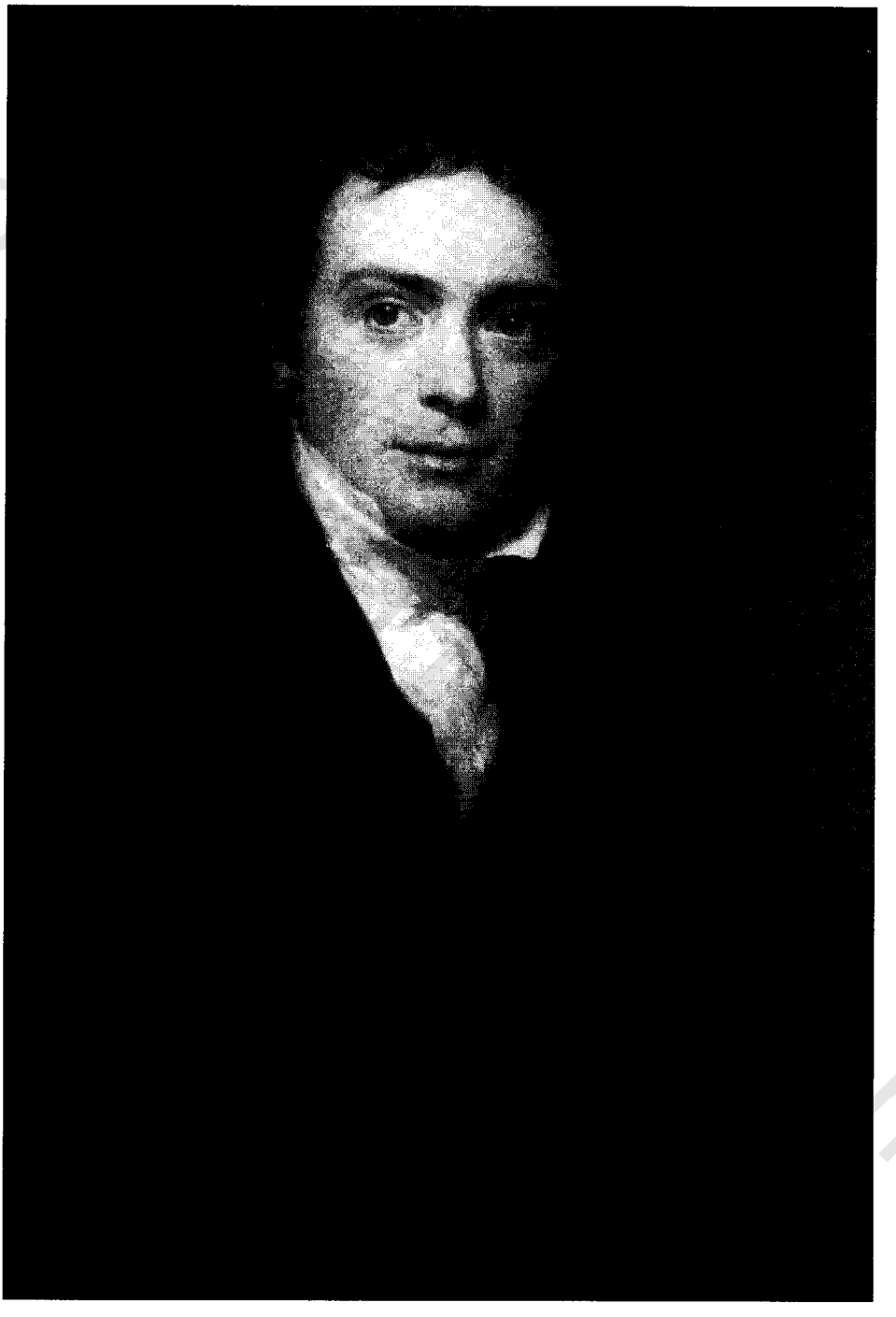
الفصل

5

أولى التجارب في الكيمياء

اشتهرت المؤسسة الملكية في مطلع القرن التاسع عشر بعلم وحيد هو الكيمياء. وكان علم الكيمياء أيضاً أول موضوع ألهب خيال فارادي في سيتي فيلوزوفيكال سوسايتي. وقد لفت فارادي في الواقع أنظار الجالية العلمية الواسعة إليه بادئ الأمر بفضل أعماله في الكيمياء، على الرغم من أنه كان يستطيب لنفسه لقباً قديماً هو «الفيلسوف الطبيعي». وتقف أسباب عديدة أخرى وراء خضوع فارادي للكيمياء، إلى جانب توجه المؤسسة الملكية التقليدي نحوه.

لقد شهد مجال الكيمياء في عام 1815 تقلبات هائلة. إذ خضع خلال السنوات الأربعين التي سبقته لثورتين رئيسيتين. ارتبطت الأولى، التي عرفت تقليدياً باسم



الشاب مايكل فارادي في مطلع سيرته المهنية المتألقة، وعلى الأرجح بعيد انضمامه إلى المؤسسة الملكية.

«الثورة الكيميائية»، بأعمال أنطوان لافوازييه في فرنسة والتي أعادت تعريف الوحدات العلمية التي تدعى العناصر الكيميائية. واقترح جون دالتون بعيد ذلك نظريته التي تنص على أن كلاً من تلك العناصر مكون من ذرات متماثلة لها ذات الوزن، إلا أنها تختلف عن ذرات أي مادة أخرى (وقد شاطر فارادي بادئ الأمر ديفي شكوكه في هذه النظرية). ومع توفر وضوح جديد لكتل البناء الأساسية في الكيمياء، صار بالإمكان توقع تحقيق تطور كبير في تحديد مكوِّنات طيف واسع من المواد المألوفة يتراوح بين الطباشير والسكر. وكانت إمكانية الكشف عن ماهية المادة، التي تتيحها الثورة الكيميائية الأولى، لتعجب كثيراً الجانب الساندماني من فارادي، الذي يعتقد بأن الكون هو من صنع الله تعالى وأن القوانين التي تحكم الكون تتسم بالتنظيم والأناقة.

أما الثورة الكيميائية الثانية فكانت شديدة الاختلاف عن الأولى، على الرغم من اعتمادها عليها بصورة جزئياً. وقد كان لهذه الثورة نتائج على المجتمع أكثر أهمية بكثير على المدى القصير، من أفكار لافوازييه أو دالتون أو حتى ديفي. لقد كانت تطبيقياً جديداً، برغم محدوديته، للقوانين الكيميائية على الإنتاج واسع النطاق للسلع إبان الثورة الصناعية. إذ احتاجت مصانع النسيج الضخمة التي انتشرت بكثرة في الشمال البريطاني مطلع القرن التاسع عشر إلى كميات كبيرة من الصابون (لغسل موادها الخام ومنتجاتها)، ومن الزجاج (للتزود بضوء النهار). وكانت

الثورة الكيميائية الأولى

بدأت الثورة الكيميائية الأولى مع أعمال الكيميائي الفرنسي أنطوان لوران لافوازييه. إذ أعادت تعريف الوحدات العلمية المسماة العناصر الكيميائية. كما أكدت أفكار لافوازييه الدور الذي يقوم به الأكسجين، وهو أحد تلك العناصر، في عملية الاحتراق، داحضة بذلك «نظرية اللاهوب»، التي كانت تزعم بأن إحراق مادة يتسبب بتحرير مادة أخرى إفتراضية تدعى اللاهوب (الفلوجستون).

وقد توصل لافوازييه إلى أن الكثير من الغازات الجديدة، التي تم الكشف عنها قبل مدة وجيزة، هي اتحادات للأكسجين مع عناصر أخرى أي بتعبير آخر، أكاسيد. وفيما لو كانت تلك المركبات مشتقة من عناصر لا معدنية (كالكبريت والنتروجين والفوسفوروز)، فإنها تنزع لأن تكون حامضية، وبالفعل فإن كلمة أكسجين التي أطلقها لافوازييه تعني «منتج الحمض». ولم ينجز لائحة تلك الغازات بأكملها، مما أبقى على إمكانية كسر عدة أجسام غير مفككة بعد إلى عناصرها في يوم من الأيام مع احتمال الكشف عن عناصر جديدة.

وقد كانت المؤسسة الملكية المكان الذي جرى فيه الكشف عن بعض تلك العناصر في واقعة تعتبر الأكثر إثارة. إذ استخدم همفري ديفي في عام 1807 تقنية تعرف باسم التحلل الكهربائي لعزل العناصر المعدنية ذات التفاعلية العالية الصوديوم والبوتاسيوم، وهي من مكونات مادتي الملح والبوتاس المألوفتين. ثم جرى بعد فترة وجيزة الكشف عن عناصر أخرى في مختبر ديفي وفي السويد على يد جي جي برزليوس. وقد جرى عزل العناصر الآتية والإقرار بكونها عناصر جديدة خلال الخمس عشرة سنة الأولى من

القرن التاسع عشر: البلاديوم والسيريوم والأُزميوم والروديوم والإيريديوم والبوتاسيوم والصوديوم والباريوم والسترنتيوم والكالسيوم والمغنزيوم والبورون واليود (أي 13 عنصر من الخمسين عنصر أو نحو ذلك المعروفين آنذاك).

وكان لنظريات جون دالتون الكيميائي من مانشستر الفضل في تحقيق تطوير أبعد مدى للكيمياء في إنكلترة وذلك بعد سنوات قليلة من أعمال لافوازييه (ومن إعدامه بالمقصلة في عام 1794 خلال عهد الإرهاب إبان الثورة الفرنسية). فهو الذي وضع أول نظرية ذرية كيميائية تنص على أن كل عنصر كيميائي مكون من جزيئات فردية صغيرة جداً تدعى الذرات، جميعها متماثلة، لكنها مختلفة عن ذرات جميع العناصر الأخرى. فإذا ما عرفت الأوزان النسبية (أي الأوزان الذرية) يصبح بالإمكان تحليل مركب، وثم تحديد نسب الذرات الفردية (ذرتي كربون مقابل أربع من الهيدروجين، على سبيل المثال) استناداً إلى وزن كل عنصر.

obeikandl.com

كلتا المادتين تصنعان من الصودا (كربونات الصوديوم)، والتي كانت قد أضحت لتوها منتجاً واسع النطاق هي الأخرى. وكانت صناعة تلك الصودا تحتاج إلى الملح والحجر الجيري وحمض الكبريت، لذا أخذت مصانع صودا ضخمة بالانتشار في كل أنحاء بريطانية. وتبين أن عنصر الكلور شديد الفعالية في تبييض الكميات الوافرة من القماش المنتجة يومياً من قبل كل مصنع، وكان إنتاج الكلور أيضاً يحتاج إلى حمض الكبريت والملح.

ويمكن الدفاع عن أن الثورة الصناعية لم تكن لترى النور لولا الثورة الكيميائية الثانية، التي أظهرت أنه بالإمكان استخدام الكيمياء لما فيه نفع الجنس البشري. وقد وجد فارادي هذه الفلسفة متوافقة جداً مع إيمانه الساندماني. إذ تحدث عن «عطايا الله» التي وضعها في خدمة البشرية، وعن الطبيعة المسخرة «لما فيه نفعنا»، وعن تطبيق القوانين العلمية لزيادة سعادة البشرية. وقد كان صادقاً في ذلك إذ ابتعد عن المراكز الهندسية والنسيجية الهامة. كما أنه تبنى الازدراء الساندماني لكسب المال بغاية جمع ثروة شخصية، وكان يعتبر أن ما يعود بالنفع على الروح أهم بكثير مما يعود بالنفع على الجسد.

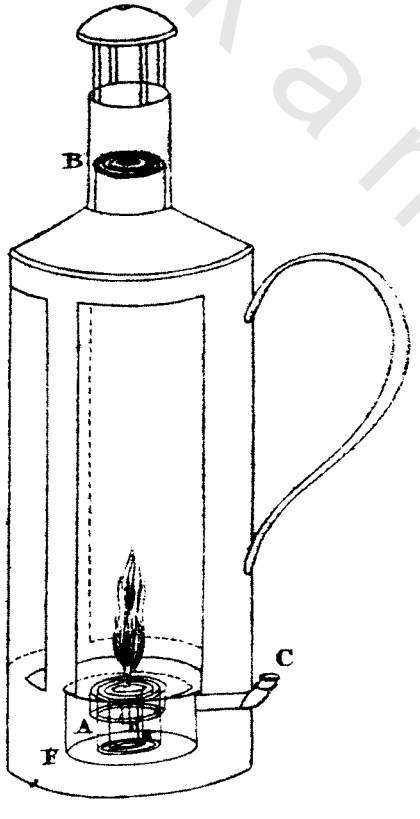
لكنه حافظ على التزامه بتطبيق العلم لما فيه نفع البشر، ورجحت في عام 1815 كفة الكيمياء لأن تكون المجال العلمي المختار.

وقد مثل تعيين فارادي كمساعد ومشرف على أدوات

مختبر المؤسسة الملكية وعلى مجموعة المعادن فيه نقلة نوعية في سيرته المهنية، ومع أنه فقد بذلك الفوائد التي كان يجنيها من إشراف السير همفري ديفي المستمر والدقيق عليه، لكنه حصل على تعويضات أخرى، من أهمها النفاذ إلى مكتبة المؤسسة الضخمة وما تشتمل عليه من كتب علمية ودوريات بعضها نادر جداً. وقلة من العلماء الطموحين بعمر فارادي من أتيح له استخدام ذاك المختبر وتلك الأدوات التي كلف بالمساعدة في الإشراف عليها. كما تضاف إمكانية حضور المحاضرات ومقابلة الناس أيضاً إلى رغبته العارمة بترقية مستواه.

واستمر ديفي في إرشاد فارادي خلال تلك السنوات الأولى على الرغم من أنه لم يعد أستاذ كيمياء في المؤسسة. وكُلف فارادي بعد عودتهما من أوروبة بمساعدة ديفي في أبحاثه لصنع مصباح آمن لعمال مناجم الفحم. وكان عمال المناجم في تلك الأيام يستعملون في أغلب الأحيان الشموع ليتمكنوا من الرؤية وهم تحت سطح الأرض. لكن غاز الميتان الذي غالباً ما يتواجد في مناجم الفحم، يشكل لسوء الحظ مع الهواء مزيجاً

ابتكر همفري ديفي مصباحاً آمناً يشتمل على نوافذ ذات شبكة سلكية تحجب اللهب بفعالية، بغية التغلب على خطر الغازات القابلة للاشتعال الموجودة داخل منجم الفحم، فيما لو تسرب إليها لهب من مصباح عامل المنجم، وقد أنقذ ذلك المصباح مئات الأرواح لكن ديفي رفض عن نبل التقدم بطلب براءة اختراع لمصباحه.



قابلاً للانفجار لدى تماسه مع اللهب. وقد تسببت قابلية الاحتراق تلك بحوادث مأساوية كثيرة كان أغلبها مميتاً. وأجرى ديفي وفارادي أواخر عام 1815، أبحاثاً مكثفة دامت بضعة أسابيع بهدف إيجاد حل لتلك المشكلة الخطيرة. وأثبتا أن تغطية اللهب بنسيج سلكي يسمح للهواء بالدخول لكنه يمنع اللهب من الانتقال إلى الجو المحيط. كما أجريت في عام 1816 تجارب إضافية.

مثّل كامل المشروع في واقع الأمر دراسة مبكرة لانتشار اللهب واحتراق الغاز، جاءت سابقة جداً لأوانها من نواح كثيرة. وكان المشروع بالنسبة إلى ديفي برنامجاً منهجياً فريداً. وقد ساعد فارادي ديفي كثيراً في هذا العمل، وقد يفسر ذلك الطابع المنهجي للدراسة. وتمثل بذلك المساعدة التي قدمها فارادي مساهمة رئيسية في سلامة عمال المناجم وفي تطوير صناعة التعدين في بريطانية، إلى جانب كونها بداية ميمونة لمسيرته البحثية في المؤسسة الملكية.

كما كان بالإمكان رؤية أثر ديفي بصورة قاطعة في جهود فارادي المبكرة في التحليل الكيميائي. وتضمن أول بحث نشره فارادي في عام 1816 بالفعل عرضاً مفصلاً لنتائج إحدى التجارب التي أجراها وديفي خلال جولتهما الأوروبية الطويلة. وكانت التجربة تحليلاً لهدروكسيد الكالسيوم، أو الجير الكاوي كما كان ديفي وفارادي يسميانه، والذي وجداه في ينابيع توسكاني الحارة. وعلّق

فارادي على ذلك «كان ذلك البحث بداية تواصلي مع الجمهور، وكانت نتائجه هامة جداً بالنسبة لي». كما أقر بأن ديفي هو من دفعه للعمل في هذا المشروع، وقد أضاف ديفي بالفعل إلى المقالة استنتاجاته الخاصة المبنية على تحاليل فارادي.

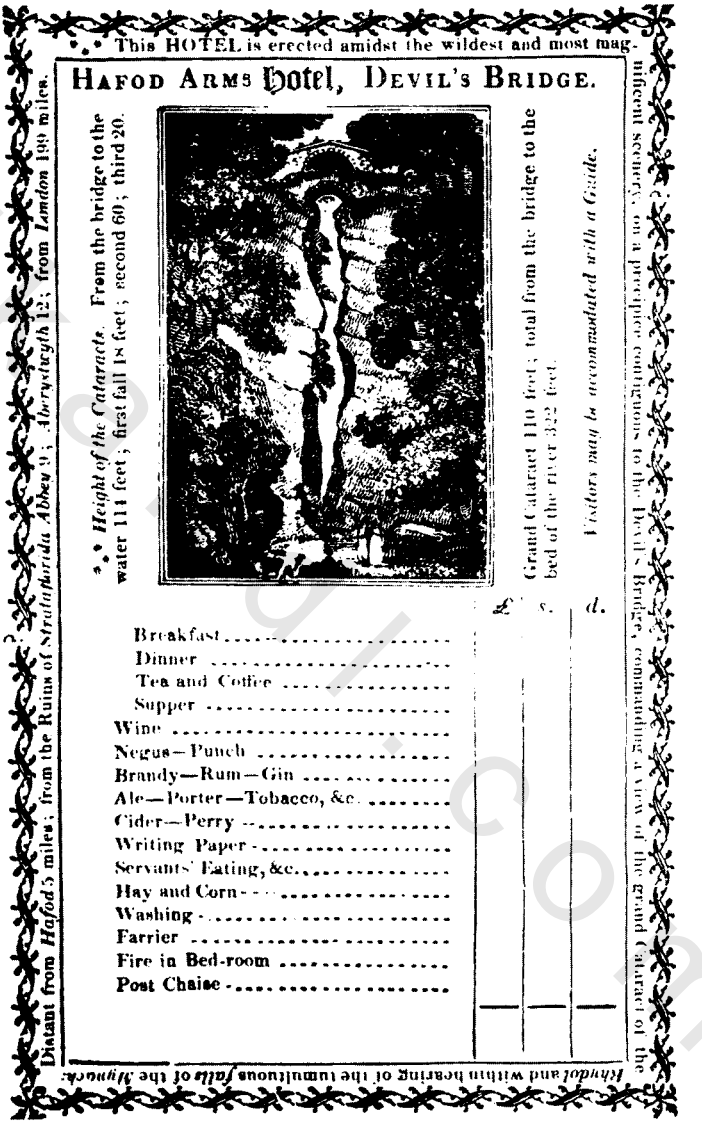
واستمر فارادي، إضافة إلى ذلك، في العمل مع ويليام براند خلف ديفي كأستاذ للكيمياء في المؤسسة الملكية. وأقام براند سلسلة سنوية من المحاضرات في الكيمياء لطلبة الطب، فساعده فارادي في تحضير التجارب العملية وهي واحدة من أنجع الطرائق لتعلم ما يمكن القيام به في الكيمياء من عدمه. كما كان براند ناشر ومؤسس جورنال أوف سينس أند ذي أرتز (مجلة العلوم والفنون) التي كان للكيمياء فيها حصة الأسد. وقد ساعده فارادي في تحرير المجلة مما أتاح له قراءة كثير من المقالات البحثية لكيميائيين من كل حدب وصوب. ولم يقتصر الأمر على إلقاء نظرة سريعة عليها فحسب، إذ تطلبت مهمة التحرير قراءة دقيقة وناقدة لكل جملة، مما أسهم في تعزيز معارف فارادي النظرية وبراعته العملية على حد سواء. وشق المساعد الشاب طريقه في غضون ذلك بالإطلاع على المجلات الأخرى المتوافرة في المكتبة وتدوين ملاحظات وافرة عنها. وبلغت تلك الملاحظات حجماً هائلاً مما دفع في نهاية الأمر مجلد الكتب السابق إلى تفريق صفحات نسخة من كتاب ويليام براند المدرسي الذي ألفه بعنوان «الوجيز في الكيمياء»

وإدراج ملاحظاته الخاصة بين ثناياه ثم إعادة تجميعه في ثلاث مجلدات.

واضطلع فارادي في تموز من عام 1819 بمهمة ذات طابع مختلف كليّاً، هي تحليل خامات الحديد التي زوده بها جي جي غست صاحب مصنع للحديد في داوليه جنوبي ويلز. وبدأ فارادي وصديقه إدوارد ماغراث رحلة على الأقدام عبر ويلز بناءً على دعوة من غست لزيارة مصنعه وقاما أيضاً، بعد قضاء ثلاثة أيام ممتعة في داوليه، بزيارة مصنع فيفيان على مقربة من سوانسي حيث تعلما استخراج النحاس وتنقيته.

وقام فارادي بين عامي 1818 و1822 بمساعدة جيمس ستيوارت، أحد أعضاء المؤسسة في دراسته لسبائك الفولاذ ووجد مُصنّع السكاكين ستيوارت في ابن الحداد شريكاً مفعماً بالحماس. وتمثل هدفهما في تحليل الفولاذ من الصنف الجيد وإعادة إنتاجه في المختبر، لكنهما لم يحققا نجاحاً كبيراً، إلى أن قام فارادي بزيارة مصنع النحاس الويلزي عام 1819. حيث لاحظ أن إضافة معدن كريم (كالذهب أوالفضة أوالبلاتين) يسمح بتقسية النحاس. فافترض أن ذلك قد يصلح أيضاً في حالة الحديد. فقام وستيوارت بخلط الفولاذ مع الحديد وذلك بصهر المعادن داخل فرن عالي، صممه فارادي خصيصاً لهذه الغاية، قادر على الوصول إلى درجات حرارة عالية جداً. ولكن تبين أن المحلول على الرغم من متانته، غير ملائم من الناحية العملية بسبب التكلفة العالية للمعادن الكريمة.

وحقق فارادي بحلول عام 1819 شهرة كأفضل كيميائي في بريطانية. حيث قام بتحليل الصلصال والخلائط



احتفظ فارادي ببطاقة فندق هافود أرمز في المنطقة الجبلية غربي ويلز كتذكار من جولته على الأقدام هناك بعام 1819.

المعدنية ومواد أخرى تلبية لاستشارات في أغلب الأحيان، كما طُلب منه الإدلاء بشهادته كخبير في دعاوى قضائية. وكانت أول شهادة له أمام المحكمة في عام 1920 عندما طلب إليه، إضافة إلى ديفي وبراند وتوماس تومسون وكيميائيين آخرين، الإدلاء بشهادتهم أمام محكمة القضايا العامة، وهي محكمة مدنية في لندن.

وكانت المحكمة تنظر في قضية رفعتها شركة لتصنيع السكر (تقوم بتكرير السكر الخام) أتى حريق على مبانيها، وشهد فارادي لصالح شركة التأمين التي كانت ترفض دفع استحقاقات الشركة وكان موضوع الدعوى تحديد ما إذا كان سبب الحريق اشتعال الزيت المستخدم في عملية تكرير السكر أو اشتعال السكر بحد ذاته. وقد حاولت شركة التأمين أن تبرهن على أن المطالبة تنضوي على احتيال في الحالة الأولى حيث أن الشركة لم تصرح عن مصدر الخطر ذاك. في حين صرح صناع السكر بأن الزيت لا يمكن أن يشتعل عند درجات حرارة أدنى من 580 فهرنهايت (304 مئوية). وقام فارادي بفحص كميات كبيرة من الزيت وبيّن أن بمقدوره الاشتعال عند درجات حرارة أخفض من تلك بكثير، واستنتج أن الزيت قد يكون بالفعل سبباً أساسياً للحريق. وقررت المحكمة في نهاية الأمر براءة شركة السكر من تهمة الاحتيال لكن شهادة فارادي أبطلت الدعوى.

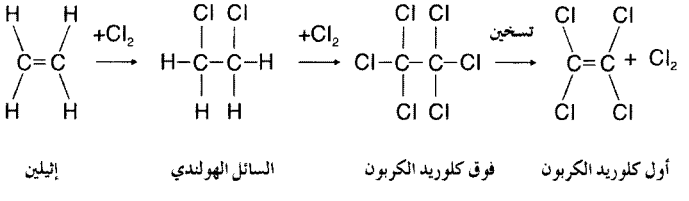
وقد أبرزت هذه القضية ثلاثة نقاط رئيسية. فإبطال

الحجج التي قدمها شهود الطرف الآخر وتنامي شهرة فارادي قد أسهما على الأرجح في زيادة مشاعر المنافسة الغيورة لدى ديفي. وبدأ شرخ بالظهور في علاقتهما. واشتملت أبحاث فارادي، إضافة إلى ذلك، على تسخين الزيت ومراقبة نواتج انحلاله، وسرعان ما طبق تلك العملية على منتجات أخرى. وختاماً أظهرت تلك القضية المرتبة المتواضعة للكيميائي في المجتمع البريطاني في ذلك الوقت. حيث لم يكن يحق للشاهد المطالبة بالنفقات إلا إذا كانت له مرتبة مهنية (محامي أو طبيب أو كادر كنسي). وقضت المحكمة بأن عمل الكيميائي الذي يقوم على «إجراء تجارب» لا يفوق عمل الميكانيكي مهنيةً، مما جعلها ترفض مطالبة ديفي وفارادي والآخرين لها بتعويض النفقات التي تكبدوها. وبقي ذلك الحكم القضائي سارياً طوال سنوات كثيرة لاحقة. ولم يتمكن الكيميائيون من الحصول على اعتراف قانوني بوضعهم المهني إلا بعد نصف قرن من النضال، بالرغم من معقولية أسس المطالبة التي رسمها فارادي وزملاؤه بين عامي 1820و1821.

كانت سنة 1821 نقطة تحول في مسيرة فارادي العلمية، إذ بدأت تجاربه بتسليط الضوء على كثير من الجوانب الجديدة في الكيمياء، بما في ذلك علم الكيمياء العضوية الناشئ، وهو فرع من الكيمياء يعنى بالمركبات الكربونية في الكائنات الحية ومعظم المركبات الكربونية الأخرى. إذ تساءل فارادي عن سبب عدم اتحاد الكلور

مع الكربون كيميائياً، كما هو شأن غالبية اللامعادن. وأجرى عدداً من التجارب بين عامي 1821 و1822 للعثور على الإجابة.

وكان الكيميائيون الهولنديون في القرن الثامن عشر قد اكتشفوا أن تفاعل الإثيلين C2H4 مع الكلور Cl2 يعطي ما أُطلق عليه «السائل الهولندي» (وصيغته C2H4Cl2 وهو ما يدعى الآن ثاني كلوريد الإثيلين). وأثبت فارادي أن تعرض السائل الهولندي إلى كمية زائدة من الكلور يخلصه من كامل الهيدروجين وينتج مركب أطلق عليه اسم «فوق كلوريد الكربون» C2Cl6 كما وجد أن تمرير بخاره عبر أنبوب متوهج بالحرارة يقود إلى كلوريد كربون آخر C2Cl4 أطلق عليه «أول كلوريد». وصار لأول كلوريد الكربون والذي يُعرف اليوم باسم رباعي كلوريد الإثيلين، دور هام كمادة مذيبة تستخدم بكثرة في التنظيف الجاف. وأنتج فارادي أيضاً النظير اليودي للسائل الهولندي عبر معالجة الإثيلين باليود.



تركيب كلوريدات الكربون

كما ركز جهوده أثناء تلك الفترة على مجال آخر ألا وهو دراسة الغازات، أو ما يعرف باسم الكيمياء النفحيّة؟ إذ ساد الاعتقاد حتى القرن الثامن عشر بأن الغازات المنفصلة التي نعرفها اليوم، ما هي إلا أنواع مختلفة من الهواء. ثم بُرهن على الاستقلالية الكيميائية للغازات، وكُشف النقاب عن كثير من الأمثلة بفضل علماء رواد مثل أنطون لافوازييه وجوزيف بريستلي وهنري كافنديش والكيميائي السويدي اللامع كارل ولهلم شيلي الذي فاق أقرانه من حيث عدد الغازات الجديدة التي اكتشفها. ويعتبر الكشف عن أن الكلور إنما هو غاز، من أهم إنجازات شايلي. وقد أجرى السير همفري ديفي، وهو أول من ميز الكلور كعنصر، كثيراً من التجارب على الغاز وتوصل إلى إمكانية اتحاده مع الماء لتشكيل جسم صلب أطلق عليه اسم «الماءات». واقترح ديفي في أحد أيام عام 1823 على فارادي تسخين الجسم الصلب في أنبوب محكم الإغلاق. ونفذ فارادي ذلك فلاحظ تشكل زيت. وقد حيرت تلك الحادثة ديفي كما فعلت بضيفه على العشاء الطبيب المشهور جون باريز، الذي قام فيما بعد بكتابة سيرة ديفي. وكان مبعث الحيرة أنه كيف يمكن للكلور وهو عبارة عن غاز أن ينتج زيتاً؟ علماً بأن المادة الوحيدة المتواجدة ظاهرياً هي الماء. وتلقى باريز صبيحة اليوم التالي رسالة موجزة مفادها:

سيدي العزيز:

لقد تبين أن الزيت الذي لاحظتموه البارحة ما هو إلا كلور

obeikandl.com

سائل.

المخلص،

م. فارادي

لقد تمكنا من إسالة غاز الكلور، دون أن يعلما بذلك، بتطبيق ضغط عليه، وذلك بوساطة تسخينه داخل أنبوب مغلق (حيث أن ضغط الغاز يتناسب طرداً مع درجة حرارته). وكان قد جرى التبليغ في سنوات سابقة عن بضعة حالات تمت فيها إسالة غازات بوساطة الضغط، إلا أنه لم يكن ديفي ولا فارادي على علم بها عندما قاما بتسخين ماءات الكلور. ثم قام فارادي في غضون أسابيع بإسالة طيف كامل من الغازات بتطبيق ضغط عليها. وقد أدرك وجود بعض الغازات التي لا يمكن إسالتها فوق درجة حرارة معينة والتي تسمى «درجة الحرارة الحرجة». وجمع بعد عدة سنوات بين تقنية الضغط هذه وتقنية التبريد بوساطة ثاني أكسيد الكربون الجليدي (الجليد الجاف)، مما سمح له باكتشاف غازات عديدة أخرى قابلة للإسالة عند درجات حرارة منخفضة إلى حد ما.