصدراً للمتاعب، فالدخان والغازات الكريهة الرائحة المنبعثة من إحراقه تنطلق إلى الجو فتفسده، كما يجعل الضباب بمدن إنجلترا الكبرى أفتق وأثق لما ينطلق فيها من الهباب باستمرار.

منافع الفحم:

لا تقتصر منافع الفحم بعد استخدامه من الأرض على إمدادنا بالوقود في أشكال مختلفة كالكوك لصناعة الصلب، والفحم وغازاته لإنتاج الحرارة، ولكن هذه المنافع تمتد - بفضل الكيميائي الحديث - إلى إنتاج القطران لرصف الطرق، والمخصبات للمحاصيل الزراعية، وأعجب الأصباغ الالامعة التي عرفها العالم حتى اليوم.



داخل منجم فحم حديث في ويلز الجنوبية



تطبيق عملي

- ١- بلورات الملح: حضر محلولاً مركزاً من ملح الطعام واتركه ليتبخر على مهل في صحن فنان، افحص البلورات وارسمها.
- ٢- مسحوق الطباشير الناعم: اسحق جزءاً من الطباشير إلى أنعم ما يكون التراب، ضعه في كأس من الماء ثم حركه بقضيب رفيع من الخشب، فإذا استقر في القاع الأجزاء الخشنة نسبياً من المسحوق فاسكب الجزء العلوي اللين في كأس أخرى كما ترى في الشكل. اترك هذا السائل ليستقر تماماً ثم اسكب في المحلول الصافي أكثر ما تستطيع، واترك المتبقى ليحجف.
- ٣- لتحضير الجير: خذ قليلاً من الطباشير أو مسحوقه الناعم، ثم خذ علبه من الصفيح لا لحام فيها وأثقب بقاعها بضع ثقوب بواسطة مسمار واربطها في أعلى بأنشطة من السلك كما ترى في الشكل، ضع الطباشير في العلبه، واغمرها في نار متقدة، انفخ النار بمنفاخ لمدة ١٥ إلى ٢٠ دقيقة، ثم اسحب العلبه واتركها لتبرد، افحصها الآن، تجد أن الطباشير قد تغير إذ تحول إلى جير.
- ٤- طفي الجير: ضع قطعة من الجير الحى بحجم الجوزة في غطاء علبه من الصفيح ثم أضف إليها نحو ثلث حجمها من الماء وراقب ما يحدث.

- ٥- خرطوش الجير: خذ صندوقاً صغيراً من الصفيح ذى غطاء يقفل بالضغط، اتقب بضع ثقوب في قاع الصندوق ثم املاه بالجير وأقفله بإحكام، ضعه قائماً في غطاء علبة من الصفيح قد ملئ، وراقب ما يحدث.
- ٦- عجينة الجير والمونة: خذ شيئاً من الجير المطفأ، الناتج في ٤ واصنع منه عجينة من الماء في غطاء من الصفيح، ثم اقسم العجينة قسمين، اخلط مع أحدهما رملاً، ثم اتركه حتى يجف مع القسم الآخر، جنباً إلى جنب، على قطعة من الزجاج، لاحظ أيهما يشقق قبل الآخر.
- ٧- ماء الجير: رج قليلاً من الجير المطفأ مع الماء في زجاجة ثم اتركها بعض الوقت، رشح السائل وقد صار صافياً تقريباً، فالترشح هو ماء الجير الذى يستخدمه الكيميائى كثيراً.
- ٨- البوتاسا: قطع بعض سوق وأوراق نبات عباد الشمس إلى أجزاء صغيرة وأضف إليها البذور، ثم سخنها إلى درجة الإحراق في غطاء علبة من الصفيح، اجمع الرماد واغله في الماء، رشح السائل وبخر المترشح في غطاء صفيحى، تجد راسباً أبيض من البوتاسا، رطبه ببعض الماء واحظ ملمسه الصابونى.
- ٩- ملح البارود: سبق شرحه
- ١٠- البيريت: اجمع بعض حبات ذهب الأحمق من الفحم وضعها في صحن فنجان مع بعض الماء حتى يغطيها، جدد الماء بين الفينة والفينة كلما تبخر منه شيء ، نجد أن الماء قد صار أخضر اللون بعد بضعة أيام، بسبب الزاج الأخضر الذى تكون في المحلول.
- ١١- الزاج الأخضر: أذب مسحوق بلورة من كبريتات الحديد (الزاج الأخضر) في الماء وانشرها على قطعة من الورق، اتركها ثم لاحظ ما يحدث.
- ١٢- الزاج الأزرق: سخن جيداً بلورة منه في غطاء من الصفيح، فماذا تلاحظ.
- ١٣- الكبريت: ضع قليلاً من الكبريت على قطعة من الصينى ثم أشعله لاحظ السهولة التى بها يحترق، ولون الشعلة، والرائحة المتصاعدة، ألق بالسائل المتكون في إناء من الماء قبل أن يسيل من قطعة الصينى.

الأحماض والقلويات والأملاح

الأشياء ذات الطعم اللاذع [الحامض]:

يتذوق أغلب الناس بين وقت وآخر الليمون الحامض، أو البرتقال الحامض أو العنب الحامض أو التفاح الحامض أو اللبن الحامض أو النيذ الذى له طعم الخل. ويعزى الطعم اللاذع فى جميع هذه الحالات إلى ما يسميه الكيميائى بالحامض، ففى الليمون حامض الليمونيك، وفى التفاح حامض المالك، وفى اللبن حامض اللبنيك، وفى النيذ حامض الخليك، ويعرف الكيميائى أحماضاً عديدة جداً، وهذا الطعم اللاذع صفة مشتركة بينها جميعاً، كما أن لها خواصاً أخرى مشتركة أيضاً، فهى قارضة تأكل المعادن، فإذا قطعت تفاحة بسكين عادية، لرأيت بعد وقت قصير آثار قرص الحامض فى نصلها، وإذا ترك الخل فى وعاء نحاسى لقرص المعدن المذكور، وتنتج عن ذلك مادة خضراء شديدة السمية تسمى الزنجار.

الحفر على المعادن:

وتستغل الخاصية المذكورة فى الحفر على المعادن، ولو أن الأحماض المستخدمة لهذا الغرض أكبر قوة وقرصاً من جميع الأحماض التى ذكرناها حتى الآن، وأقوى الأحماض لهذا الغرض هو ما سماه القدماء زيت الزاج، أو حامض الكبريتيك كما نسميه الآن، فخواصه القارضة شديدة جداً، وروح الملح أو ما نسميه الآن حامض الهيدروكلوريك حامض قوى جداً هو الآخر، وكذلك حامض النيتريك أو "الماء القوى" كما سماه القدماء.

زيت الزاج:

حضره القدماء سائلاً زيتى الشكل، من بلورات زجاجية الشكل هى الزاج الأخضر، مركبة من الحديد والزاج. فإذا سخنت هذه البلورات الخضراء فى وعاء فخارى ذى رقبة طويلة ملتوية (معوجة) لنفتت أبخرة بيضاء ثقيلة خانقة تذوب فى الماء لتنتج محلول زيت الزاج.

روح الملح:

ولما حصل الكيميائي على هذا الزيت أخذ يجرب تأثيره على مواد عادية شتى، وكان من هذه التجارب تسخين الملح العادى مع الزيت المذكور فى معوجة من الفخار، فحصل على أجرة بيضاء ثقيلة ذابت فى الماء بسهولة ظاهرة، وأنتجت مادة حامضية جديدة هى روح الملح أو كما تسمى الآن حامض الأيدروكلوريك.



ثم سخن الكيميائي فى تجربة أخرى ملح البارود (نترات البوتاسيوم) مع زيت الزجاج فى معوجة أيضاً، فحصل على حامض آخر جديد يدبغ الجلد والأظافر بلون أسمر أو أصفر، وإذا ما سقط على المعادن العادية كالحديد أو الحارصين أو النحاس كان فعله عنيفاً وأخرج غازات خانقة وسمى الحامض الجديد "الماء المقوى" ونسبته الآن حامض النيتريك.

كيف نعرف الأحماض:

من بين الخواص المشتركة لجميع الأحماض إحداثها فوراناً متى صببت على المواد المسماة بالكربونات وقد عرفنا منها صودا الغسيل، وصودا الخبز، والرخام والطباشير، وسيرى القارئ هذه الظاهرة بنفسه إذا ألقى ببضع نقط من الخل على الصودا، أو بشيء من عصير الليمون على قشرة البيض.

القرض أو الناكذ:

بما أن الجو يجوى آثاراً من الأحماض مثل حامض الكربونيك الناتج من تنفس الحيوان والنبات، وحامض النيتريك الذى يتكون بعد عواصف الرعد مباشرة، فإن أحجار المباني يتآكل بالتدريج ما فيها من الكربونات، وتلاحظ هذه الظاهرة بوضوح فى المدن الكبرى حيث يتخلف فى جوها الحامض الناتج من احتراق الفحم المحتوى على الكبريت بجانب ما ذكرنا أعلاه من الأحماض الأخرى، ويضع المهندس المعماري هذه الحقائق نصب عينيه عند اختيار الأحجار لما يتولى تشييده من مبان.

تغيير الألوان "الدلائل"

للأحماض خاصية عجيبة هى تغيير ألوان بعض المواد النباتية الملونة، ولعلك قد لاحظت أن كرنب التخليل الأرجوانى اللون إذا قطع وأضيف إليه الخل - وهو حامض الخليك الضعيف - استحال لونه إلى أحمر زاه بفعل الحامض المذكور، الذى أحال الصبغة الأرجوانية إلى حمراء قرمزية تقريباً، ويمكنك استخدام الخلول الأرجوانى الذى حصلت عليه (سابقاً) للكشف على المواد الحامضية، إذ لو أخذت منه قليلاً فى كأس ثم أضفت إليه ماء ملعقتين من الخل لرأيت فى الحال تغير اللون الذى وصفناه، فالسائل الأرجوانى إذا "دليل" تكشف به عن الأحماض، وأحد الدلائل التى يستعملها الكيميائى بكثرة فى العادة هى خلاصة عباد الشمس، وهى ذات لون بنفسجى أزرق، يتقلب فى سرعة بالأحماض إلى اللون الأحمر، وهناك من الدلائل ذات الأسماء الطويلة الفينول فيثالين *Phenol Pthalene* الذى تغير القلويات لونه إلى الأحمر، والميثيل البرتقالى *Methyl Orange* لأن محلوله المائى ذو لون برتقالى يتحول بالأحماض إلى الأحمر الوردى وبالقلويات إلى الأصفر.

القلويات:

وهناك قسم كبير آخر من مواد كيميائية فى غاية الأهمية تدعى بالقلويات، وقد أطلق اسم القلوى أول ما أطلق على رماد نتج عن حرق أعشاب البحر، إذ كان محلوله فى الماء

صابونى الملمس كما فى حالة البوتاسا، ولا تقرض القلوويات المعادن عادة كما تفعل الأحماض، ولكنها تلاشى حامضية المواد الحامضة، والجير من أكثر القلوويات شيوعاً، ويحصل عليه كما علمت من تسخين الطباشير، والقلويات، كالحوامض تؤثر على الدلائل، ومن اليسير إعادة أى دليل إلى لونه الأسمى بواسطة القلوى، إذ كان قد غير هذا اللون حامض ما، وتستطيع مشاهدة ذلك بوضع قليل من دليل عباد الشمس مثلاً فى كأس ثم إضافة عصير الليمون إليه فينقلب لونه إلى الأحمر، فإذا أضفت الآن إلى المحلول شيئاً من ماء الجبل وقلبتة معه لاستعداد عباد الشمس لونه الأزرق.

تأثير مدهش:

يحكى أن عالماً مشتهراً أعلن أنه سيذهب إلى مأدبة ما، وأن لون ملابسه ستتقلب أحمر كالدّم فى نهاية المأدبة! ووصل العالم إلى قاعة المأدبة حيث استقبله مضيفه الأمير فى ملابس بيضاء ناصعة، فسترته بيضاء، وقميصه أبيض، وربطة عنقه بيضاء، وسرواله أبيض، وشرابه أبيض، وكذلك حذاءه، وما كاد الطعام ينتهى حتى كانت ملابسه جميعاً حمراء كالدّم، وتحقق بذلك ما وعد، ولا ندرى بالضبط كيف تم الأمر، فله سر لم يبح به ذلك العالم قط. ولكن المظنون أن ملابسه البيضاء كانت قد غمست جميعاً فى عصير البنجر، ثم فى ماء الجير الذى ذهب بلون البنجر، وفى جو قاعة المائدة ينبعث كثير من غاز حامض الكربونيك نتيجة ازدحامها بالناس، واستعمالهم لمقادير كبيرة من النيذ، مما يلاشى تأثير ماء الجير، ويعيد إلى عصير البنجر لونه الأسمى الأحمر، ولذلك لم يكن هذا الحديث المثير إلاّ عرضاً بسيطاً لحقيقة كيميائية بسيطة، ويستعمل الحواة فى ألعابهم كثيراً من أمثال هذا وسيجد القارئ منها واحداً أو اثنين فى التطبيق العملى لهذا الموضوع.

النعال - الأملاخ :

والدلائل فى منتهى الأهمية للكيمياء، فهى تدل على إتمام التغير الكيمياءى، فقد قلنا أن القلوويات تلاشى حامضية الحوامض، ولكن كيف لنا أن نعرف أننا أضفنا الكمية اللازمة

بالضبط من القلوى لإتمام المطلوب؟ اعصر في كأس صغيرة قطرات من عصير الليمون واتبعها ببعض الماء ثم بقطرات من دليل عباد الشمس الأزرق ترى أنه يحمر في التو. فإذا أضفت الآن كميات صغيرة من ماء الجير الصافي إلى ما بالكأس على مهل ومع التقليب الجيد دائماً فإنك ستصل إلى النقطة التي يعود فيها اللون الأحمر إلى الأزرق. وعندها يجب في الحال وقف إضافة ماء الجير، فقد أضفت منه الكمية اللازمة فقط لمعادلة أو ملاحظة الحامض، والواقع الصحيح أنك أضفت زيادة طفيفة جداً لأن اللون الأزرق دليل على وجود القلوى بكمية تزيد عن كمية الحامض، وهذه العملية تحدث باستمرار في جميع مصانع الكيمياء والكبرى، فالقلوى "قتل" الحامض، وإحدى نتائج ذلك هي تحضير الملح.

وإذا كان الملح الناتج من عملية التعادل غير ذائب في الماء، كما في هذه الحالة التي فيها تتكون ليمونات الكالسيوم، فيمكن ترسيبه والحصول عليه بالترشيح، أما إذا كان الملح الناتج من العملية ذائباً في الماء فسيبقى في الماء، ويمكن تخليصه منه طبعاً بالتحضير، ومن أهم القلويات شيوعاً في حياتنا اليومية الجير، والصودا الكاوية، والبوتاسا الكاوية، والنشادر.

قرص النمل ولسع النحل:

ويسببهما حقن الحشرة للجلد بحامض النمليك، ولكن نقطة من محلول النشادر المخفف تعادل الحامض المذكور فيخفف الألم كثيراً.

المواد المتعادلة:

وإلى جانب الأحماض والقلويات توجد مواد لا تأثير لها على الدلائل مطلقاً، ومنها الماء والكحول، والبتروول والسكر... الخ، وتسمى بالمواد المتعادلة.

نطبيق عملي:

(ملاحظة: لا تجبذ في هذه المرحلة أن يحضر القارئ بنفسه كميات محسوسة من الأحماض، وخير له أن يحصل عليها بطريق الشراء، فالأحماض مواد في غاية الخطورة لمن لا يتناولها في حرص وعناية زائدتين).

- ١- تحضير حامض الكبريتيك: بطريقة الكيمائيين القدماء.. سخن الزجاج الأخضر في بطن غليون من الفخار، ثم عرض للأبخرة البيضاء المتصاعدة قضيياً أو قطعة من الزجاج مبللة بالماء، قلبها في ماء نصف فنجان من الماء ثم ذق الخلول بطرف لسانك، فماذا تلاحظ؟
- ٢- اختبار الزجاج النقي: ارصد خصائصه الظاهرة، اسكب باحتراس وببطء نحو نصف ملعقة شاي منه في نحو نصف فنجان شاي من الماء تجد أن للزجاج شغفاً شديداً بالماء وأنها يتحدان بسرعة فائقة (صب الزجاج في الماء واحذر من العكس).
- ٣- الزجاج يستخلص الماء من المركبات التي تحويه.. أذب ملء ملعقة شاي صغيرة من السكر في نصف فنجان من الماء، ثم أضف إليه نحو فنجان قهوة من الزجاج باحتراس وببطء شديد، مع التقليب المستمر واترك الفنجان بعض الوقت على صحن، فماذا تلاحظ؟ (يتربك السكر من الفحم والماء).
- ٤- اكتب على قطعة من الورق بقضيب زجاجي قد غمس في الزجاج القوي واترك الورقة في مكان دافئ فماذا تلاحظ؟
- ٥- حامض الكبريتيك حارق ضع نقطة من الحامض القوي على قطعة من الخشب، وأخرى على قطعة من القماش واتركهما، فماذا تلاحظ؟
- ٦- اختبارات حامض الكبريتيك : حضر محلولاً لصدود الغسيل وألق فيه باحتراس قليلاً من الزجاج، فماذا تلاحظ؟ ضع نقطة من الزجاج في ملء نصف فنجان من محلول عباد الشمس المخفف فماذا يحصل؟ اسكب قليلاً من الزجاج على قطعة صغيرة من النحاس في فنجان قهوة، فماذا ترى؟ أضف قليلاً من الزجاج إلى ماء الجير، واذكر ما يحصل.
- ٧- حضر روح الملح كما حضره الكيمائيون القدماء: ضع قليلاً من الملح في بطن الغليون، وغط الملح بالزجاج القوي، سخن كما في (١) مستقبلاً الأبخرة بقضيب زجاجي مبلل كما في (١).

٨- افحص روح الملح القوي/ ارصد خصائصه الظاهرة، هل يفعل ما يفعل الزاج إذا سكب في الماء.

٩- اكتشف تأثير روح الملح على:

- أ - محلول صودا الغسيل. ب- محلول عباد الشمس الأزرق.
ج- شظية من النحاس. د - ماء الجير.

١٠- حضر حامض الأزوتيك كما فعل الكيماويون القدماء. سخن في بطن غليون جزءاً من ملح البارود بعد خلطه جيداً بجزئين من مسحوق ناعم للزاج الأخضر، استقبل الأبخرة بقصيب زجاجي كما في (١، ٧)، ذق المحلول المخفف جداً بطرف اللسان.

١١- افحص حامض الأزوتيك القوي وارصد خصائصه الظاهرة. اختبر مفعوله مع محلول الصودا، ومحلول عباد الشمس، وماء الجير، وشظية من النحاس.

١٢- احفر اسمك على نصل سكين: سخن النصل، واسحبه على جسم شعة بضع مرات حتى يغطي كلية بالشمع، ثم احفر اسمك في الشمع حتى تصل إلى المعدن، اترك النصل نحو عشر دقائق في حامض الأزوتيك المخفف داخل فنجان حتى تظهر الحروف سوداء، اسحب النصل واغسله بالماء ثم اصهر الشمع بالحرارة وامسحه ترى اسمك مفحوراً على الصلب.

١٣- حامض الخليك: اترك قليلاً من الجعة معرضة للهواء حتى تقدم. رشح وخفف المترشح حتى يصير شبه صاف، ثم اختبره بعباد الشمس، اسكب قليلاً من المحلول غير المخفف على الصودا، فماذا تلاحظ؟ بخر بعضه في بطن غليون حتى الجفاف، فهل تعرف الرائحة المنبعثة منه؟

١٤- استخلاص الأحماض: اسحق مع قليل من الماء في صحن فنجان كلاً من المواد الآتية على حدة: ليمونة، برتقالة، تفاحة، شليك، كريمة، ثم رشح السوائل الناتجة، اختبر كلاً

منها بعباد الشمس، أو أى دليل آخر، واكتب ملاحظاتك، هل تحتوى كل الفواكه المذكورة على أحماض.

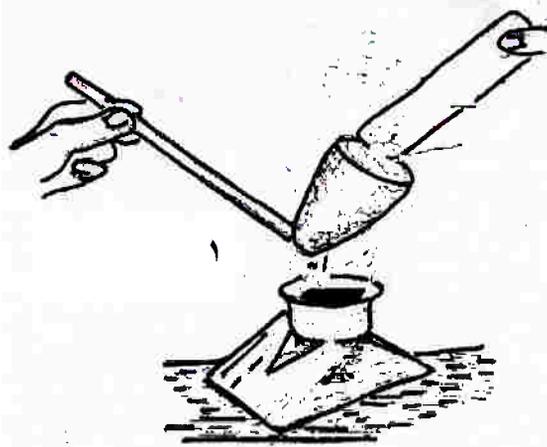
١٥- القلويات: حرك قليلاً من الجير في الماء، ثم اتركه ليستقر، رشح واختبر المحلول المرشح الصافي بعباد الشمس الأحمر والأزرق، وارصد ما تجد، وتستطيع بدلاً من استخدام محلول عباد الشمس، أن تحضر منه أوراق اختبار كما يلي: حضر محلولاً مركزاً لعباد الشمس الأزرق، خذ نصف المحلول فأضف إليه قطرة من حامض الأزوتيك المخفف جداً لينقلب لون المحلول إلى الأحمر، قطع أشرطة من ورق النشاف، طولها ٢١ سنتيمتراً، وعرضها سنتيمتر واحد. واغمس بعضها في المحلول الأحمر، والبعض الآخر في المحلول الأزرق، ثم اترك الأشرطة معلقة في الهواء بواسطة الدبابيس حتى تجف، قطع كل شريط إلى سبعة أجزاء واحتفظ بها، وتستعمل الورقة منها بغمسها في المحلول المراد اختبارها أو إسقاط نقطة منه عليها بواسطة قضيب من الزجاج.

١٦- أذب قطعة صغيرة من الصودا الكاوية في الماء واختبر المحلول بورق عباد الشمس.

١٧- تحضير الأملاح: عرض قضيباً أو قطعة من الزجاج بعد التبليل بالماء إلى فوهة زجاجة أملاح استنشاق (كربونات النشادر) اكشف عما تكون على الزجاج، أحماض أم قلوبى هو؟.

١٨- أ - كبريتات النشادر أضف إلى قدر ملعقتي شوربة من الماء في فنجان نحو سنتيمتر مكعب من الزجاج، ثم قطرة من محلول عباد الشمس، أضف بعد ذلك باحتراس محلول النشادر شيئاً فشيئاً مع التحريك المستمر حتى تبقى مادة بيضاء (مشوبة بالزرقعة من عباد الشمس) هي كبريتات النشادر، وكل أملاح الزجاج تسمى "كبريتات".

ب- كلوريد البوتاسيوم كما سبق أعلاه مع استعمال حامض الأيدروكلوريك والبوتاسا الكاوية فالملح الناتج هو كلوريد البوتاسيوم، وكل ملح من أملاح حامض الأيدروكلوريك يسمى "كلوريد".



٤

٣

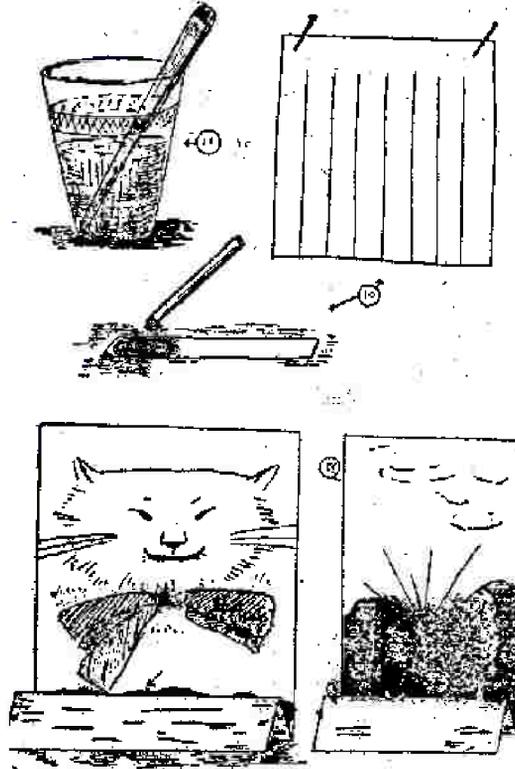


ج- نترات الكالسيوم: استعمل حامض النتريك المخفف جداً مع ماء الجير، فالملح الناتج هو نترات الكالسيوم، وكل ملح من أملاح النيتريك يسمى بالنترات.

١٩- تغيير ربطة عنق القط: ارسم على بطاقة بريد رأس قط له ربطة عنق كما في الشكل، واصبغ الربطة بمحلول عباد الشمس الأحمر، اثن أسفل البطاقة كما ترى في الرسم، وثبتها في محلها بواسطة الدبابيس، بلل الربطة ثم ضع في الحوض بعض الجير مع المسحوب بضع بلورات من كلوريد النشادر فماذا يجري؟

٢٠- شروق الشمس: ارسم الشكل وثبته كما في الشكل التالي، ضع في الحوض بعض أوراق النشاف المشبعة بالخل، فماذا يحدث؟

تستطيع أن تستنبط بنفسك تجارب أخرى مماثلة.



الهواء وغازاته

النار:

حينما درج الإنسان على الأرض، كانت النار أغرب ما استرعى انتباهه، فهي تختلف اختلافاً بيناً عن كل ما أحاط به، وقد يكون أول ما رآه منها هو مظاهرها الطبيعية الهائلة، كومض البرق، وثورة البراكين، واحتراق الغابات، واشتعال أراضي الزيت، فليس عجباً أن يروعه المنظر، وتستبد به الرهبة، حتى انتشرت عبادة النار بين سكان البسيطة، وهي العبادة التي لا يزال لها كثير من الأتباع حتى الآن.

أسطورة:

من المحتمل جداً أن الإنسان قد تعلم كيف يحتفظ بالنار من مصادرها الطبيعية قبل أن يتعلم كيف يولد النار لنفسه بزم من طويل، وبالبلاد العديدة أساطير عن أصل النار على الأرض، فيقص الإغريق كيف أن بروميثيوس *Prometheus*، صديق الإنسان، سرق النار من الآلهة، وخبأها في أنبوبة ثم حملها إلى الأرض، وكيف عاقبته الآلهة بأن قيدوه إلى صخرة لم يفك إساره منها إلا هرقل *Hercules*.

استخدام النار قاصرة على الإنسان:

والإنسان هو المخلوق الوحيد على الأرض الذي يستخدم النار، إذ يحدثنا الرحالة عن جلوس النسانيس الكبيرة واجمة حزينة حول نار خيمة الصياد، تنظر إلى وميضها يجبو، وهي لا تستطيع لها تنشيطاً ولا إحياء، فليس لها من الذكاء ما يكفي حتى لصيانة النار التي أصبحت الآن إحدى الضرورات الرئيسية في حياة الإنسان.

وصيانة النار ترجع إلى أزمان بعيدة جداً، ففي دور بلديات المدن اليونانية القديمة كانوا يحتفظون بالنار مشتعلة في موقد عام يحمل منه المهاجرون النار المقدسة لتكون نواة للذين في

مستعمراتهم، وفي عهد الرومان استخدمت عذارى فستا *Vesta* (آلهة النار والدار) لغرض واحد هو مراقبة النار المقدسة حتى لا تحمد أبداً، وفي القرون الوسطى وما بعدها اشتعلت نار القناديل باستمرار في كثير من الكنائس، ومنها استمد عباد الكنيسة النور لمصابيحهم، وكانت القناديل المذكورة عبارة عن أوان صغيرة مملأ بالزيت موضوعة حول عامود مركزي، تلتف حوله الفتائل ثم توقد أطرافها العليا.

إشعال النار:

لا نعلم بالضبط متى وكيف تعلم الإنسان أن يوقد النار، عدا قيامه بصيانتها فقط. وعلى كل حال فطرق ذلك متشابهة في العالم كله، وفيها تلعب عملية الاحتكاك دوراً كبيراً، فالاستراليون الأصليون (أبوريجيين *Aborigine*) والهوتنتوت بجنوب أفريقيا، وهنود وادي الأمازون، لايزالون يستخدمون حك قضيبين من الخشب معاً، أحدهما يابس والآخر غض، فيلتهب التراب الناتج من القضيبي الغض بجمرة الاحتكاك وتسلط شرارة منه على كومة من العشب اليابس على مدى ذراع، فيلتهب العشب، وهناك مناشر غاب البامبو بجزائر الهند الشرقية كما استعمل الصوان والصلب أسلافنا المباشرون، ولا يزال الاسكيمو والتاجونيون يستخدمون الكوارتز وبيريت الحديد لنفس الغرض، أما الثقاب، أي الوسائل الكيميائية، فلم يمض عليها أكثر من مائة عام.

صيانة النار:

يحتفظ الإنسان المتوحش بناره فيغطي بقاياها المتأججة بالرماد، وكثيراً ما حميها أيضاً بقطعة من قشر الشجر أو الجلد، حتى إذا ما أراد تنشيطها أزال الأغصان والرماد، ثم نفخ على البقايا المذكورة، وهكذا يمدها بكفايتها من الهواء، وكذلك يفعل الهوتنتوت حين يلوحون بالقش في الهواء، والحداد حين يدفع بالهواء في كوره، ومن هذا نفهم سر النار، فإذا انقطع الهواء خبأت النار المتأججة، وإذا مدت بجاحتها منه تأججت ثم اشتعلت، ومن ثم كان الهواء دون ريب وثيق الصلة بالنار، وقد بقى الدور الذي يلعبه الهواء في اشتعال النار مجهولاً

لقرون طويلة، والواقع أن الكشف عن الدور المذكور هو أحد أحجار الأساس للكيمياء الحديثة.

الهواء الجوي:

يحيط الهواء الجوي الذى فيه نتنفس ونعيش بكرتنا الأرضية، وهو يرتفع إلى مدى مائتين من الأميال تقريباً، ولو أن قوامه يخف بعد خمسة أميال حتى ليتعذر التنفس فيه أيما تعذر كما يقول الطيارون، ونستطيع تكون فكرة عن امتداد الهواء إذا تصورنا أن حجم الأرض كرة القدم، وبذا يكون سمك الغطاء الهوائى المحيط بها أقل من ست ملليمترات. ونحن نعرف أن الهواء حوالينا، ولو أننا لا نراه، ولا نحس له طعماً، ذلك لأنه غير منظور لا رائحة له ولا طعم، ولكنه إذا تحرك أحسسنا بوجوده.

الهواء ليس عنصراً:

وظل الناس سنوات عديدة يعتبرون الهواء عنصراً واحداً حتى اكتشف الكيميائى بلاك *Black* فى أواخر القرن الثامن عشر غازاً، أو هواء آخر، يعكر ماء الجير فيحيله لبنى المنظر، كما لاحظ كذلك أن ماء الجير يستحيل لنا بتعريضه للهواء العادى أيضاً، ولو أن ذلك يستغرق وقتاً أطول بكثير مما يستغرق فى الحالة الأولى، وهذه التفكير إلى أن الهواء العادى قد يحتوى ذلك الغاز الجديد، وإذا كان الأمر كذلك فالهواء ليس عنصراً.

تجارب بريستلى:

وكان الكيميائى بريستلى *Priestley* يقوم أيضاً ببعض التجارب على الهواء وذلك بإشعال شمعة وتركها فى كمية محدودة منه حتى تنطفئ فوجد أن نبات النعناع وغيره يستطيع بعد وقت إصلاح هذا الهواء الفاسد بحيث تشتعل فيه الشمعة مرة أخرى كما وجد أن الجرذان، أى الحيوانات، تفعل فى الهواء ما يفعله لب الشمعة فاستنتج أن للحيوانات والنباتات عملين متعارضين وأن الهواء الذى يسمح للشمعة بالاشتعال يسمح للحيوان

والإنسان بالتنفس. وحدث أن أهدهم عدسة كبيرة، فأخذ يركز بها أشعة الشمس مجرباً تأثير حرارتها على أشياء عديدة في معمله، وكان من بينها أكسيد الزئبق الأحمر الذى كثيراً ما يسمونه بالراسب الأحمر، فلاحظ أن الحرارة تخرج من هذه المادة كمية كبيرة من غاز عجيب، لأن الفأر يستطيع أن يعيش فيه وقتاً أطول بكثير مما يفعل في كمية مساوية من الهواء، كما أن الشمعة أيضاً تشتعل فيه بضوء باهر ولوقت أطول، وجرب هذا "الهواء الجديد" على نفسه، فوجد أن التنفس فيه يجعله أخف وأنشط، وبما أن الراسب الأحمر يحضر بتحميض الزئبق في الهواء، فلا بد أن الغاز الجديد الناتج من تسخين هذا الراسب الأحمر، أو أكسيد الزئبق الأحمر، قد جاء في مبدأ الأمر من الهواء، وعلى ذلك فالهواء ليس بالمادة البسيطة كما كان الناس يظنون وهكذا ترى أن هذين الكيميائيين العظميين قد وصلا لأسباب مختلفة كل الاختلاف، إلى الحقيقة المعروفة الآن، وهى أن الهواء ليس عنصراً.

لافوازييه

في نفس العصر عاش الكيميائي الفرنسى لافوازييه *Lavoisier*، فقام بعدد من التجارب على الغاز الجديد تعقيباً على اكتشاف بريستلى، فوجد بين ما وجد، أن هذا الغاز يكون من الهواء خمسة، وقد وصل إلى هذه النتيجة من تسخين الزئبق باستمرار لمدة اثني عشر يوماً تقريباً في كمية محددة من الهواء، رأى الهواء في أثناءها يتناقص تدريجياً بمرور الوقت، ثم توقف عن الانكماش رغم مداومة تسخين الزئبق، وقياس الهواء الباقي وجد لافوازييه أنه أربعة أمخاس الكمية التى ابتداءً بها فجمع بعناية كل المسحوق الأحمر الذى تكون على الزئبق، وسخنه كما فعل بريستلى، وحصل على الغاز العجيب الذى حصل عليه هذا الكيميائي من قبل، فوجد أن حجمه يساوى بالضبط ذلك الخمس من الهواء الذى اختفى باكتمال التجربة. وعلى ذلك فالهواء يحتوى بالحجم على الخمس من ذلك الغاز الذى جعل المواد تحترق أحسن وأبهر. وأحرق فيه لافوازييه أشياء عديدة، فوجد أن اللافلزات كالكبريت والفسفور والفحم أخرجت بالاحتراق فيه غازات إذا أذيت في الماء جعلت

طعمه لاذعاً، ولذا أسمى الغاز الجديد "أكسجين" أو "صانع الحامض" باليونانية. وكذلك احترقت الفلزات كالرصاص، والحديد، والنحاس، والخرصين في الغاز الجديد، فأنتجت "أكاسيد" المعادن المذكورة.

تفسير جديد للاحتراق

واستطاع لافوازييه الآن أن يبرهن على خطأ الآراء التي كان الناس يتداولونها عن الاحتراق، فقد خيل للناس في ذلك الوقت أن في جميع المواد التي تحترق مادة عجيبة اسمها الفلوجستون *Philogiston* أو المادة التي تحترق، وأن المادة المتبقية اسمها كالس *Calx* كما قالوا بأن المواد التي لا تحترق بالجرانيت قد فقدت ما بها، وبناء على تلك النظرية يجب أن ينقص وزن المادة بعد احتراقها، ولكن لافوازييه قد بين للناس ما سبق أن لاحظته بعض الكيميائيين الآخرين من قبل، من أننا إذا جمعنا كل نواتج الاحتراق لوزن المادة المحترقة، وقال لافوازييه أن السبب في هذه الزيادة هو أن المادة قد اتحدت بالأكسجين الذي في الهواء وبذا زاد وزنها، وهذه الحقيقة ما زالت قائمة حتى الآن.

الأكسدة بالهواء:

وتعلمنا كثيراً منذ أيام لافوازييه، فكل الأكاسيد الفلزية تعادل الأحماض وتكون أملاحاً، وانطفاء بريق الفلزات في الهواء يرجع في الأغلب إلى تكون غشاوة رقيقة من أكسيد الفلز نفسه. فالحديد يصدأ مكوناً أكسيد الحديد، والرصاص يتحول لونه إلى سنجابي بسبب طبقة من أكسيد الرصاص، والنحاس يحمر أولاً ثم يسود إذا ترك معرضاً للهواء ليكون أكسيد النحاس، ويبيض الخرصين والمغنسيوم والألومنيوم لتكون أكاسيدها، ويتأكسد الصوديوم والبوتاسيوم في يسر إذا ما عرضنا للهواء، ولذا نضطر إلى صونهما مغمورين في البترين حتى لا يصل إليهما الهواء، كذلك نحفظ الفسفور تحت الماء لنفس السبب.

الثيرميت:

ولأكسيد الألومنيوم أهمية تستدعي ذكراً خاصاً، ولعل القارئ قد رأى العمال في مدينة كبيرة يصلحون أو يلحمون قضبان السكة الحديد، وهو عمل يحتاجون فيه إلى حرارة عالية يستمدونها من استخدام الثيرميت *Thermit*، وهو عبارة عن خليط من مسحوق الألومنيوم وأكسيد الحديد. ولو أن الألومنيوم أشد شراهة للأكسجين من الحديد إلا أنه لا يستطيع ابتزازه من المعدن الأخير في درجات الحرارة العادية، ولكنه إذا سخن بمعزل عن الهواء لاغتصب الأكسجين من أكسيد الحديد متحداً معه، ومخرجاً في نفس الوقت حرارة هائلة حقاً تكفي لصهر الحديد المتخلف من الأكاسيد، وبذا يستطيع لحام قضبان الترام أو غيرها من الحديد حسب الأحوال. وقد استعمل الثيرميت خلال الحرب العالمية الأولى من القنابل الحارقة التي كانت تلقيها الطائرات. ويستعمل أكسيد الحارصين أو أبيض الحارصين في صناعة طلاء الأحواض بالميناء، كما تستخدم أكاسيد الرصاص بأنواعها الحمراء والصفراء والسمراء في البويات.

صدأ الحديد:

كلما اتسعت استعمالات الحديد وتعددت فوائده للإنسان كلما تبع ذلك حرصه على إبقائه محمياً من التآكسد أو الصدأ الذي يؤدي إلى تفتيته، وقد جربت وسائل شتى لمنع الصدأ منها عملية الجلفنة والتي تتلخص في تنظيف الحديد ثم غمسه في الحارصين المنصهر، نرى الحديد المجلفن مستخدماً في صناعة الدلو الحديد (ويسمى بالحارصين) وحوض الحمام الحديد، والحديد الممغنط... الخ ولا يتآكسد الحارصين بالسرعة التي يتآكسد بها الحديد، ولذا يستعمل غطاء واقياً للحديد. وقد يكسى الحديد بطبقة من الجرافيت الذي تصنع منه الأقلام الرصاص، أو بطبقة من الطلاء حتى يحول زيتته بين الحديد والهواء. وعلى كوبرى فورث *Forth* باسكتلندا نرى ما لا يقل عن خمسين رجلاً يعملون طيلة العام ويستهلكون من الطلاء مئات الأطنان لحماية الكوبرى المذكور من الصدأ والانحلال.

الصفيح:

كثيراً ما يتكلم الناس عن علب الصفيح، وصناديق الصفيح، التي تستخدم للسجائر وللأطعمة المحفوظة... الخ، وهناك قدور من "الصفيح" وغلاليات "الصفيح" وهكذا- وكل هذه الأواني مصنوعة من صفائح من الحديد بعد تنظيفه وغمسه في حمام من القصدير المنصهر، وبذلك يحمى الحديد من التأكسد بالهواء، ذلك أن القصدير بطبيعية غاية البطء من التأكسد بالهواء، وتكاد تنحصر هذه الصناعة ببريطانيا في جنوب ويلس *Wales* على مقربة من مناجم الفحم حيث نشأت الصناعة المذكورة بعد العثور على القصدير في كورنوال *Cornwall*، وناهيك بملايين العلب الصفيفية التي عملت هناك إبان الحرب الكبرى لاستعمالها في حفظ أطعمة الجنود.

الاحتراق:

الاحتراق هو اتحاد مادة الأوكسجين، وهو تفاعل كيميائي يصحبه دائماً ظهور الحرارة. ففي حالة صدأ الحديد ببطء في الهواء تتبدد الحرارة فور انطلاقها، فلا نلاحظ ارتفاعاً في مقياسها، ولا نرى لهباً، أما إذا احترقت قطعة من الفحم في الموقد فإن اتحادها مع أكسجين الهواء تصحبه الحرارة واللهيب والضوء ويتم الاحتراق بسرعة، فالاحتراق هنا أسرع بكثير منه في حالة الصدأ، وفي احتراق البترول في اسطوانة احتراق السيارة مثلاً يحصل الاحتراق بسرعة هائلة حتى لنسميه ولو خطأً، بالاحتراق الفوري.

أخطار التأكسد:

رأيت الآن أن الحرارة تنشأ كلما حصل الاحتراق، حتى في أبطأ حالاته وإذا لم تتمكن الحرارة الناتجة من أن تتبدد ارتفعت درجة الحرارة، وقد يزداد هذا الارتفاع لدرجة يحدث معها الاحتراق السريع، ويحصل هذا في كومات الدريس السيئة التخزين، إذ لو كان بالدريس رطوبة زائدة عند تخزينه فإن الحرارة الناتجة قد تتجمع لدرجة يحدث معها اشتعال

المخزون، وعلى أية حال فإن كثيراً من الدريس يتلف كل عام حين يشيط بالاحتراق البسيط داخل الكومات، والزراع الحريص يهيبى لكوماته عند تخزينها وسائل التهوية حتى لا تتجمع الحرارة فيها.

مخلفات زيت الصناعة:

وفي الورش وأشباهها يحصل احتراق بطيء مشابه لما سبق في مخلفات الزيت حيث تتعرض للهواء سطوح كبيرة من الزيت على الخرق المستعملة للتنظيف، فيتجمع فيها من الحرارة ما يكفي أحياناً لاشتعالها.

ناكسد الحبيبات الدقيقة:

يحمل هواء مناجم الفحم أحياناً في طياته كثيراً من تراب الفحم الناعم، ويتعرض بذلك أيضاً سطح كبير لفعل الهواء، فيتأكسد التراب ويشتعل مسبباً الانفجارات المعروفة، والتي لا ذنب فيها لمصايح العمال.

وفي كثير من المصانع، كمطاحن الدقيق على أنواعه، ومحال الجوت والقطن حيث تنتشر الحبيبات الدقيقة في الهواء، يتقى خطر التأكسد والحرائق برش رذاذ الماء لتبريد البناء، وإزالة الأتربة من الهواء بواسطة المراوح. وكثيراً ما شبت الحرائق في البواخر حاملات الفحم بسبب تأكسد ما بمخازنها من تراب الفحم الذى ينتشر ترابه الدقيق أثناء تخزينه والذي يزيد من انتشاره فأرجح السفينة حتى ليحترق التراب المذكور كما يحدث في المناجم.

الانفجار:

يحصل الانفجار عند تأكسد مادة ما بسرعة عظيمة، وتحيل الحرارة الناتجة المواد المتأكسدة إلى غازات في وقت غاية في القصر، وتمتد الغازات المذكورة بالحرارة تمدداً هائلاً حتى لينتج فجأة، من قدر صغير من مادة جامدة أو سائلة أو غاز في حيز محدود - كمية هائلة من الغاز تضطر، بحكم هذا التمدد إلى إزاحة كل شيء من طريقها فيحدث ما يسمى

بالانفجار، وقد استغلت هذه الفكرة في محركات البترول، ومحركات الغاز، وفي البارود، والديناميت، والمفرقات الحديثة، ففي محركات البترول والغاز يستخدم أكسجين الهواء، وفي الأحوال الأخرى تحتوي المواد بنفسها على الأكسجين اللازم للاحتراق.

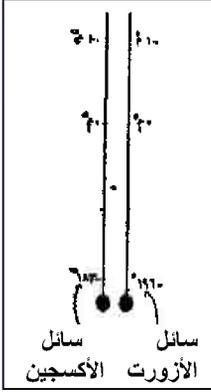
العوامل المؤكسدة:

تسمى أى مادة بالعامل المؤكسد إذا احتوت على قدر كبير من الأكسجين مع قدرتها على إخراجها بسهولة، فالأكسجين الموجود حراً في الهواء عامل مؤكسد كما عرفنا، وملح البارود- وهو مادة حصل عليها في الأصل من الهند، ولكنه يصنع الآن في بلاد عديدة، عامل مؤكسد قوى، وقد صار الأكسجين عاملاً مهماً جداً في الصناعة حتى لتتقل منه كميات هائلة من مكان إلى آخر حسب الحاجة بعد الحصول عليها من الهواء وضغطها في اسطوانات من الصلب.

الحصول على الأكسجين من الهواء:

تتلخص الطريقة الحديثة للحصول على الأكسجين من الهواء في تبريد الهواء حتى يصير سائلاً وبما أن الهواء خليط من الغازات، فالهواء السائل خليط من السوائل، وبما أن للسوائل درجات غليان مختلفة (يغلي الأكسجين في درجة 183° والأزوت وهو الغاز الموجود بالكثرة الكبرى بالهواء في درجة 196° م) فيمكن فصلهما بطريقة التقطير الجزئى، وبذا ينفصل الأزوت أولاً مع جزء من الأكسجين، ويصير الأكسجين المتخلف غاية في النقاء. ويستخدم الأكسجين على مدى واسع في اللحام بالأكسى اسيتيلين (خليط من غاز الأكسجين وغاز الاسيتيلين) وفي آلات شق الصلب، وفي مد البحارة في الغواصات بحاجتهم من الغاز، وفي عمليات الإنقاذ بالمناجم ولتنفس الطيارين في الارتفاعات الكبيرة، وكذا للغواصين، وفي المستشفيات لإنعاش المرضى في بعض الحالات.

أجسامنا والاحتراق:



وفي أجسامنا نحن تستمر عمليات الاحتراق، ومنها نستمد الدفء، وحين يدخل أكسجين الهواء في رئتينا عند التنفس يربط نفسه ربطاً خفيفاً بالمادة الملونة الحمراء في الدم، ويدوران الدم في الجسم يدور معه الأكسجين في أجزائه المختلفة وتلفظه المادة الحمراء أثناء ذلك الدوران، وتتأكسد المواد المتخلفة من الخلايا الحية بأجسامنا، ثم يحملها الدم في عودته إلى الرئتين لتخرج في هواء الزفير، وتعتمد الحيوانات التي تعيش في الماء للحصول على حاجتها من

الأكسجين على ما هو ذائب منه في الماء وقدره بسيط جداً، أما النباتات فتتنفس كما نفعل أثناء الليل^(١) فقط. وفي غيبة ضوء الشمس. ولذا يجب أن لا تترك النباتات في غرف النوم أثناء الليل لأنها تستهلك من الأكسجين ما نحن بحاجة إليه^(٢).

النزوحين:

في إحدى التجارب ترك بريستلي بعض الحديد في إناء مملوء بالهواء ومنكس على حوض من الماء وذلك لحصر الهواء في الإناء. ولاحظ بعد وقت أن نحو خمس الهواء قد اختفى، ولكنه لم يفتن إلى أهمية هذه الظاهرة، ونذكر أن لافوازييه كشف عن ظاهرة مشاهمة، وكان الغاز المتبقى في الإناء بعد استهلاك الأكسجين صافياً لا لون له، لا يحترق ولا يساعد على احتراق شيء فيه كما لم يكن للغاز المذكور طعم أو رائحة، ويظهر أنه لا يدوب

(١) حرقية هذه العبارة غير دقيقة تماماً. إذ الواقع أن النباتات تنتنس أثناء الليل وأثناء النهار أيضاً. ولكن بما أنها تقوم في ضوء الشمس بعملية التمثيل الضوئي هي أخذ غاز ثاني أكسيد الكربون وإخراج الأكسجين، أي عملية عكس التنفس تماماً، وبما أن الأكسجين الناتج في هذه العملية أثناء النهار أكثر كمية من الأكسجين الذي يحتاجه النبات للتنفس، فإن النبات يأخذ حاجته من هذا الأكسجين دون أن يستهلك شيئاً من أكسجين الهواء المحيط به كما أن ثاني أكسيد الكربون الناتج من عملية التنفس لا يظهر إذ يستهلكه النبات كله داخله أثناء عملية التمثيل الضوئي، وعلى ذلك يخيل للرأي إلى مظهر الأمر أن النبات لا يتنفس أثناء النهار.

(٢) الواقع أن هذا الحرص مبالغ فيه جداً اللهم إلا إذا امتلأت الغرفة بالنباتات وأقفلت جميع منافذها.

في الماء، فأسموا هذا الغاز "الميت" بالأزوت لانعدام مظاهر النشاط فيه، ثم أسماه الإنجليز بعد ذلك بالنيتروجين. ويظهر أن فائدة وجوده بالهواء هي تخفيف الأكسجين. وقد استطاع لافوازييه أن يصنع غازاً له خصائص الهواء وذلك بخلط حجم من الأكسجين بأربعة أمثاله من الأزوت. ومن الصعب جعل الأزوت يتحد مع عناصر أخرى، وحتى إذا فعل ذلك، كان من السهل فصر عرى هذا الاتحاد، ويتم هذا الانفصام بعنف بالغ في أغلب الأحوال ولهذا السبب يلعب الأزوت دوراً نشيطاً في صناعة المفرقات الحديثة كما سنرى فيما بعد.

أكسيد الأزوت [١]:

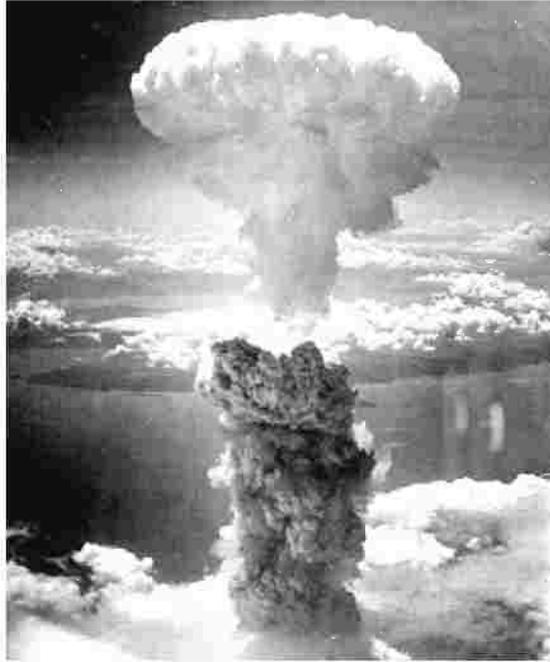
من العسير أكسدة النيتروجين، إذ يتطلب تحاده بالأكسجين لتكوين أكسيد الأزوت إلى درجة حرارة عالية جداً كدرجة الحرارة التي تصاحب حدوث شرارة البرق فعلى امتداد وميض البرق يتحد الغازان ليكونا غازاً يذوب بسهولة في الماء، وفي البلاد الحارة حيث تكثر عواصف الرعد ينتج الغاز المذكور ويكون مع المطر حامض الأزوتيك المخفف جداً، ويسقطه إلى الأرض يتفاعل مع بعض المواد مكوناً النتترات وهي أملاح قد عرفتها تجاربك قبل الآن، والنتترات كلها تذوب في الماء. وللحصول عليها من التربة تعالج هذه كما سبق، ومن الهند نحصل بهذه الطريقة على أزوتات البوتاسيوم، أما من شيلي وبيرو وبوليفيا فنحصل على أزوتات الصوديوم.

البارود:

في الأزمان الماضية استعملت أزوتات البوتاسيوم لصناعة البارود فهي غنية في الأكسجين وتستخدم لإمداد المكونات الأخرى للبارود بكمية كبيرة من هذا الغاز في حيز مقفل وإحراق تلك المكونات وتحويلها إلى غازات، وكانت أيضاً تستخدم في صناعة أعواد الثقاب البطيء - وهو عبارة عن خيط غمس في محلول ملح البارود ثم ترك ليحفظ، فإذا

(١) أزوت كلمة يونانية معناها "لاحيات" والنتروجين كلمة يونانية أيضاً معناها صانع النطرون (قديمًا) وملح البارود (حاليًا).

أشعل احتراق ببطء شديد ودون هب. وكان يزود كل جندي بذلك الثقاب البطيء اللازم لإطلاق بنديته، فإذا حانت المعركة أذكى الجندي ثقابه بالنفخ عليه، وبذا يكون واثقاً من إشعاله للبارود في الوقت المناسب. وقد استعملت محاكم التفتيش هذا النوع من الثقاب لتعذيب الضحايا بربطه بين أصابعهم ثم إشعاله.



انفجار لغم آزوتى من غواصة

حامض النيتريك:

وتستهلك الآن مقادير كبيرة من ملح البارود لصنع حامض الأزوتيك الذى يستخدم لصناعة الأسمدة الزراعية، واشتد الإقبال إبان الحرب العالمية الأولى على الأزوت وحامض الأزوتيك لسد حاجة الحرب وحاجة الزراعة حتى شح الموجود منها وقد سبق أن تنبأ بذلك سير وليام كروكس *William Crookes* ولو أن القليلين توقعوا تحقق النبوءة بمثل هذه السرعة.

الأسمدة ونثيب الأزوت:

واتجه التفكير إلى أزوت الهواء، واستخدموا الكهرباء لإحراق الهواء في درجة حرارة عالية جداً تشبه شرارة البرق، فحصلوا على أكسدة الأزوت، وبإذابته في الماء على حامض الأزوتيك، ثم عادوا لهذا بمحلول الجير لتحضير سماد أزوتات الكالسيوم (نترات الجير)، ويصنع هذا السماد في النرويج والسويد حيث تتوافر الكهرباء الرخيصة من مساقط المياه ومن حامض الأزوتيك تصنع أيضاً الصباغ والمفرقات، فأصبح بذلك استخدام الأزوت الجوى صناعة بالغة الأهمية.

أجسامنا والأزوت:

يوجد الأزوت في أجسامنا بكثرة وخصوصاً في العضلات، ونحن نتغذى على الخضار ولحوم الحيوانات، وهذه الحيوانات إما أن تكون من آكلة الأعلاف أو آكلة اللحوم ووجد الأزوت في الفضلات، ومصدره من الحشائش، ولسبب من الأسباب الغامضة لا تستطيع أجسامنا الانتفاع المباشر بأزوت الهواء، ولو أن نسبته تفوق بكثير نسبة الأكسجين فيما حولنا وفيما نتنفسه من الهواء، وكذلك النباتات لا تستطيع الانتفاع المباشر بالأزوت، ولكنها تحصل عليه من أملاح التربة المحتوية عليه، وفي أحوال محدودة يأخذ النبات الأزوت من الهواء بطريقة خاصة، فعلى جذور النباتات "البقولية" (كالفول والبسلة وغيرها) توجد عقد صغيرة كثيرة تحتوى كل منها على ملايين الأحياء الدقيقة، حتى لو وضعنا منها ٢٥٠٠٠ في صف واحد لما تجاوز طول الصف ٢٥ ملليمترًا. ولكنها تتكاثر بسرعة فائقة حتى ليصل طول الصف المذكور بعد عام واحد إلى ١٢٥٦ ملليمترًا أو مترًا وربع متر، ويعمل كل من هذه الجراثيم بنشاط، فتمتص أزوت الهواء ومن أجسامها ينتقل إلى النبات القرني بعملية خاصة وينشط هذا الأزوت فهو النبات فتتكون أجزاؤه المختلفة الخضراء من سوق وأوراق ... الخ.

الضئيد المهم :

يؤلف الأزوت والأكسجين الغالبية العظمى دون شك من الهواء، ولكن هناك غازاً آخر من الأهمية بمكان عظيم، صحيح أن نسبته في الهواء قد لا تتجاوز ثلاثة من كل عشرة آلاف جزء، ولكن هذا القدر ضئيل يلعب دوراً مهماً في الطبيعة.

ثاني أكسيد الكربون:

كان الكيميائي الهولندي فان هلمونت *Van Helmont* أول من اكتشف هذا الغاز عام ١٦١٦ ولكن لم يسمع عنه شيء حتى عام ١٧٣٥ حين أعاد اكتشافه الكيميائي بلاك، ولا يزال الجهاز الذي استخدمه معروفاً في متحف مدينة أدنبره، وكان بلاك يحضر الغاز المذكور من صب روح الملح على الرخام فيحصل فوران شديد وتخرج كميات كبيرة من الغاز، وحضر لافوازييه نفس الغاز من إحراق الكربون في الأكسجين، وكان من نصيب بريستلي أن يعلمنا كيفية جمع الغازات، إذ أنها - وكثير منها غير منظور - ليست أجسام جامدة أو سائلة حتى يمكن للناظر أن يحكم أن إناء معيناً قد امتلأ بها أم لم يمتلئ، فكان بريستلي في جهازه المذكور يملأ الأواني التي سيجمع فيها الغاز بالماء أولاً من حوض كبير، ثم تنكس الأواني المذكورة في الحوض بحيث تكون فوهاتها تحت سطح الماء وتبقى بذلك ممتلئة بالماء، ثم توصل أنبوبة بين الزجاجية التي يولد فيها الغاز وبين فوهة إحدى الأواني الممتلئة بالماء، وبذلك يصعد الغاز فيها ليزيح الماء منها ويحل محله، وبذلك نعرف تماماً متى يمتلأ الإناء بالغاز الذي تجمعه، وبالطبع لن تصلح هذه الطريقة لجمع غاز يذوب في الماء وإلا فقدنا الغاز بمجرد الحصول عليه.

خصائص ثاني أكسيد الكربون - مطفئات الحريق:

ثاني أكسيد الكربون كالهواء في انعدام اللون والرائحة والطعم وكذا في عدم الاشتعال، ولكن يمكن تمييزه في الهواء بسهولة إذ أنه يطفى اللهب في الحال، وهي خاصية في

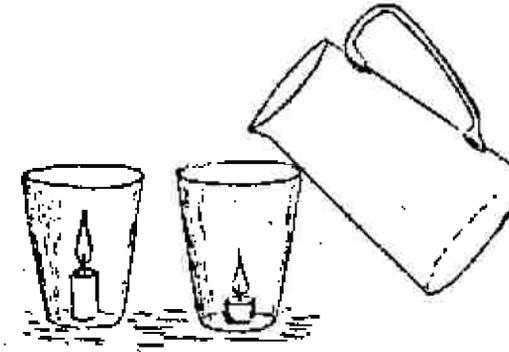
غاية الأهمية وقد استغلت استغلالاً عملياً في مطفئات الحريق، وهناك أجهزة عديدة لاستخدام الغاز المذكور في هذا الغرض، فبعض المواد المستعملة عبارة عن أملاح مسحوقة يخرج منها الغاز المطلوب عند تسخينها، ومثال ذلك صودا الخبيز التي يمكن إستعمالها لإطفاء الحرائق، إذ أن الغاز المنبعث منها يحول بين أكسجين الهواء واللهب فيختنق الأخير وينطفئ.



وفي الشكل المرافق صورة أحد الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض وهو عبارة عن علبة من المعدن القوي مبطنة بالقار وفيها محلول مركز لكاربونات الصوديوم، وفي أعلى العلبة قنينة صغيرة مملأى بحامض الكبريتيك ولها سدادة من الرصاص، ويبقى الحامض في قننته مادام الجهاز معتدلاً ورأسه إلى أعلى، أما إذا قلب الجهاز رأساً على عقب سقطت السدادة عن الحامض وانسكب هذا على الكربونات فأخرج منها كميات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون، وبما أن الغاز لا يستطيع الانفلات إلى الخارج فإنه يذوب في المحلول تحت الضغط الشديد الناتج، حتى إذا فتحنا صنوبر الأنبوية المرنة انطلق منها سائل مشبع بغاز ثاني أكسيد الكربون، فيخفق النار كما وصفنا من قبل كما يستمد الماء الحرارة اللازمة لتبخره من اللهب، وبهذين العاملين ينطفئ الحريق وهناك أجهزة أخرى ينبعث منها الغاز وحده عند الاستعمال.

ثاني أكسيد الكربون غاز ثقيل:

وثقل هذا الغاز أحد خواصه العجيبة، فهو أثقل من الهواء بمرّة ونصف مرّة، وهو لهذا يتجمع في الحفر، والأغوار، والآبار، ومخازن السفن، وأحواض التخمر في مصانع الجعة، ومعامل تقطير الخمور... الخ، ويمكن إجراء تجارب طريفة لبيان هذه الخاصية، منها إمكان صبه - مع إنه غير منظور - من إبريق في كؤوس كما يصب الماء، فإذا ثبتت شمعة مضيئة في الكأس لاستطعت أن تعلم بالضبط متى يصل الغاز المصوب إلى مستوى اللهب فيطفئه، وكما يطفى هذا الغاز لهب الشمعة كذلك يطفى الحياة نفسها، وقد عرفت هذه الحقيقة جيداً حتى أن عمال مواسير الحجارة والمشتغلين في الآبار يختبرون جوها ومدى محتواها من هذا الغاز قبل الهبوط فيها، وذلك بإدلاء شمعة مضيئة أو إسقاط حزمة مشتعلة من القش. وكان بريستلي أول من أشار بهذا بعد تجاربه على الجردان.



جرونو ديلكاني:

على مقربة من مدينة نابلي وفي الجانب الداخلي من فوهة البركان، يوجد كهف صغير اسمه جروتوديلكاني *Grotto Delcane* (غاز الكلب) ينسكب فيه باستمرار تيار من غاز ثاني أكسيد الكربون، وبما أنه يتجمع في القاع فإنه لا يصل إلى أنف الداخل، ولا يضره، أما الكلب إذا دخله فإنه يصاب فوراً بغيوبة عاجلة.

وادي السم:

وهناك مثل آخر لنفس الشيء في جزيرة جاوه من جزر الهند الشرقية حيث يوجد وادي السم، وصفه لودون *Loudon* بأن محيطه يبلغ نصف ميل، بيضاوى الشكل، وعمقه نحو عشرة أمتار، والقاع سهل لا زرع فيه، وقد بعثت بأرجائه الصخور وغطى قاعه بهياكل الآدميين، والنمور والخنازير، والغزلان والطواويس، وغيرها من شتى الطيور، ولم نلاحظ أبخرة أو فتحة في الأرض فأشعلوا سجائرهم وهبطوا بمعاونة عصا من الخيزران إلى عد ستة أمتار من القاع، ولم نلاحظ صعوبة في التنفس ولو أن رائحة خبيثة مقيئة ضابقتهم، فربطوا كلباً إلى خيزرانة طولها ستة أمتار وأدلوها بها، وبعد ١٤ ثانية تماماً حسب ساعاتهم سقط الكلب على ظهره، وأفلت منهم كلب آخر وسار إلى حيث كان يرقد الأول، وهناك وقف هادئاً لعشر ثوان ثم انكفأ على وجهه فلم يتحرك بعد ذلك، وفي الجهة المقابلة رأوا هيكلًا إنسانياً لا بد أن يكون صاحبه قد سقط على ظهره، وقد ابيضت عظامه من التعرض للجو حتى صارت في بياض العاج.

ثاني أكسيد الكربون يذوب بسهولة في الماء:

يذوب غاز حامض الكربونيك بسهولة كبيرة في الماء، ومع ذلك فطالما جمع بطريقة بريستلي وذلك لتيسر الحصول على كميات كبيرة منه، وإذا رج الغاز مع الماء صار الماء حامضياً خفيفاً.

الليمونادة وماء الصودا:

يعتبر ذوبان الغاز المذكور وخاصة تحت الضغط، أساساً لصناعات المياه الغازية، وماء الليمونادة وماء الصودا وأمثالهما إلا ماء أعطى له الطعم والنكهة اللازمين ثم دفع فيه غاز ثاني أكسيد الكربون تحت ضغط كبير، فإذا أزيل الضغط خرج الغاز في السائل الذى كان ذائباً فيه في شكل فقاعات، وكذلك يدفع ضغط الغاز السائل المذاب فيه من فتحة زجاجة المياه الغازية.

الكربونات:

تنتشر أملاح حامض الكربونيك، واسمها الكربونات، في جميع أنحاء العالم، وهي أملاح ذات أهمية بالغة، وكلها تفور إذا عوملت بحامض ما فتخرج حامض الكربونيك، أو ثاني أكسيد الكربون كما يسميه الكيميائيون الآن.

ثاني أكسيد الكربون وماء الجير:

يمكن التفريق بسهولة بين الهواء وثاني أكسيد الكربون بتأثير هذا على ماء الجير، إذا لو عرض صحن من ماء الجير لتيار من حامض الكربونيك لاستحال بسرعة لبنى المنظر لتكون مسحوق أبيض في السائل المذكور، ذلك أن الجير قد اتحد مع ثاني أكسيد الكربون فتكون كربونات الكالسيوم، وقد تذكر أننا سخنا فيما سبق كربونات الكالسيوم لطرد ثاني أكسيد الكربون والحصول على الجير الذي فيها.

النفث:

يدخل الرجل في رئيته في الشهيق نحو أربع مائة لتر^(١) من الهواء في الساعة الواحدة، والهواء الخارج بالزفير من الرئتين عبارة عن خليط من الغازات - أزوت كما كان في هواء الشهيق، ورطوبة من سطح الرئتين الذي لامسه الهواء وأكسجين لم يستهلك، وغاز حامض الكربونيك نتيجة تأكسد الكربون في أنسجة الجسم بأكسجين الهواء.

الرئتان:

حسب عالم فرنسي أن مساحة الرئتين التي يلامسها الهواء الذي تنتفسه تقدر بجزء على عشرين جزءاً من الفدان، كلها تعرجات وانثناءات لا عدد لها وبها عدد لا يحصى من الأوعية الدموية الدقيقة التي تحمل الدم إلى الرئتين لينقيه الهواء ويؤكسده، ولهذا وجب أن يكون الهواء الذي تنتفسه على أنقى ما يمكن من الحالات، وهواء الريف والخلاء يحتوى على

(١) الرقم الذي يجمع عليه خبراء علم الصحة هو ٥١٠ لتر تقريبا.

٣ أجزاء فقط من غاز حامض الكربونيك في كل عشرة آلاف جزء من الهواء، أما في المدن فقد ترتفع هذه النسبة إلى ٧ أجزاء، وذلك لما في المدن من عمليات الاحتراق المختلفة للفحم، والكوك، وغاز الاستصباح، والتي ينبعث منها جميعاً الماء وغاز حامض الكربونيك، وفي هواء غرفة مزدحمة قد ترتفع الأجزاء السبعة المذكورة إلى ستين، ويبدأ من فيها من الناس بحسون بالقلق، ويضحون من عدم التهوية، فقد أصبح جو الغرفة المذكورة ضاراً بمتنفسيه.

التهوية:

يحتوي هواء الزفير الخارج من الرئتين على ٤٥٠ جزءاً من غاز حامض الكربونيك لكل عشرة آلاف جزء منه، لذا وجب أن تتخذ كل الوسائل لتهوية الغرف والصالات ودور الملاهي باستمرار دون تعريض روادها للتيارات العنيفة، وإحدى الوسائل المذكورة هي المراوح التي تحلب الهواء الدافئ الفاسد حين يرتفع إلى أعلى ليدخل هواء جديد من فتحات في الأرضية بعد مروره- في أغلب الحالات- في مرشحات من الصوف أو الاستبسوس لتنقيته من التراب.

الهواء في الغواصات:

في الأماكن ذات الهواء المحدود، كالغواصات السابحة تحت الماء يتخلص من غاز أكسيد الكربون بواسطة البوتاسا الكاوية، وهي قلوى أشد فعلاً من ماء الجير، كما يعوض الأكسجين الذي استهلكه البحارة الأكسجين المضغوط في الاسطوانات.

أين يذهب كل ثاني أكسيد الكربون؟

بما أن تركيب الهواء الجوي لا يكاد يختلف بين مكان وآخر إلاً اختلافات تافهة، فمن الطبيعي إذاً أن نتساءل: إلى أين يذهب كل غاز حامض الكربونيك الذي يخرج إلى الجو لا من عمليات تنفس الإنسان وحسب، بل من كل أماكن الاحتراق الأخرى، والواقع أن هناك شيئين يعاونان على إبقاء تركيب الهواء شبه ثابت كما قلنا (أولهما) قدرة النبات على امتصاص ثاني أكسيد الكربون في ضوء الشمس ليصنع منه النشا والسكر اللازمين له، فكل

الجزء الصلب من النبات قد بنى من تلك الأجزاء الثلاثة في العشرة آلاف جزء من الهواء، حتى قدر أن كل فدان من الفحم يستهلك، خلال شهر واحد، طناً كاملاً من كربون غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوى.

تجربة تثبت أن النبات يخرج الأكسجين:

يخرج النبات غاز الأكسجين النقي بدل ما امتصه من غاز ثاني أكسيد الكربون فيبعد بذلك إلى الهواء ما يلزم لتنفس الإنسان والحيوان، ويمكن أن نشهد بأنفسنا هذه العملية المدهشة إذا أخذنا قطعة من نبات النعناع أو نعشوش الحوت ووضعناها في زجاجة من الماء منكسة في كأس، ثم عرضناها لضوء الشمس، فسرعان ما نرى فقاعات غاز تخرج من أوراق النبات، ثم تصعد متجمعة في أعلى الزجاجة المنكسة، وهذا الغاز هو أكسجين نقي إذا جمعنا منه قدرًا كافيًا في يوم أو يومين استطعنا أن نجري عليه من التجارب ما بين خصائصه، وقد قدر أن ميلاً مربعاً من الغابات يجعل الهواء نقياً صالحاً لنمو عشرة آلاف شخص، فأوراق النباتات معمل كيماوى عجيب لتحضير الأوكسجين في ضوء الشمس.

الانتشار:

والعامل الثانى في إبقاء تركيب الهواء الجوى ثابتاً هو الانتشار الغازى، فليس بين جزيئات الغاز أى التصاق يربط بينها، وعلى ذلك فهى حرة في التحرك أينما شاءت وإلى هذا التحرك أو الانتشار يعزى اختلاط غازات الهواء اختلاطاً كاملاً.

بخار الماء فى الهواء:

يحتوى الهواء إلى جانب ما ذكرنا من الغازات كمية من بخار الماء تنشأ من تبخر الماء باستمرار من المحيطات، البحار، البحيرات، والأنهار، وهناك طرق عديدة للكشف عن الرطوبة، كما أن هناك مواد كيماوية تتأثر بسرعة كبيرة بالرطوبة، فتمتصها بسهولة من الهواء ثم تتحول بذلك إلى الحالة السائلة.

تطبيقات

١- تحضير أكسيد الرصاص سخن قليلاً من الرصاص في طن شبك (غليون) من الفخار حتى ينصهر، لاحظ "الريم" الذى يتكون على السطح الفضى للرصاص المنصهر واكشطه بقطعة من السلك، فماذا يحصل بعد ذلك؟ أعد الكشط، هل يمكن الاستمرار في هذه العملية؟ ما الذى يحدث للرصاص؟



٢- تحضير أكسيد الحديد خذ زجاجة صغيرة، بلل داخلها بالماء، ثم أدخل فيها ملعقة شاي من برادة الحديد النظيفة الناتجة من برد مسمار مثلاً، قلب الزجاجة لتلتصق

البرادة بجوانبها ثم نكس الزجاج في فنجان به ماء كما يرى في الشكل، واركها يومين، لاحظ ما يحصل من التغيرات:

(١) في الحديد (٢) في محتويات الزجاج. عدل الزجاج حتى يكون مستوى الماء فيها وفي الفنجان واحداً، ثم أقفل فوهتها بإمامك، وارفعها من الفنجان، أفرغ ما فيها من الماء في كأس وقدر حجم الماء إلى حجم الزجاج، وستجد أن الرصاص والحديد يستهلكان الأكسجين من الهواء، وأن حجم هذا الأكسجين هو خمس حجم الهواء.

٣- إشعال شمعة في الهواء: ثبت شمعة في صحن عميق الغور ممتلئ إلى نصفه تقريباً بالماء ثم أشعل الشمعة، ضع برطمان مربي فوق الشمعة المشتعلة مع تثبيت حافته على قطعة من ذات القرش الصاغ، فماذا تلاحظ في الدقائق الثلاثة التالية؟ وما تفسيره؟.

٤- الحصول على الأكسجين: سخن في بطن غليون من الفخار المواد الآتية، وعرض طرفي خيط متوهج من الدوبارة فوق كل منها إبان تسخينها، فماذا يحصل للخيط المتوهج، ولماذا؟

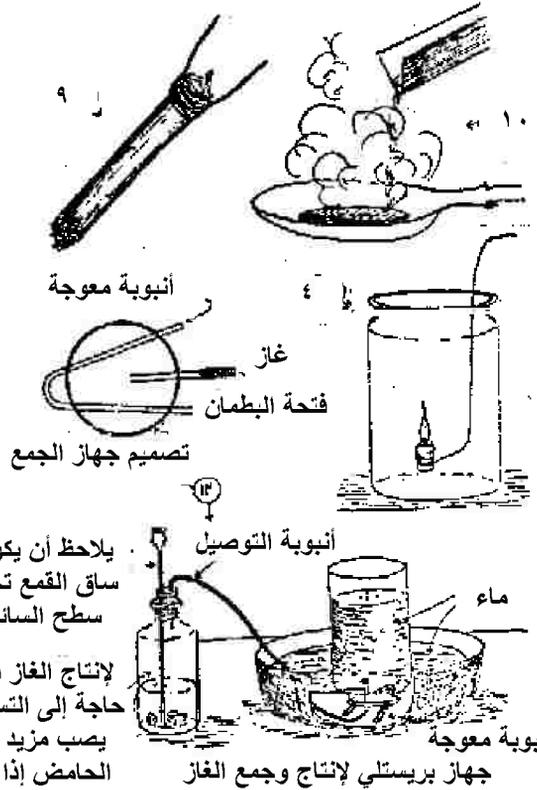
أ - الرصاص الأحمر ب- أكسيد الرصاص الأسمر.
ج- أكسيد الزئبنيك.

٥- الحصول على الأكسجين من أوراق النباتات: نكس زجاجة مملأ بالماء مع بعض نبات النعناع أو نعشوش الحوت في قدح من ماء الينابيع (إذا أمكن) واركها في ضوء الشمس يوماً أو يومين، تجد بعض الغاز قد تجمع بأعلى الزجاج، سدها بإمامك واعدلها، ثم اختبر الغاز بقطعة دوبارة متوهجة، فماذا تلاحظ؟

٦- حماية الحديد من التأكسد: خذ ثلاثة مسامير، غط أحدهما بمسحوق الجرافيت الذى تحصل عليه من القلم الرصاص، وثانيها بطلاء زيتي وارك ثالثها كما هو، ثم علقها جميعاً كما في الشكل فوق قليل من الماء لتصبح في جو رطب، فماذا تلاحظ بعض مضى أسبوع من الزمان.

٧- لعمل ثقب بطيء: اغمر خيطاً من الدوبارة طوله نحو ١٥ سنتيمتراً في محلول مركز لملح البارود، ثم اسحبه واتركه ليجف، أشعل أحد طرفيه ولاحظ طول الوقت الذي يستغرقه وصول النار إلى الطرف الآخر وإلى ٢ سم من طول الخيط.

٨- الكتابة بالنار: اكتب على ورق رقيق بواسطة عود ثقاب بعد غمسه في محلول مركز لملح البارود، ولتكن كتابتك على مهل دون تقطع في الكلمات، انتظر حتى تجف الكتابة، ثم المس أول كلمة بحيث متوهج، فماذا يحصل؟ ولماذا؟.



٩- ألعاب نارية: يحتوي ملح البارود على قدر كبير من الأكسجين حتى ليسمح للشئء بالاحتراق في فضاء محدود، وحتى تحت الماء، اصنع أنبوبة من الورق بلف الورق مرتين

أو ثلاث مرات حول قلم من الرصاص، والحجم الورق مع سد أحد طرفي الأنبوبة بالشمع الأحمر، أملئ الأنبوبة بخليط من أجزاء متساوية تقريباً من مسحوق ملح البارود والكبريت والفحم، على أن يسحق كل منها وحده ثم تخلط جيداً على قطعة من الورق. سد الطرف المفتوح من الأنبوبة ببعض الورق الرقيق الذى سبق غمسه في محلول ملح البارود ثم تجفيفه، وأخيراً لف قطعة من السلك حول طرف الأنبوبة لتشغيلها كما ترى في الشكل، أشعل الورق الرقيق، فإذا بدأت الأنبوبة في الاحتراق أسقطها في قدرح من الماء، فماذا يحصل؟

١٠- طلاء الميناء الأبيض: اصهر بضع قطع من الخارصين في ملعقة من الحديد، ثم الق على مصهور الخارصين قليلاً من مسحوق ملح البارود، تجد مادة بيضاء صوفية المنظر قد تكونت، وهى ما يستخدم لصنع "طلاء الميناء" الأبيض.

١١- النيروجين: حضر ملء إناء من الغاز كما في التجربة رقم (٢) ولاحظ أنه غاز صاف عديم اللون والرائحة لا يذوب في الماء بسهولة، ولا يسمح باحتراق الشمعة فيه، هذا هو غاز النيروجين الذى يكون أربعة أمثاس هوائنا الجوى.

١٢- الفوران: أ - صب قليلاً من الخل على صودا الغسيل في فنجان.

ب- اعصر قليلاً من عصير الليمون على بعض قشر البيض في فنجان.

ج- صب قليلاً من روح الملح على بعض الطباشير، أو قطعة من الرخام في فنجان. تجد فوراناً في كل من الحالات المذكورة، نتيجة لتكون غاز غير منظور اسمه ثانى أكسيد الكربون، وتتفاعل كل الكربونات على هذا النحو إذا أضيف إليها حامض ما.

١٣- طريقة بريستلى لجميع الغازات: حضر زجاجة (أو أنبوبة اختبار) لها سدادة من الفلين، واثقب في الفلينة، بواسطة مبرد ذيل الفار ثقباً يتسع لمرور أنبوبة زجاجة طولها نحو ثمانية سنتيمترات قد سويت أطرافها على اللهب. صل طرف هذه الأنبوبة بأنبوبة من المطاط طولها نحو ٤٥ سنتيمتراً في طرفها الآخر أنبوبة زجاجية أخرى، ضع في

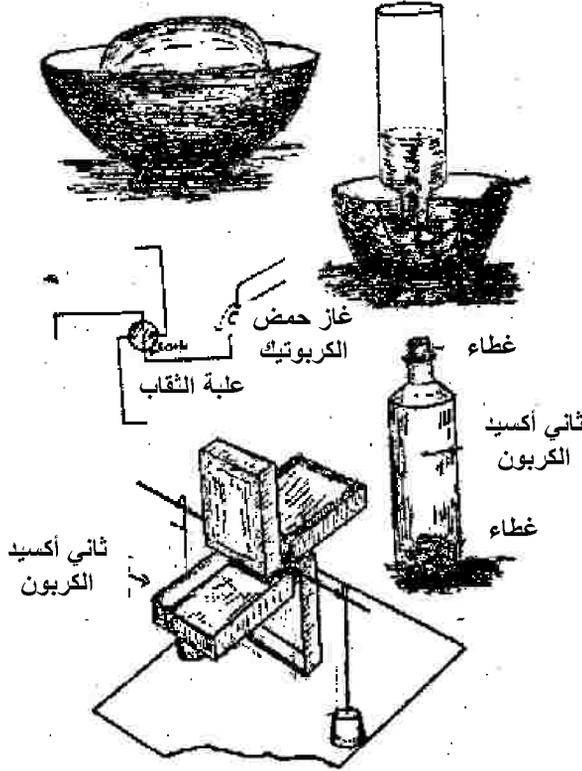
الزجاجة قليلاً من قطع الرخام ثم صب عليها نحو ملء ربع الزجاجة إلى روح الملح، تشهد فوراً شديداً، ويمر الغاز المتصاعد في أنبوبة التوصيل، اثن قطعة من أنبوبة معدنية لتكون على هيئة رقم ٧ أحد طرفيها طوله ١٠ سم، والآخر ١٥ سم، ثم ضعها في قاع الإناء، املاً الإناء إلى ثلاثة أرباعه بالماء، واملأ برطماناً للمربي إلى حافته بالماء ثم غطه بقرص من الزجاج، أو بلوح فوتوغرافي قديم، ثم نكس البرطمان تحت سطح الماء الذي في الإناء الكبير واسحب غطاءه الزجاجي، بحيث يتركز البرطمان على أنبوبة رقم ٧، وضع طرف أنبوبة التوصيل تحت فوهة البرطمان تجد أن الغاز يصعد في البرطمان على شكل فقائيع طارداً منه الماء، حتى إذا امتلأ البرطمان بالغاز غطه بالغطاء الزجاجي تحت الماء وأخرجه ثم اعدله لتكون فوهته إلى أعلى ليكون البرطمان قد امتلأ بالغاز فقط، دون أن يختلط هذا الغاز بالهواء، اجمع الغاز في برطمانات عديدة.

١٤- بعض خصائص ثاني أكسيد الكربون: أ- هل تحترق فيه الشمعة؟ (انظر الرسم لتوضيح طريقة الاختبار) ب- هل هو أثقل من الهواء؟ (انزع الغطاء عن البرطمان، وبعد دقيقتين اختبر بالشمعة كما في أ) ج- ماذا يحصل لو سكب ماء الجير في برطمان من الغاز؟ (لا يشترك غاز آخر في هذه الخاصية مع ثاني أكسيد الكربون) د- هل يذوب في الماء؟ اجمع نصف زجاجة ضيقة الفوهة بالغاز بطريقة إزاحة الماء. سد فوهتها بإهمالك، ورج الغاز جيداً مع الماء، ثم انزع إهمالك عن الزجاجة تحت الماء فماذا يحدث؟ وما هو استنتاجك؟ ه- هل يمتص الجير هذا الغاز؟ ضع قطعة من الجير المطفأ حديثاً بعد تبريدها، في زجاجة مألئ بالغاز وسد الزجاجة سداً غير محكم، رج جيداً، ثم افتح الزجاجة تحت الماء بعد تنكيسها فيه، فماذا يحدث؟ ولماذا؟.

١٥- تجربة سحرية: صب بعض الخل على صودا الغسيل في حوض عميق القاع، وبعد لحظات ألق في الحوض كرة هوائية تر أنها تثب إلى أعلى ولا تلمس القاع قط، فلماذا؟

(فقاعة الصابون تفضل الكرة الهوائية لهذا الغرض، ولكن يصعب إرساؤها تماماً حيثما تريد).

١٦- طاحونة الغاز: خذ أربعاً من علب الثقاب وسدادة من الفلين، اقطع السدادة وثبت الصناديق كما في الشكل، ومرر سلكاً في السدادة ليكون بمثابة محور وركب الكل كما في الشكل، حضر متزلقاً أو قناة لتوجيه ثاني أكسيد الكربون، ثم صب الغاز من إناء في قناة التوجيه، فإذا كانت الطاحونة جيدة التوازن دارت نتيجة لصب الغاز عليها.



١٧- جروتوديلكاني أو غاز الكلب: خذ صندوقاً من الورق المقوى، غط مقدمته بورق مظلل بالقلم الرصاص ليمثل مدخل الغاز تاركاً الحافة السفلى بعمق عشرة

سنتيمترات، اصنع للغاز ظهراً وقاعاً وجوانب من ورق اللف المجعد، ثم ضع في جانب من الغاز بعيداً عن الأنظار، صحناً صغيراً من صودا الغسيل مع الخل، اعمل ثقباً في سقف الغاز يتدلى منه سلك وفي طرفه الأسفل قطعة من شمعة مشتعلة تجدد أن الغاز المتجمع في قاع الغاز يطفئها بسرعة.

١٨- ينبوع غير منظور: اصنع قمعاً من الورق كما (سبق شرحه) ثم ثبت في أسفل القمع المذكور أنبوبة من الفخار بواسطة الشمع كما في الشكل، ثبت الأنبوبة خلال سدادة من الفلين تسد بها زجاجة صغيرة بما بعض الرخام وروح الخل أو صودا الغسيل والخل، أسقط كرة من كرات البنج بنج في القمع أو سدادة من الفلين، فماذا يحدث.

١٩- مطفئ اللهب: خذ إناء ذا سدادة محكمة، وامل بها ثقباً يتدلى منه قطعة من الغاب مسدودة من أعلاها وبها ثقب تحت السدة كما ترى في الشكل، مرر من السدادة قضيباً قد شق طرفه السفلى، وثبت كيساً صغيراً من الورق ممتلئاً ببلورات صودا الغسيل بربطه إلى الغاب كما ترى في الشكل، ضع في الإناء روح الملح المخفف أو الخل، ادفع القضيب إلى أسفل فتنفصل بلورات الصودا وتسقط في الحامض، ويندفع سيل من الحامض والغاز معاً من فتحة الغاب (تذكر أن الحامض المندفع يتلف الملابس وخطره على الأعين شديد).

٢٠- مطفئ غازى للهب: في التجربة السابقة اجعل قطعة الغاب أقصر من أن تنغمس في السائل، فلا يخرج غير الغاز حين تجرى التجربة.

٢١- غواص ياباني: خذ قطعة من الغاب الرفيع بالحجم الظاهر في الشكل مسدودة الطرف ويمر وسط هذا السد دبوس قبة يتجه طرفه المدبب إلى الخارج وتثبت فيه بندقة لتمثل الرأس، ثم يلصق بالشمع الأحمر شريط يمثل الذراعين، وآخر يمثل الرجلين، وقطع من الرصاص تمثل اليدين والخذاء، ويتر دبوس بحيث يترك منه طول قدره ستة ملليمترات تقريباً ليكون بمثابة العنق، وعليه تركيب البندقة بالضغط على ثقب يعمل

فيها، كما يتضح كل ذلك في الشكل، اعمل شقين صغيرين في الطرف الأسفل من قطعة الغاب ووصلها بقطعة من المطاط الرفيع، ثم اصنع خرطوشاً ذا حجم يتزلق بسهولة في جسم الغاب، وذلك بلف قطعة من الورق حول قلم الرصاص والصقها بالشمع، ضع في الخرطوش قليلاً من صودا الغسيل وحامض الطرطريك ثم سدها بالشمع، ضع الخرطوشة داخل الغاب، وأضف إليها من الرصاص ما يجعلها جميعاً تكاد تغوص تحت سطح الماء ثم أخرجها واثقب الخرطوشة بدبوس في موضع أو موضعين وأعدّها إلى مكانها ثم ضع الغواص في الماء، لاحظ ما يحدث وفسره.