الفصل

8

التعمق في الكهرباء والمغنطيسية

شعر فارادي في أواخر العشرينات ومطلع الثلاثينات من القرن التاسع عشر بحرية أكبر في ممارسة بحوثه العلمية والتحلي بروح المغامرة. ويعود السبب في ذلك جزئياً إلى رحيل عالمين ألقيا بالظل على حياته هما ويليام ولاستون الذي سبق أن انتقده بشدة والذي توفي في عام 1828، وديفي الذي توفي في السنة التي تلت. ورغم أن فارادي يدين له بالكثير، إلا أن ديفي لم يتمكن من التغلب على حسده المتزايد لفارادي. ووافق فارادي بعد رحيله، وللمرة الأولى، على تولي مسؤوليات في الجمعية الملكية، إذ شغل عضوية مجلسها من عام 1828 وحتى عام 1831. وألقى في عام 1829 محاضرة قيمة حازت على جائزة بيكر التي تمنحها الجمعية، ثم نال جائزة بيكر للمرة الثانية عن محاضرته التي ألقاها في عام

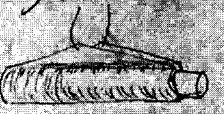
Oct 17 1831

58 The needle did not remain deflected but returned to its place each time. The order of motions were reverse as on former exps — the motions were in the direction reverse with former exps i.e the indicating needle tended to become parallel with the opposite magnetic being on the same side of the wire & poles of the same name in the same direction

59 When the 2 helices were made use of together the effect was not so strong on the galvanometer as before: probably not half so strong — So that if a heat or pressure of current at the end

60 When only one of the helices was used it was barely perceptible. hardly sensible

61 Made a sort of jacket of tin foil wound on paper cylinder so that being separated at the ends by paper the galvanometer wires could be attached to: Then passed magnet in & out but could perceive nothing at galvanometer could hardly indeed expect it because as magnet introduced there was the part in advance ready to carry the current back. Now in coil. the part in advance could not do so. But jacket may be effectual with iron in its place made a magnet. Some cotton tape covered with tin foil round it.



Oct 18. 1831

62 Again charged battery of 12 troughs 10 pt. each 4 inches square

63 Experimented with Hawksbee's M. ( ). connected as before with the galvanometer. When battery was removed on one cover the other very feebly affected galvanometer. When both

دوَّن فارادي في السابع عشر من تشرين الأول عام 1831 قيامه بلف وشيعة سلكية حول أسطوانة ورقية وربط أطرافها. كما أشار إلى انحراف الإبرة بصورة حادة لدى إدخاله مغنطيسياً داخل الأسطوانة مما يدل على وجود موجة كهربائية.

1832 والتي حصل بعدها على وسام كوبليه الذي تمنحه الجمعية للأبحاث العلمية المميزة. وشهد عام 1832 إلى جانب تقديمه للمحاضرة الثانية التي نالت جائزة بيكر، نشر مقالة له حول «الأنماط الصوتية»، وقد تم الحصول على الأشكال باستخدام مسحوق دقيق يوضع على صفيحة مهتزة. وبيّن فارادي أن تلك الأنماط، التي اكتشفت من قبل الفيزيائي الألماني إي إف شلادين، لا تتعلق بالاهتزاز الصوتي فحسب، بل بالوسط المحيط أيضاً كالهواء أو الماء على سبيل المثال. وتميزت تلك المقالة بدقة علمية منقطعة النظير أثبتت ثقة متجددة بالنفس ونضجاً علمياً لدى مؤلفها.

وكانت حياة فارادي مع سارة تسير على ما يرام أيضاً. فقد دامت سعادتهما رغم أنهما لم يرزقا بأولاد، ونذر الزوجان نفسيهما للأطفال. فكانت ضحكات الفتية من أبناء إخوتهم وأخواتهم غالباً ما تدوي في غرف المدير في المؤسسة الملكية إبان زيارتهم، كما عاشت معهما لبضعة سنوات اثنتان من بنات إخوة سارة هما جان بارنارد ومارغري آن ريد في حالة أشبه بالتبني، ويقال أن فارادي كان يفضل صحبة النساء على الرجال. وحين كانا يحظيان بزيارة عائلات ساندمانية أخرى، كان مايكل يستمتع على سجيته بالعدو مع الأطفال أو الطواف بهم على دراجته الثلاثية في الرواق شبه الدائري المحيط بالمدرج الواقع في الدور الأسفل من المبنى.

أما في منزله فكان فارادي يسترخي في مكتبه الخاص

بطمأنينة تامة، ويرحب بالعائلة الموسعة التي يجمعها الإيمان الساندماني وأواصر الزواج الكثيرة التي كانت تربط بين أسرتين وثيقتي الصلة (كعائلتي فارادي وهاستويل). إذ اقترنت شقيقة مايكل الصغرى مارغريت بشقيق سارة، في حين تزوج عدة أشخاص من عائلة بارنارد من عائلة ريد الساندمانية في نيوكاسل. كما تزوج شقيقا مايكل الكبيران روبرت وإليزابث أفراداً من الطائفة في لندن.

وكان مايكل وسارة يمضيان أيام الأحد برمتها في مقرهما، إذ كان العشاء (وليمة المحبة) يقع بين اجتماعيين آخرين للتعلم والمناقشة يدوم كل منهما ثلاث ساعات على الأقل في معظم الأحيان. ويخصص بعد هذا الماراثون الروحي وقت للاجتماعات العائلية، إضافة إلى الاجتماعات التي تعقد في أمسيات الأربعاء. وكان مايكل فارادي يقوم خلال الأسبوع أحياناً بزيارات إلى عائلات ساندمانية أخرى وعلى الأخص المحتاجة منها. وأضحى هذا الأمر أقرب إلى الواجب بعد قبوله شمّاساً (عام 1832) ثم زعيماً للكنيسة (عام 1840)، وأخذ يشارك أكثر فأكثر في الوعظ خلال اللقاءات الساندمانية في لندن وخارجها.

أما على صعيد المختبر، فقد عاد فارادي في مطلع الثلاثينات من القرن التاسع عشر إلى مجال الكهرومغنطيسية، والذي كان قد تركه بعد اكتشافاته

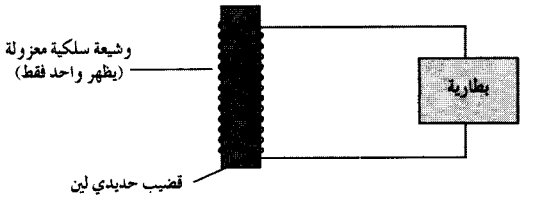
الأولية قبل عشر سنوات، مع استمراره في متابعة بعض الأبحاث في الكيمياء. وتوجد على الأرجح أسباب كثيرة تقف وراء إخفاق فارادي في الاستثمار المباشر للنجاحات التي حققها في العشرينات من القرن التاسع عشر. فقد كانت لديه أولويات أخرى بما فيها أبحاثه في الكيمياء ومتطلبات زواجه ومسؤولياته في الكنيسة الساندمانية.

إلا أن السبب الرئيسي في الغالب هو موقفه المتأرجح من النظرية الكهرومغنطيسية لأندريه ماري أمبير. إذ كان يحترم الكثير من أفكار العالم الفرنسي، لكنه لم

كان أندريه ماري أمبير رياضياً وفيزيائياً فرنسياً اكتشف القوانين المتعلقة بمرور تيار كهربائي في سلك، وأطلق اسمه على واحدة التيار الكهربائي وهي الأمبير.

يكن ينظر إلى المغنطيسية كأثر جانبي للتيار الكهربائي كما فعل أمبير. بل كان يعتقد أن قوة دائرية تحيط بالسلك الذي ينقل تياراً كهربائياً هي المسؤولة عن دفع المغنطيس. كما وكانت لديه رؤية أكثر تناظراً للكهرباء والمغنطيسية، من دون ترجيح كفة إحداهما على الأخرى من حيث الأهمية. فبعد نجاحه في الحصول على آثار مغنطيسية من تيار كهربائي، عبّر فارادي عن رغبته في «تحويل المغنطيسية إلى كهرباء»، إلا أن حالة الفوضى النسبية التي كانت تتسم بها النظرية الكهرومغنطيسية حالت دون تحقيقه لذلك آنذاك.

ثم تحقق، خلال العشرينات من القرن التاسع عشر، بعض التقدم في الكهرومغنطيسية بفضل آخرين، منهم الفلكي والفيزيائي الفرنسي فرانسوا آراغو، والمخترع وصانع الأحذية الإنكليزي ويليام سترجيون. إذ اكتشف آراغو أنه إذا ما لف سلك مكهرب على شكل وشيعة ثم أدخل قضيب فولاذي داخل الوشيعة فإنه يصبح ممغنطاً. وكان قد أجرى تجارباً أظهرت السلوك الغريب لإبرة البوصلة عندما يوضع تحتها قرص نحاسي مسطح بشكل أفقي. إذ أن تحريك البوصلة يجعل إبرتها تحتاج إلى بعض الوقت عادة كي تعود إلى وضع مستقر، لأنها تهتز أحياناً مائة مرة أو أكثر، أما وجود القرص فيخفض الاهتزازات إلى عدد صغير جداً. وبالرغم من أن النحاس معدن لا مغنطيسي، فإن له أثر مماثل لأثر سلك ناقل على الإبرة.

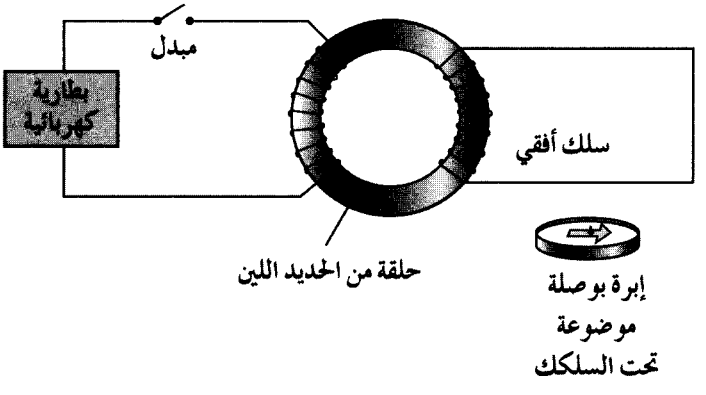


مغنطيس كهربائي بسيط

أما ويليام سترجيون فقد اخترع المغنطيس الكهربائي. حيث قام بلف وشيعة من سلك نحاسي عار حول قطعة من الحديد اللين محنية على شكل حدوة حصان ومغطاة بطبقة من الورنيش العازل. واكتشف سترجيون أن الحديد يصبح ممغنطاً لدى مرور تيار عبر السلك، ويكون بمقدوره رفع ثقل حديدي زنة 4 كغ. في حين تختفي المغنطيسية عند قطع التيار فيسقط الثقل. ونقول بأسى أن فارادي قد تغاضى بصمت تام عن مطالبات سترجيون المشروعة بأحقيته في اختراع المغنطيس الكهربائي وعدد آخر من الاكتشافات المهمة في الكهرومغنطيسية. ومن الواضح في هذه القضية أن فارادي لم ينسب الفضل المستحق بجدارة إلى صاحبه. فهل كان يرى في صانع الأحذية المتواضع منافساً له أكثر خطورة من ولاستون الشهير؟

لقد كانت مثل تلك الأشياء الغريبة كافية لإثارة اهتمام فارادي بالكهرومغنطيسية من جديد، فبدأ تجربة هامة في آب 1831 قادته إلى أحد أعظم اكتشافاته. حيث قام بتركيب أداة بسيطة هي عبارة عن سلكين منفصلين ملفوفين حول حلقة من الحديد اللين قطرها الخارجي

يقارب 6 إنش. ورُبط أحد السلكين في نهايتيه إلى بطارية، في حين كانت نهايتا السلك الآخر موصولتين معاً. كما وضعت إبرة ممغنطة مرتكزة على محور مباشرة تحت جزء من الدارة، بحيث تكون موازية لطول قصير من السلك. ولدى وصل الدارة، التي تشتمل على البطارية، أو قطعها كانت الإبرة القريبة من الدارة الأخرى تُنتزع من مكانها ثم تستعيد هبوطاً وضعها الأولي. ومن ثمَ فإن تغيراً في التيار الكهربائي في الدارة الأولى يؤثر على مغنطيسية الحلقة الحديدية. وكان هذا الأمر معلوماً مسبقاً، أما الجديد فهو التغير في الدارة الثانية. إذ أن تحرك الإبرة يقتضي أن تياراً كهربائياً قد تدفق عبر السلك الذي يعلوها. وبذلك فإن المغنطيسية تنتج أثراً كهربائياً كما ينشأ عن الكهرباء أثر مغنطيسي.



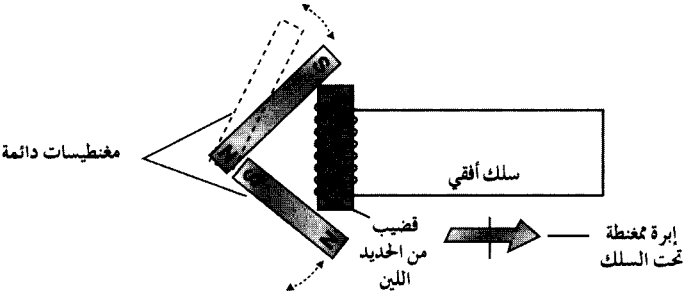
وتعد هذه أول حالة موثقة للتحريض الكهرومغنطيسي، على الرغم من أن فارادي لم يسجل في حينها مطالبة بذلك. واستمر في إجراء التجارب خلال

اليوم أو اليومين التاليين، ليأخذ بعدها استراحة بلغت ثلاثة أسابيع، انكب بعدها من جديد على المسألة بطاقة متجددة.

وصنع فارادي في الرابع والعشرين من أيلول تشكيلة مثلثية مكونة من قضيبين دائمي المغنطيسية وقضيب قصير من الحديد اللين يربط القطب الشمالي لأحد المغنطيسات بالقطب الجنوبي للمغنطيس الآخر. ويحيط بالقضيب الحديدي اللين وشيعة من سلك ربطت نهايتاه معاً وهو موجود على مقربة من إبرة ممغنطة كما في التجربة السابقة، وعندما حرّك أحد المغنطيسين الدائمين أشارت الإبرة إلى مرور تيار في السلك الذي يعلوها. وكان ذلك دليلاً على نشوء تيار كهربائي بمجرد تغيير موضع المغنطيس، من دون الحاجة إلى استخدام دارة كهربائية أخرى. أي أنه نجح في الحصول على الكهرباء من المغنطيسية بمفردها.

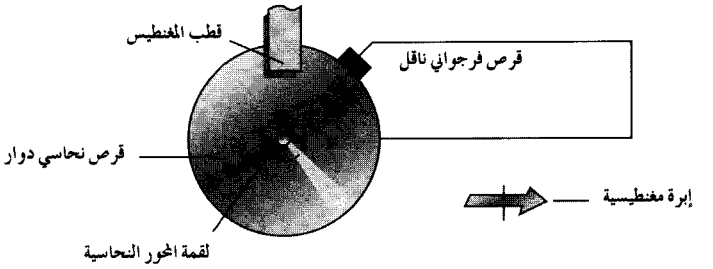
ثم بدّل، بعد أيام قليلة، قضيب خشبي بالقضيب الحديدي فكان الأثر على الإبرة الممغنطة صغيراً جداً. وعاد بعدها إلى التجربة الأولى التي تستخدم حلقة حديدية ليبرهن على أنه في حال وجود ثغرة صغيرة تقطع الدارة الثانية، فإن شرارة كهربائية تقفز عبر الثغرة فيما لو كانت الحلقة الحديدية ممغنطة. وفي السابع عشر من تشرين الأول قام بلف وشيعة سلكية حول أسطوانة ورقية، وربط نهايتيها معاً كالمعتاد. وعندما أدخل مغنطيساً

داخل الاسطوانة خضعت الإبرة إلى انحراف حاد كما لو أن هناك موجة من الكهرباء. وزادت تجارب أخرى من قناعته أن بمقدور المغنطيسية بالفعل توليد تيار كهربائي وأن معدن الحديد مهم جداً في مثل تلك التجارب.



عندما يُحرَّك أحد المغنطيسيين (كما هو مبيَّن بالخطوط المنقطة) تُظهر الإبرة المغنطيسية انحرافاً، مما يدل على مرور تيار في السلك الذي يعلوها ويثبت الحصول على الكهرباء من المغنطيسية.

وتجدر الإشارة إلى أن فارادي لم يكن قد حصل بعد، عند تلك المرحلة، على ما يشبه تياراً كهربائياً مستمراً. لكنه وقع بعد بضعة أيام على طريقة محتملة للحصول عليه. إذ اقترح القيام بإدارة قرص نحاسي (يشبه القرص الذي استخدمه آراغو) بين قطبي مغنطيس والنظر في إمكانية كشف تيار في الدارة الموصولة مع القرص. وتوصل بعد عدة تجارب مخيبة للأمل إلى ترتيب بسيط، حيث وصل أحد طرفي الدارة إلى لقمة المحور النحاسية الذي يدور القرص عليه، في حين لامس طرفها الآخر حافة الدولاب المتحرك. وبذلك حصل فارادي حسب تعبيره على «إنتاج تيار كهربائي دائم بوساطة مغانط عادية». لقد تمكن من اختراع الدينامو.



وقُدم تقرير عن النتائج من دون الخوض في التفاصيل الصغيرة إلى الجمعية الملكية في تشرين الثاني. وأقر فارادي في دفتر يومياته أن تحويل المغنطيسية إلى كهرباء لم يمثل مفاجأة له. لكن الأشهر الأخيرة من عام 1831 مثلت تحقيق حلم طال عشر سنوات.

كان فارادي حريصاً على الالتزام بالوقائع التجريبية في مقالاته المنشورة، إلا أن فكرة، كانت تنضج في ذهنه شيئاً فشيئاً، شكلت الأساس لكثير من أعماله. كانت تلك الفكرة هي مفهوم «الحالة الطنينية الكهربائية»، وهي حالة للجهد أو التوتر المحرض في سلك نتيجة مرور تيار كهربائي. فما أن تتدفق الكهرباء حتى تنشأ الحالة الطنينية الكهربائية ويتسبب هذا الجهد بانحراف الإبرة الممغنطة. أما حين ينقطع التيار فتنحرف الإبرة في الاتجاه المعاكس. وهكذا عوضاً عن أن يكون هناك سيل من الكهرباء يتدفق عبر السلك توجد موجة من التوتر تنتقل عبره من جزيء إلى آخر. وتمثلت المشكلة في عدم إمكانية الحصول على إثبات تجريبي على هذه الحالة الطنينية الكهربائية. وبرغم

ذلك بقيت تلك الفكرة مبدأً دليلياً في فكر فارادي لسنوات كثيرة تلت.

وتعد هذه الاكتشافات المنطلق للكثير من الأبحاث الجديدة في الكهرباء التي قام بها فارادي، وبداية عصر كهربائي جديد للحضارة. فقد سمحت تلك الاكتشافات بظهور الدينامو الحديث والصناعة الكهربائية الواسعة التي استندت إليه، على الرغم من أن فارادي لم يتنبأ بحدوث كل ذلك. وزار السير روبرت بيل رئيس الوزراء البريطاني المؤسسة الملكية بعيد نشر تلك النتائج. واستوضح من فارادي عن استخدامات هذا الاكتشاف الكهربائي الجديد فأجابه قائلاً «لا أدري، لكنني أراهن على أن حكومتكم ستفرض ذات يوم ضريبة عليه». وكان بالطبع على حق في ذلك.

ومع نهاية عام 1831 كان فارادي قد اخترع وسيلة للحصول على تيار كهربائي مستمر كما البطارية، وإنما باستخدام قرص متحرك ضمن حقل مغنطيسي. لقد كان فخوراً عن وجه حق بالدينامو البدائي الذي اخترعه، لذا يمكن فهم الغضب الذي انتابه عندما أعلن محرر صحيفة تدعى ليتراري غازيت في مطلع 1832 أن فيزيائيين يعملان في إيطالية قد سبقا فارادي إلى ذاك الاكتشاف. والواقع أن الإيطاليين وهما ليوبولدو نوبيلي وفينشنسو أنتينوري قد قاما بتكرار بعض تجارب فارادي بعد الإطلاع عليها في تقرير محرف تم تناقله في باريس، إلا أنهما قد أشارا

بصورة أمينة إلى المصدر. وتلقى المحرر الطائش رسالة مقتضبة من فارادي جاء فيها «لم تزعجني في حياتي مقالة كما فعلت هذه المقالة». وسُوّي الخلاف بنشر كامل تقرير فارادي إلى الجمعية الملكية في مجلتها فيلوزوفيكال ترانز أكشن، وبنشر ملاحظاته الخاصة ملحقة بترجمة لمقالة الإيطاليين في فيلوزوفيكال ماجازين. وكشفت تلك القضية جانباً خفياً في شخصية فارادي وهو حساسيته فيما يخص حقوقه من حيث الأولوية والملكية لأعماله. وكما أكد تيندال «تكمن خلف لطفه ودماثة خلقه حرارة بركان»، رغم أن تلك الحرارة كانت على الدوام تحت السيطرة.

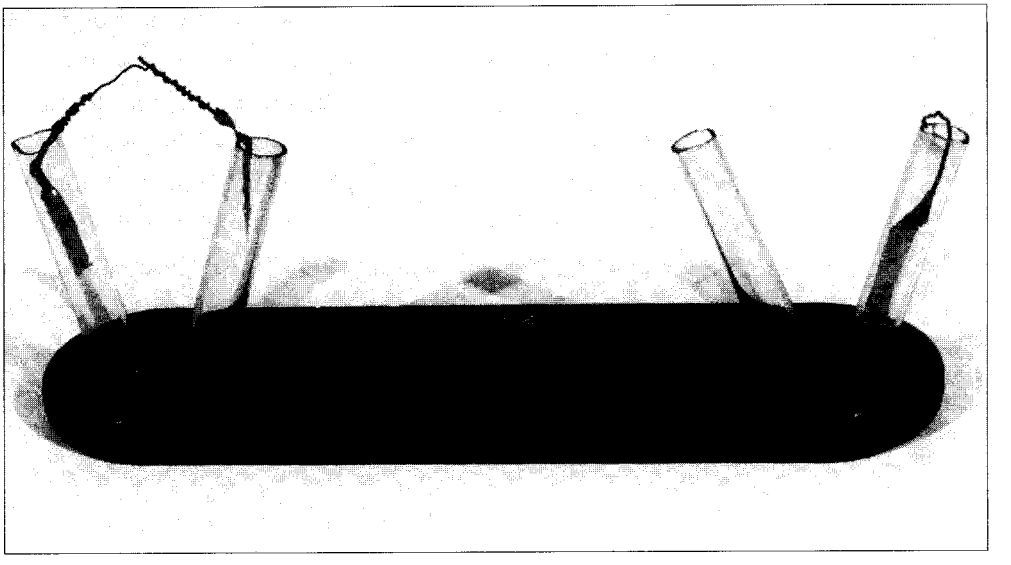
لقد انزعج فارادي كثيراً من هذا الاتهام بسرقة أعمال الآخرين، الذي أعاد له ذكريات الاتهامات السابقة من ولاستون وديفي. واستمر في أبحاثه المتعلقة بالكهرباء إلا أن ظهور هذا الجدل من جديد قد حضه على تفادي التسريبات المبكرة حول نتائجه كي لا يضر بمطالباته بأصالة أعماله.

وتصدى فارادي أثناء ذلك لمسألة رئيسية أخرى. إذ كان يتم منذ سنوات كثيرة الحصول على آثار كهربائية من طيف من المصادر المختلفة. ومن أقدمها الكهرباء الساكنة التي كان يُحصل عليها سواء من التفريغ الكهربائي البرقي أو من دعك الشعر أو الحرير بمواد مثل خشب الأبنوس، والذي يتسبب بحدوث شرارات بالغة الصغر كي تسمع أو ترى. وكان معروفاً منذ زمن طويل أن بمقدور بعض

الحيوانات أن ترد مهاجميها بإعطائها ما يشبه الصدمة الكهربائية. وكان معلوماً منذ منتصف القرن الثامن عشر أيضاً أنه عندما يُسخّن الكبريت أو الراتنج في وعاء معزول يحدث نوع من التكهرب أطلق عليه فيما بعد اسم الكهربائية الحرارية. كما ظهر نوع آخر في عام 1800 عندما قام ألساندرو فولتا بتكديس أقراص متناوبة من النحاس والزنك والورق الرطب ليحدث تياراً مستمراً، وكان عمود فولتا في الواقع أول بطارية كهربائية. وقد أُطلق على هذا التكهرب اسم الكهربائية الفولتية نسبة إلى مكتشفها. وجاء فارادي ليبرهن بنفسه على وجود نوع آخر أيضاً هو الكهرومغنطيسية.

كانت الكهرباء الساكنة تُكشف في الغالب من خلال قدرتها على التسبب بتباعد الورقتين الذهبيتين للمكشاف الكهربائي، كما كان معروفاً عنها تسببها بالحرارة وبالشرارات أيضاً. وقد عكف كثير من الباحثين على دراسة الكهرباء الفولتية بتمحيص منذ الإعلان عنها، وتوصلوا إلى بعض الآثار المماثلة، إلى جانب أثر آخر جرى اكتشافه في عام 1800 من قبل المؤلف ويليام نيكولسون والجراح أنطوني كارلسيل وهو قدرة الكهرباء الفولتية على تحليل محاليل الكثير من المواد الكيماوية، والتي عرفت فيما بعد باسم التحلل الكهربائي.

وكان التساؤل الهام الذي طرحه فارادي على نفسه هو ما إذا كانت جميع تلك الأشكال من الكهرباء عبارة عن



قام فارادي بصنع أو استخدام هذا الجهاز في دراساته للآثار الكيماوية لتيار كهربائي. وقام بوضع المحاليل المراد تحليلها داخل الأواني الزجاجية على شكل حرف V.

ذات الشكل في واقع الأمر. وقد أثبت في عام 1832 صحة ذلك من خلال اختبار الآثار العامة (كالمغنطيسية أو التحلل الكيماوي) للكهرباء من مصادر مختلفة.

وصدرت بذلك عن المختبر الصغير في شارع ألبيمارل استنتاجات كان لها أثر هائل على دراسة الكهرباء التي اتحدت في علم جديد وحيد. ولم يقتصر الأمر على اتحاد علم الكهرباء، إذ كانت الفيزياء والكيمياء في طريقهما للاندماج في علم جديد آخر هو الكيمياء الكهربائية.

إذ لم يكتف فارادي بدراسة الآثار العامة للكهرباء من مصادر متنوعة، بل درس أيضاً آثار تفريغ الكميات ذاتها من الكهرباء الساكنة والفولتية بوساطة مقياس غلفاني، وهو جهاز يقيس مرور تيار كهربائي من خلال مقدار انحراف إبرة مغنطيسية فحصل على النتيجة ذاتها تماماً

مهما كانت الشدة (أو بتعبير آخر الجهد) الكهربائية. لقد حالف الحظ فارادي حقيقة في استخدامه لجهاز خاص يعرف باسم المقياس الغلفاني البالستي والذي يستجيب لتغيرات صغيرة جداً في التيار، إذ أن المقياس الغلفاني العادي لا يقيس كمية التيار بل تدفقه.

ولكن هل بالإمكان إجراء قياسات كمّية مشابهة على التحللات الكهربائية؟ قد يكون ممكناً قياس مدى التحللات من خلال قياس حجم الهدروجين المتحرر أو وزن النحاس الراسب على سبيل المثال. وبدأ فارادي مع نهاية عام 1832 البحث فيما أسماه «الانحلال الكيميائي الكهربائي». حيث استخدم فُلطامتر لقياس حجم الغازات المنبثقة نتيجة مرور تيار عبر المحلول. ومرر تياراً عبر سلسلة من الأكواب التي تحوي حمض الكبريت الممدد، استخدم فيها جميع التغيرات الممكنة في أنواع النواقل التي تحمل التيار إلى ومن المحاليل. وكانت النتيجة مطابقة لتوقعاته، وعلى الأخص أن مدى الفعل الكيميائي الكهربائي يتعلق فقط بكمية التيار. وتوصل بذلك إلى ما أطلق عليه اسم قانون فارادي الأول في التحلل الكهربائي: تتناسب كمية التغير الكيماوي الناتج عن مرور تيار كهربائي مع كمية الكهرباء التي تعبر المحلول.

ثم بدأ فارادي في نهاية عام 1833 تقريباً بتجريب طيف واسع من المواد المذابة بالماء داخل الفلطامترات، فتوصل سريعاً إلى استنتاج آخر يعرف باسم قانون فارادي الثاني في التحلل الكهربائي:

تتعلق كمية التحلل الناتجة عن مقدار معين من الكهرباء أيضاً بالمعادل الكيماوي للمادة الراسبة أو المتحررة، والمعادل الكيماوي هو الوزن الذي يحل محل أو يتحد مع وزن أحادي من الهدروجين، أي على سبيل المثال عدد غرامات الزنك التي تحل محل غرام واحد من الهدروجين.

ويطلق على كمية الكهرباء اللازمة لتحرير معادل كيماوي واحد (1 غرام من الهدروجين على سبيل المثال) عدد فارادي أو اختصاراً فارادي. ويعد القانونان اللذان اكتشفهما فارادي الأساس الكمي لعلم الكيمياء الكهربائية.

وقد بطلت تفسيرات فارادي النظرية للتحلل الكهربائي منذ زمن طويل. إذ اعتقد أن التيار يتسبب بانحلال الجزيئات عديمة الشحنة إلى جزيئات مشحونة أطلق عليها اسم «الإيونات»، تنتقل إلى الناقل ذي الشحنة المعاكسة ثم تفقد شحنتها. وبدا أن أولى مفاهيم فارادي المتعلقة بالطنين الكهربائي قد تقدم شرحاً ملائماً للتحلل الكهربائي. إلا أن غياب البرهان التجريبي بعد الكثير من الأبحاث التي أجراها قاده في عام 1835 على الأرجح إلى التخلي للمرة الثانية عن اعتبار الحالة الطنينية الكهربائية «نتيجة تجريبية»، رغم تمسكه بها كفرضية. ولم يتمكن فارادي من حل هذه المسألة ولو أن أبحاثه قد قادت جيمس كليرك ماكسويل في نهاية الأمر إلى اكتشاف كيفية تطبيق نظرية الحقل على المغنطيسية وعلى الكهرباء. وقام ألبرت إينشتاين بعد سنوات كثيرة بتطوير هذه المفاهيم بصورة أعمق ليصل إلى نظرية الحقل الموحد والنسبية العامة.

كما يدين علم الكيمياء الكهربائية بالفضل إلى فارادي في الكثير من المصطلحات المسلم بها الآن مثل التحلل الكهربائي وهو عملية انحلال محلول كيماوي بوساطة الكهرباء، والمنحل بالكهرباء وهي المادة من المحلول التي تخضع للتحلل، والمسرى وهو الناقل الذي يدخل منه التيار إلى المحلول أو يخرج، والمهبط وهو الناقل الذي يخرج منه التيار (المسرى السالب)، والمصعد وهو الناقل الذي يدخل منه التيار (المسرى الموجب)، والأيون وهو الجزيء المشحون من المحلول، والأيون موجب الشحنة وهو الأيون الذي يتفرغ عند (يتجه إلى) المهبط، والأيون سالب الشحنة وهو الأيون الذي يتفرغ عند (يتجه إلى) المصعد.

وعلى الأرجح فإن المصطلحين الأوليين قد أوجدهما صديق لفارادي هو الدكتور وايتلوك نيكول، أما المصطلحات الأخرى فقد ابتكرها الرياضي ويليام ديول رئيس كلية ترينتي في كامبردج (والذي استنبط أيضاً كلمة «عالم»). وبالرغم من أن فارادي لم يكن من وضع تلك المصطلحات إلا أنه هو من جعلها في متناول العموم عندما استخدمها في محاضرة ألقاها مطلع عام 1834، ثم نشرها في فيلوزوفيكال ترانز أكشنز بعد فترة وجيزة.

تابع فارادي مشاريع متنوعة في ذات الوقت الذي أنجز فيه تلك التطورات الهامة في علم الكيمياء الكهربائية مبرهناً بذلك على فكر مبدع متعدد المهارات. إذ اكتشف

في عام 1833 أنه بالإمكان استخدام البلاتين لتحفيز التفاعل بين غازي الهدروجين والأكسجين وتشكيل الماء. واستنتج عن حق أن السبب في ذلك هو امتصاص الغازات على سطح المعدن (والذي كان أيضاً عرضة للتسمم بالكثير من الشوائب ومن ثَمَ فساد المادة المحفزة). كما استنتج أيضاً، فيما يخص سطوح المعادن، أن السبب الذي يمكّن حمض النيتريك من جعل الأيون سلبياً أو غير فعال كيماوياً هو على الأرجح الحماية التي تؤمنها طبقة رقيقة من أكسيد الحديد. وقد تنوعت دراساته الأخرى من أثر مسحوق البارود على الرصاص إلى تجارب على كبريتات الصوديوم والمطاط الخام (الكوتشوك) ومطهر سائل جديد يحتوي على الكلور.

كما خاض فارادي في مغامرة أكثر ديمومةً ارتبطت بتطبيق واسع النطاق للعلم، عندما جرى تعيينه في عام 1836 مستشاراً علمياً لترينتي هاوس الهيئة المسؤولة عن جميع المنارات المنتشرة على شواطئ إنكلترة وويلز. وشغل هذا المنصب حتى عام 1865. وقد اشتمل عمله على واجبات متنوعة منها إسداء النصح حول التهوية، وإشارات الضباب، وصنع العدسات، وزيوت التسخين، وميزات الإنارة الكهربائية الجديدة. وقد سعى فارادي إلى جعل المنارات أكثر اقتصاداً من حيث استهلاك الوقود وأكثر فعالية من حيث الإنارة. وقد ألزمه عمله لدى ترينتي هاوس كثيراً من الترحال في شروط غير مريحة في أغلب الأحيان. وتقدم الرواية التالية التي يعود تاريخها إلى شباط

1860، وقد بلغ كاتبها من العمر 69 عاماً، وصفاً نموذجياً للواقع:

ذهبت إلى دوفر يوم الإثنين المنصرم (الثالث عشر من الشهر الحالي)، فهبّت علينا عاصفة ثلجية ونحن بين أشفورد ودوجر كادت أن تحتجزنا في القطار، ولم أتمكن من الذهاب إلى المنارة في تلك الليلة، وعندما اكتشفت صبيحة اليوم التالي أن الطرقات مغلقة بسبب تراكم الثلوج، عدت إلى لندن. ثم عاودت الكرة يوم الجمعة ولكن هذه المرة بالطائرة على أمل أن تكون الطرقات قد فتحت إلا أن تلك المؤدية إلى المنارة كانت مغلقة أيضاً. وتمكنت بعد تسلق السياجات الشجرية والجدران واجتياز الحقول، من الوصول إلى المنارة وتفقدها وتدوين الملاحظات.

قد يكون أمراً سهلاً إفتراض أن الدافع وراء عمل فارادي الاستشاري الهائل بما فيه وظيفته لدى ترينيتي هاوس رغبته بتحسين دخله. فهو قطعاً لم تعد المؤسسة الملكية سخية في السنوات الأولى، إذ كان يتقاضى 57 جنيه استرليني في عام 1813 وزاد مرتبه السنوي ليصل إلى 300 جنيه استرليني فقط في عام 1853. إلا أن التعويضات السنوية التي تقاضاها فارادي عن محاضراته بلغت 100 جنيه استرليني في الثلاثينات من القرن التاسع عشر، كما منحته السلطة الملكية اعتباراً من عام 1835 معاشاً خاصاً قدره 300 جنيه استرليني. وهكذا قدّر دخله

بحوالي 1000 جنيه استرليني سنوياً وهو ما يعادل 100 ألف جنيه استرليني في التقديرات الراهنة. وقد طُرح تساؤل حول مدى الرضا الذي قد يغمر شخصاً روحياً مثل فارادي بتلقي مثل هذا الدخل الوافر في نهاية المطاف. لقد شعر فارادي حقيقة بأنه يستحق أكثر مما يتقاضى، بالنظر إلى انجازاته الهامة خصوصاً، ولو أن السبب في ذلك قد يعود إلى إحدى الأزمات المالية المتواترة التي عصفت بالمؤسسة الملكية. وبالرغم من كل ذلك فإن فارادي قد شعر وضوحاً بأنه يستحق مرتباً لائقاً، دون أن يتعارض هذا الشعور مع تعاليم إيمانه الساندماني.

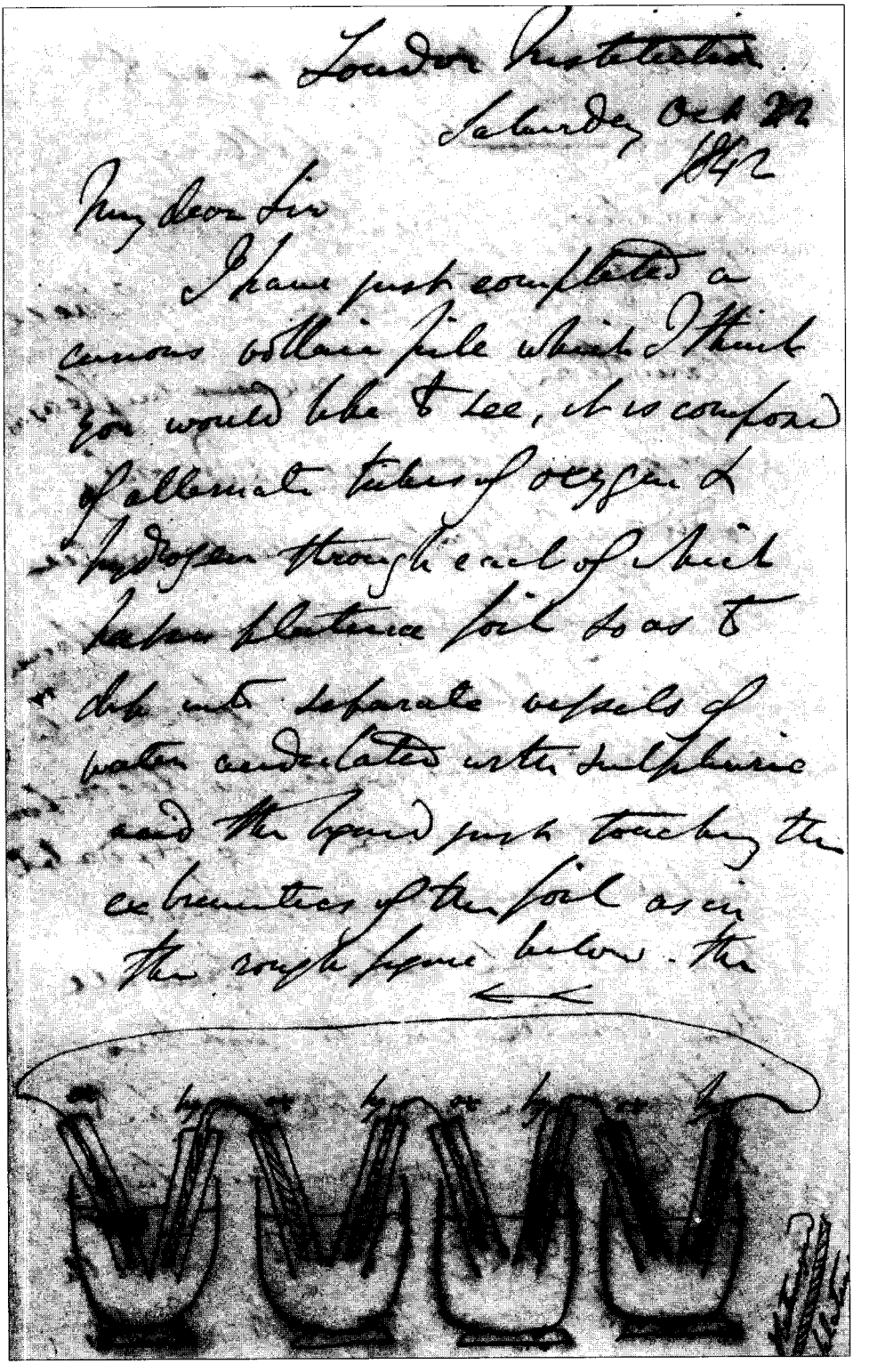
لقد كان فارادي، بحكم كونه ساندمانياً، ملتزماً بالنظرة الكتابية للغنى، والتي تشتمل على وصايا مثل «لا تقدرون أن تعبدوا الله والمال [قيم دنيوية]»، و«فاطلبوا أولاً ملكوت الله». وقد عُثر في نسخة الإنجيل الخاصة بفارادي على خطوط عمودية مرسومة بالقلم بصورة جلية بمحاذاة المقطع الطويل الذي يتضمن النصوص الأخيرة المذكورة، إلى جانب الكثير من النصوص الأخرى مثل «لأن حب المال أصل كل شر» (الأولى تيموتاوس 6-10) و«نزّهوا سيرتكم عن حب المال واقنعوا بما عندكم فإنه قال لا أخذلك ولا أهملك» (العبرانيين 13-5).

إلا أن فارادي ورفاقه كانت لديهم عموماً رؤية

متوازنة، تعد المال بحد ذاته هدفاً عديم القيمة، في حين أن حيازته أمر مقبول شريطة أن يكون مصدره شريفاً واستخدامه حكيماً. وكان فارادي انطلاقاً من هذه الفلسفة يقدم تبرعات كثيرة للمؤسسات الخيرية بصورة متواترة، كما كان يعطي من يعولهم بسخاء، بالرغم من أننا نجهل طبيعة أو حجم تلك الهبات. وقد أكد الفيزيائي جون تيندال أحد زملاء فارادي في المؤسسة الملكية أن المدخول الخارجي لفارادي قد تضاءل إلى العدم بحلول الثلاثينات من القرن التاسع عشر، وأنه في سنواته الأخيرة لم يقبل أن يتقاضى حتى مرتبه الذي يقارب 200 جنيه استرليني لقاء خدماته لدى ترينيتي هاوس. وقد قيل أنه لو رغب لتمكن من الحصول على خمسة آلاف جنيه استرليني سنوياً بعد عام 1832. كما أن فارادي لم يتقدم مطلقاً بطلب براءة اختراع لأي من ابتكاراته. وتقدم تلك الحقائق مجتمعة صورة متماسكة لرجل لم يعر أدنى اهتمام للثروة الدنيوية.

وهكذا عندما قرر فارادي العمل في عالم التجارة لم يكن هدفه من ذلك زيادة ثروته، بل كان مسعى منه لمواصلة كسب المعارف الطبيعية. كما أنه كان كثير الاهتمام بتسخير علومه لتحقيق فوائد عملية لمواطنيه سواء أكانوا عمال المناجم الذين يواجهون مخاطر الانفجارات أو البحارة على متن سفينة ضربتها عاصفة وهم يمعنون النظر بقلق بحثاً عن إشارة الترحيب والتحذير الصادرة عن إحدى المنارات الكثيرة المنتشرة في بريطانية. ونجد وصفاً

لهذا الإحساس في وضع فارادي علامة بارزة إلى جانبها:
«فلا نفشل في عمل الخير فإنا سنحصد في الأوان بغير كلال».



كتب الفيزيائي والمحامي ويليام روبرت جروف هذه الرسالة إلى فارادي في عام 1842، يصف فيها اختراعه «لبطارية غاز» أو خلية تعمل بالوقود.