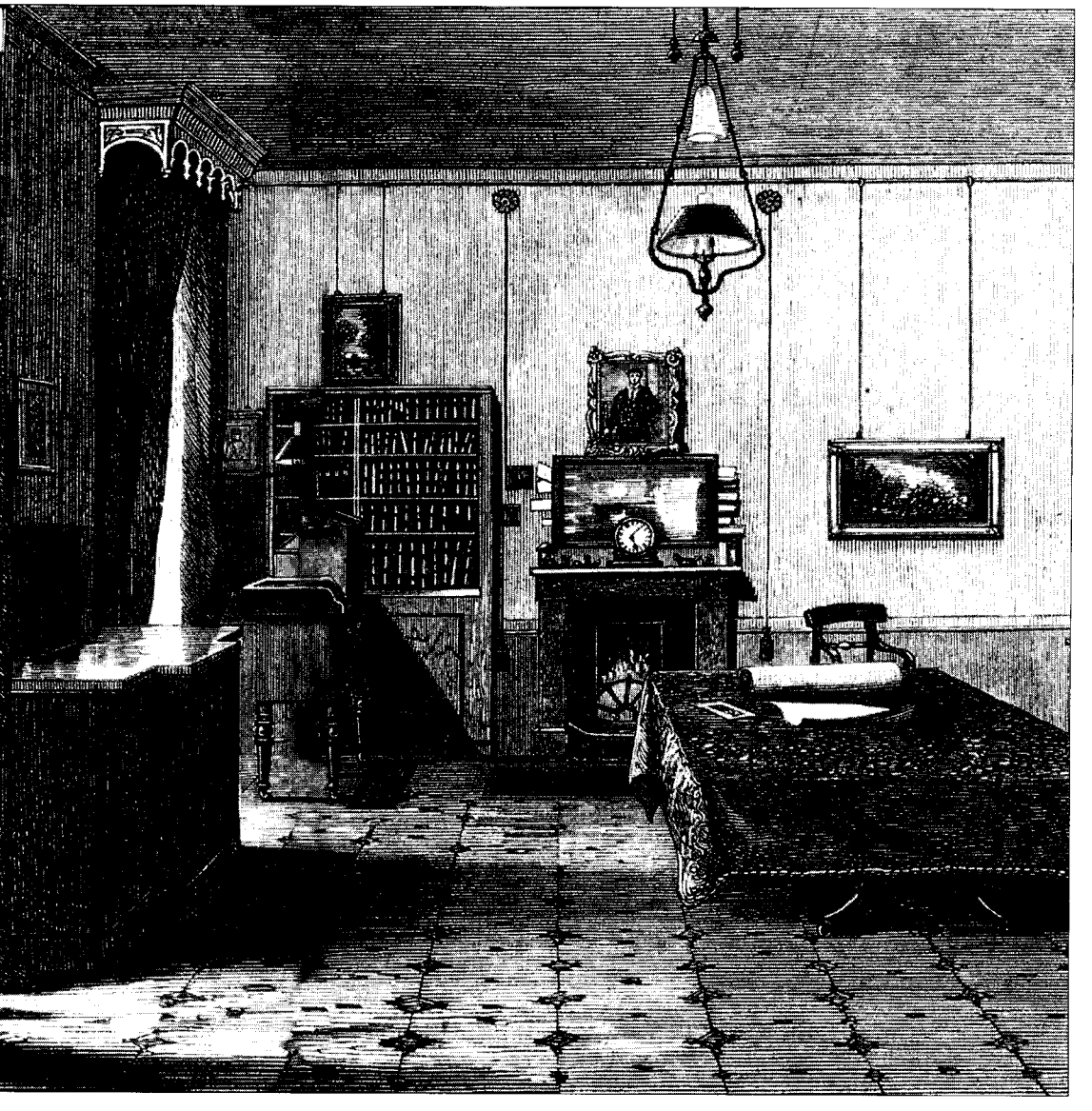
الفصل

6

أولى الأبحاث في الكهرومغنطيسية

بحث فارادي في مبادئ الدوران المغنطيسي في ذات الوقت الذي كان يجري فيه تجاربه الكيميائية، وقادت تلك الأبحاث في نهاية المطاف إلى اختراع المحرك الكهربائي. وكان الحافز وراء اهتمام فارادي بذاك الموضوع تغير نظرة بعض العلماء من معاصريه إلى الكون.

ودافع دارسو الطبيعة طوال قرون عن إمكانية تفسير جميع أحداث الكون بالاعتماد على بعض القوانين البسيطة. وبيّن السير إسحاق نيوتن في أواخر القرن السابع عشر أن قوة معينة (هي الجاذبية) لا تسهم في تفسير سقوط شيء ما من على الطاولة إلى الأرض فحسب، بل تفسر أيضاً حركة الكواكب والنجوم في السماوات. ثم برزت في مطلع القرن الثامن عشر حركة جديدة عرفت



عمل فارادي في هذا المكتب لأكثر من 40 عاماً، وأقام في شقة تعلوه في الطابق الأخير من المؤسسة الملكية حيث كان يتمعن ويدرس ويجد ملاذاً من مغريات الحياة وأسباب اللهو.

باسم الرومانتيكية حققت انتشاراً واسعاً. وقد أكدت الرومانتيكية على أهمية المشاعر والقيم، وعلى وحدة الكائنات البشرية مع الطبيعة، وعلى الانسجام السائد ضمن الطبيعة. ونشأت في ألمانية حركة مشابهة للرومانتيكية، أطلق عليها اسم الفلسفة الطبيعية، بينت على الرغم من غموضها وعدم إحكام أسسها، أن القوى التي كان ينظرَ إليها حتى ذلك الوقت، على أنها منفصلة قد تكون في واقع الأمر مرتبطة فيما بينها، أو حتى تمثيلات مختلفة للقوة الأساسية ذاتها.

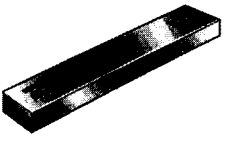
عُرفت المغانط منذ العصور القديمة، إلا أن الدراسة العلمية للمغنطيسية لم تبدأ حقيقة إلا في عهد الفيزيائي الإنكليزي ويليام جيلبرت الذي كتب في عام 1600 «دي ماغنيت ماغنتيسيك كوربوريبس أي دو ماغنو ماغنت تيلر» (حول المغنطيس والأجسام المغنطيسية والأرض المغنطيس الكبير)، والذي يعتبر أول بحث في المغنطيسية. ودرس جيلبرت أشياء كثيرة منها الأحجار المغنطيسية (معادن مغنطيسية طبيعية)، واستنتج أن الأرض ذاتها عبارة عن مغنطيس. كما درس علماء آخرون كثر طرائق تغير مغنطيسية الأرض مع سطحها، مما مهد الطريق أمام نشوء علم المغنطيسية الأرضية. وبلغت سلسلة التجارب الكمية أوجها، في القرن الثامن عشر، مع أعمال الفيزيائي الفرنسي شارل أوغستن دو كولون، الذي بيّن أن القوة بين الأقطاب المغنطيسية تتناسب عكساً مع الجذر التربيعي للمسافة الفاصلة بينها.

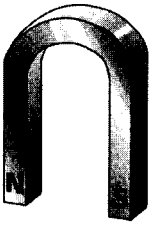
أنواع مختلفة من المغانط

تستقر جميع المغانط وفق محور جنوب ـ شمال إذا ما تدلت بحرّية في غياب تأثير مغانط أخرى. ويعود السبب في ذلك لكونها تسعى إلى الانتظام مع الحقل المغنطيسي الأرضي. ولكل مغنطيس قطبان شمالي وجنوبي، وتتجاذب الأقطاب المتعاكسة للمغانط، في حين تتنافر الأقطاب المتماثلة.

الأرض: الأرض مغنطيس طبيعي ضخم، يجتذب قطبه الشمالي القطب الجنوبي لإبرة بوصلة أو لمغنطيس آخر. والأقطاب الجغرافية للأرض لا تتطابق تماماً مع الأقطاب المغنطيسية، إلا أنه بالإمكان التسامح وقبول التقريب حيث أن الفروق في الاتجاه طفيفة.

المغانط الكهربائية: هي قضبان من حديد مطاوع تحيط بها لفائف من سلك معزول يمكن لتيار مباشر أن يمر عبره، وتصير القضبان الحديدية عند ذلك شديدة المغنطة. ومن ثَم يمكن قطع مغنطيسيتها أو إعادتها حسب الطلب.





تكون المغانط الدائمة عادةً على شكل قضبان إما مستقيمة أو محنية على هيئة حدوة حصان.

أحجار المغنطيس: هي معادن مغنطيسية طبيعية مكونة بشكل رئيسي من أكسيد الحديد المغنيتيت (Fe_3O_4) وتعود هذه التسمية إلى ماغنيزيا باليونان حيث عثر عليه لأول مرة. وقد استخدمت هذه الأحجار المغنطيسية طوال قرون لإرشاد الملاحين عند سوء الأحوال الجوية وتعذر رؤية النجوم.

المغانط الدائمة: هي قطع من الفولاذ (تتضمن غالباً الكوبلت)، أُكسبت الخاصية المغنطيسية بوساطة التدليك بمغانط أخرى أو بفعل الكهرباء. وتأخذ أيضاً اتجاه جنوب ـ شمال إذا ما علقت في الهواء، ولا تفقد مغنطيسيتها إلا إذا سُخِّنت إلى درجات حرارة عالية أو تعرضت لصدم شديد أو وضعت بالقرب من مغنطيس أقوى.

المغانط المؤقتة: هي قطع من الحديد المطاوع جرت مغنطتها إما بالتدليك بمغنطيس آخر أو بوساطة تيار كهربائي. وهي تفقد مغنطيسيتها سريعاً، ويحدث ذلك عادة ما أن ينقطع التيار.

وكان الدانمركي هانز كريستيان أورستيد، أستاذ الفيزياء في جامعة كوبنهاغن منذ عام 1806، من أوائل مناصري الرومانتيكية. وحاول أورستيد إثبات وحدة القوى المغنطيسية والكهربائية في تجربة عامة أجراها في نيسان من عام 1820، حيث وضع بوصلة مغنطيسية (وهي داخل علبتها الزجاجية) تحت سلك رفيع من البلاتين مباشرة، ثم قام بتمرير تيار كهربائي عبر السلك، فلاحظ انحرافاً واضحاً رغم صغره لإبرة البوصلة. ونشر بعد ثلاثة أشهر نتائج تلك التجربة وضمّنها ملاحظات حول اتجاه الانحراف وعدم أهمية المادة المصنوع منها السلك أو وجود أشياء متخللة، إضافة إلى تخمين مدهش بأن نوعاً ما من القوة الدائرية المحيطة بالسلك هو السبب في ذلك.

وقد أحدثت مقالته ضجة عبر أوروبة. وقام علماء بارزون آخرون بإجراء تجارب مماثلة، ومنهم أندريه ماري أمبير الذي أظهر أنه إذا مر تيار عبر سلكيين كهربائيين متوازيين ومتقاربين فإنهما يفقدان توازنهما بعد مدة وجيزة.

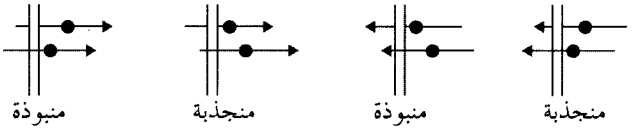
وإذا تدفق التياران في الاتجاه نفسه فإن الأسلاك تتجاذب فيما بينها وتقترب من بعضها البعض، أما إذا تدفق التياران باتجاهين متعاكسين فإن الأسلاك تتنافر فيما بينها وتتحرك بعيداً عن بعضها.

اهتم ويليام ولاستون، وهو عالم مقيم في لندن وصديق لديفي، في تلك الأثناء كثيراً بمبدأ

الكهرومغنطيسية الجديد. واقترح أن التيار الكهربائي يعبر السلك بطريقة حلزونية تشبه نازعة السدادات الفلينية، وتوقع ضمن هذا المنظور أنه إذا ما علق مثل هذا السلك بحرية فإنه يتوجب عليه الدوران بوجود مغنطيس. لكنه فشل مراراً في تحقيق هذا الأثر.

أما فارادي فقد توصل إلى أن أثر المغنطيس لا يتمثل في دفع السلك إلى الدوران وإنما في تحريكه من جانب إلى آخر. وجاء ذلك نتيجة استنتاجه وجود أربعة مواضع يمكن فيها لكل قطب من إبرة ممغنطة أن يستجيب للتيار المار في السلك، اثنان عبر عملية جذب (A) واثنان عبر عملية نبذ (R). وقد كتب في يومياته في الثالث من أيلول عام 1821 ملاحظة حول هذه الظاهرة:

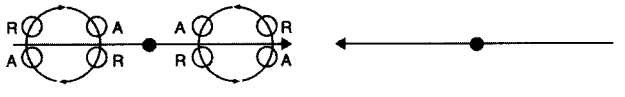
3 ـ وجدت بعد التمحيص والتدقيق أن لكل قطب أربعة مواضع يخضع في اثنين منها للجذب ويخضع في اثنين للنبذ كما هو مبين:



4 ـ أو بالنظر من الأعلى إلى مقاطع السلك

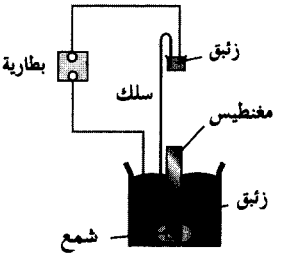
5 ـ أو

6 ـ يدل هذا الرسم على الحركات الدائرية حول كل قطب:

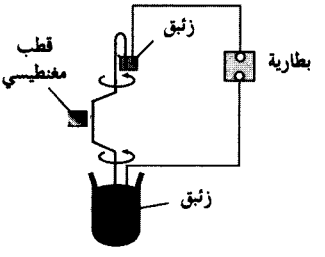


وتمكن في الثالث من أيلول عام 1821 من إثبات هذه النظرية بتصميم تجربة عبقرية. حيث ابتكر جهازاً بسيطاً يمكن معه ربط سلك شاقولي، معقوف من أعلاه، إلى بطارية كهربائية بحيث تكون نهايتاه مغمورتان داخل كمية قليلة من الزئبق. وعندما يُجلب مغنطيس إلى جوار السلك فإنه يحاول التحرك نحو المغنطيس أو بعيداً عنه، بحسب القطب المغنطيسي الذي يتم تقريبه من السلك. ولم يحصل دوران للسلك حول محوره كما توقع ولاستون. واكتشف فارادي لدى ثني السلك على شكل يشبه العمود المرفقي وتقريب المغنطيس من منتصف السلك، أن «ذراع التدوير» تدور وكأنها تسعى للاقتراب من المغنطيس

ما أمكن. وحين عكس فارادي المغنطيس بحيث أصبح القطب الآخر مقابلاً للسلك ابتعدت ذراع التدوير بسرعة. وتمكن من الحصول على حركة مستمرة للسلك المثني بإجراء ذلك التبديل بصورة مستمرة.



السلك الدوار الأول



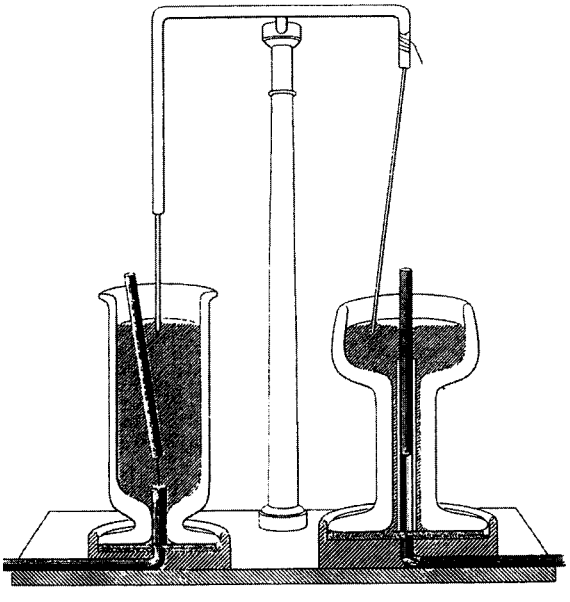
الذراع الدوارة

وأظهر فارادي في اليوم التالي أنه بالإمكان حمل مغنطيس على الدوران حول سلك مكهرب، ثم أثبت في اليوم اللاحق أن بمقدور مغنطيس عائم الدخول في ملف مصنوع من سلك يمر عبره تيار. وتصدى فارادي خلال أسبوع أو اثنين على الأكثر لمسألة ابتكار أداة يمكن معها إجراء بيان عملي لدوران الأسلاك والمغانط معاً.

لم يكن فارادي مطلعاً على مجمل الأعمال المتعلقة بالكهرومغنطيسية في أوروبة، إلى أن حضر السير همفري ديفي، وهو ممن تحول إلى الرومانتيكية، في صبيحة أحد أيام مطلع تشرين الأول عام 1821 إلى المختبر في المؤسسة الملكية حاملاً الأنباء عن أعمال أورستيد، ومندفعاً بحماسة لتكرار التجارب بنفسه. لقد كان سروره أمراً مفهوماً، إذ أن قابلية اتحاد الكهرباء والكيمياء

للتحقيق تفتح الباب أمام اتحاد الكهرباء والمغنطيسية؟ ولم يكن ديفي أول من اقترح وجود مثل هذا الرابط، لكن إيجاد البرهان القاطع على ذلك من شأنه أن يعزز رؤيته الحماسية لوحدة الطبيعة. فباشر العمل على الفور بمساعدة فارادي.

وكان تكرار تجارب أورستيد أمراً يسيراً أما شرحها فكان مسألة عسيرة. ورغم انشغال فكر فارادي آنذاك بأمور أخرى، وفي مقدمتها أبحاثه حول الكلور، إلا أنه استجاب لطلب زميل له كيميائي يدعى ريتشارد فيليبس إعداد مقالة بعنوان «المراحل التاريخية للكهرومغنطيسية» بغية نشرها في مجلة أنال أوف فيلوزوفي (النشرة الدورية في الفلسفة)، ودفع ذلك بفارادي إلى الخوض في سلسلة



يُولج ناقل نحاسي عبر فنجانين زجاجيين يحتويان الزئبق. ويتم داخل الفنجان الأيسر إرساء مغنطيس أسطواني على سطح الزئبق، بربطه بالنحاس بوساطة خيط ونتوءات. وتُمدد الذراع اليسرى الدعامة النحاسية لتصل إلى الزئبق. أما في الفنجان الأيمن فيُحافظ بعناية على الوضع الشاقولي للمغنطيس. ويربط سلك مشدود، إنما قابل للحركة، إلى الذراع النحاسية التي تعلوه. ويمكن تمرير تيار كهربائي بوصل الدعامة النحاسية والناقل النحاسي بأقطاب البطارية (التي لا تظهر في الشكل)، مما يتسبب بدوران المغناطيس حول الذراع النحاسي داخل الفنجان الأول وكذلك دوران السلك المكهرب حول المغنطيس داخل الفنجان الثاني.

طويلة من التجارب، حاول من خلالها تكرار كل أعمال أمبير الرئيسية وآخرين غيره، إضافة إلى توضيح وجهات نظره الخاصة. وحيث أنه لم يكن مقتنعاً بالتفسيرات التي تفترض أن الكهرباء شيء مادي أو تلك التي تقترح وجود شكلين للكهرباء أحدهما موجب والآخر سالب، لم يكن بمقدور فارادي سوى التقيد بوجهة النظر التي تنص على أن مرور الكهرباء ينشئ حالة في السلك يمكن أن تؤثر على إبرة المغنطيس بطريقة ما. وأن هذا الأثر الذي كان أعقد بكثير مما تخيله هو والآخرون، قد أخذ بالظهور إثر النتائج القليلة اللافتة للنظر التي حصل عليها في أيلول.

واستحوذت بعض الالتزامات الأخرى على اهتمام فارادي خلال الأسابيع القليلة التي تلت، لكنه عاد مع أواخر كانون الأول إلى الكهرومغنطيسية، وحسّن آليات تعليق الأسلاك الدوارة، كما أثبت أن بمقدور مغنطيسية الأرض الضعيفة أرجحة الأسلاك الأفقية عند كهربتها. كما صنع فارادي نسخة، أكثر قابلية للحمل، من تجهيزات السلك الدوار وأرسلها إلى علماء آخرين. ولا يعبر هذا السلوك عن إيمان فارادي العميق بأهمية التواصل بين العلماء فحسب، بل يمثل برهاناً ملموساً على نبل فارادي كمكتشف علمي. وواصل فارادي عمله خلال عطلة عيد الميلاد. وأثبت أن بمقدور المغنطيسية الأرضية التسبب بدوران مستمر لسلك معلق بزاوية أكبر من ميل زاوية إبرة مغنطيسية. وقد شهد جورج بارنارد شقيق زوجته تلك التجربة وروى ما حدث:

«لقد صاح فجأة عندما بدأ السلك بالدوران «هل ترى، هل ترى، هل ترى يا جورج؟» كان أحد طرفي السلك على ما أذكر داخل فنجان من الزئبق والطرف الآخر معلق فوق المركز. ولن أنسى ما حييت السعادة التي غمرت وجهه ولا بريق عينيه».

ودعيت سارة فارادي لتشهد هذا النجاح رغم احتجاجاتها بأن ذلك قد يتسبب باحتراق أول إوزة عيد ميلاد تقوم بتحضيرها. وسر فارادي كثيراً بالنجاحات التي حققها في مجالي إسالة الغازات والمغنطيسية، لكن ذلك تسبب له ببعض الانزعاج. إذ أثار نشر فارادي لتقريره حول الأسلاك الدوارة في تشرين الأول من عام 1821 سخط ولاستون بشدة. وكان معروفاً للجميع أن ولاستون قد تنبأ أن بمقدور سلك مكهرب الحركة عند تعريضه لمغنطيس، إلا أنه لم يتمكن من إثبات ذلك. واعتبر ولاستون أن فارادي قد سرق منه الأضواء إن لم تكن الفكرة بحد ذاتها، وقد أعلم الآخرين، بمن فيهم صديقه ديفي، بحنقه.

وصعق فارادي لاتهامه بالانتحال، ويفسر إيمانه الساندماني العميق مدى تأثره. وكان فارادي قد حاول الاتصال بولاستون قبل نشر مقالته لاعتقاده بأنه قد يجد النتائج مثيرة. لكن ولاستون لم يكن في المدينة، فمضى في مسألة النشر لقناعته بأن أحد أسرار النجاح «العمل فالإنجاز فالنشر». وقد أسف طيلة حياته على قراره بعدم تأخير النشر لحين لقاء ولاستون. وسعى فارادي للقاء ولاستون بعد نشر المقالة لكنه جوبه بالرفض.

لقد كان فارادي على حق من الناحية التقنية. إذ أن نظرية ولاستون بدوران السلك حول محوره لم تتحقق. في حين أن فارادي كان مهتماً بدوران السلك حول قطب مغنطيسي، والفارق بينهما جذري. وكان يمكن وضع حد للنزاع لولا أن ديفي اتهم فارادي بالانتحال في عام 1823. إذ نشر فارادي مقالة ضمّنها نتائج تجاربه على إسالة الغازات وأدرج اسمه على أنه المؤلف الوحيد. وشعر ديفي عندها بغضب عارم لأنه كان يعتبر أنه يستحق أن يذكر كشريك فيها.

وبلغ بديفي الحنق درجة دفعته لمحاولة منع ترشيح فارادي إلى عضوية الجمعية الملكية وهي أرفع مؤسسة علمية في بريطانية. وكان لرأي ديفي ثقل مهم حيث أنه كان رئيساً للجمعية في ذاك الوقت. وكان ريتشارد فيلبس و28 عضواً آخرين قد رشحوا فارادي، وجرى نشر وثيقة الترشيح داخل الجمعية كما تقتضي الأعراف. وما أن ذاع أمر الوثيقة حتى حصلت مشادة عنيفة بين الرجلين وصفها فارادي:

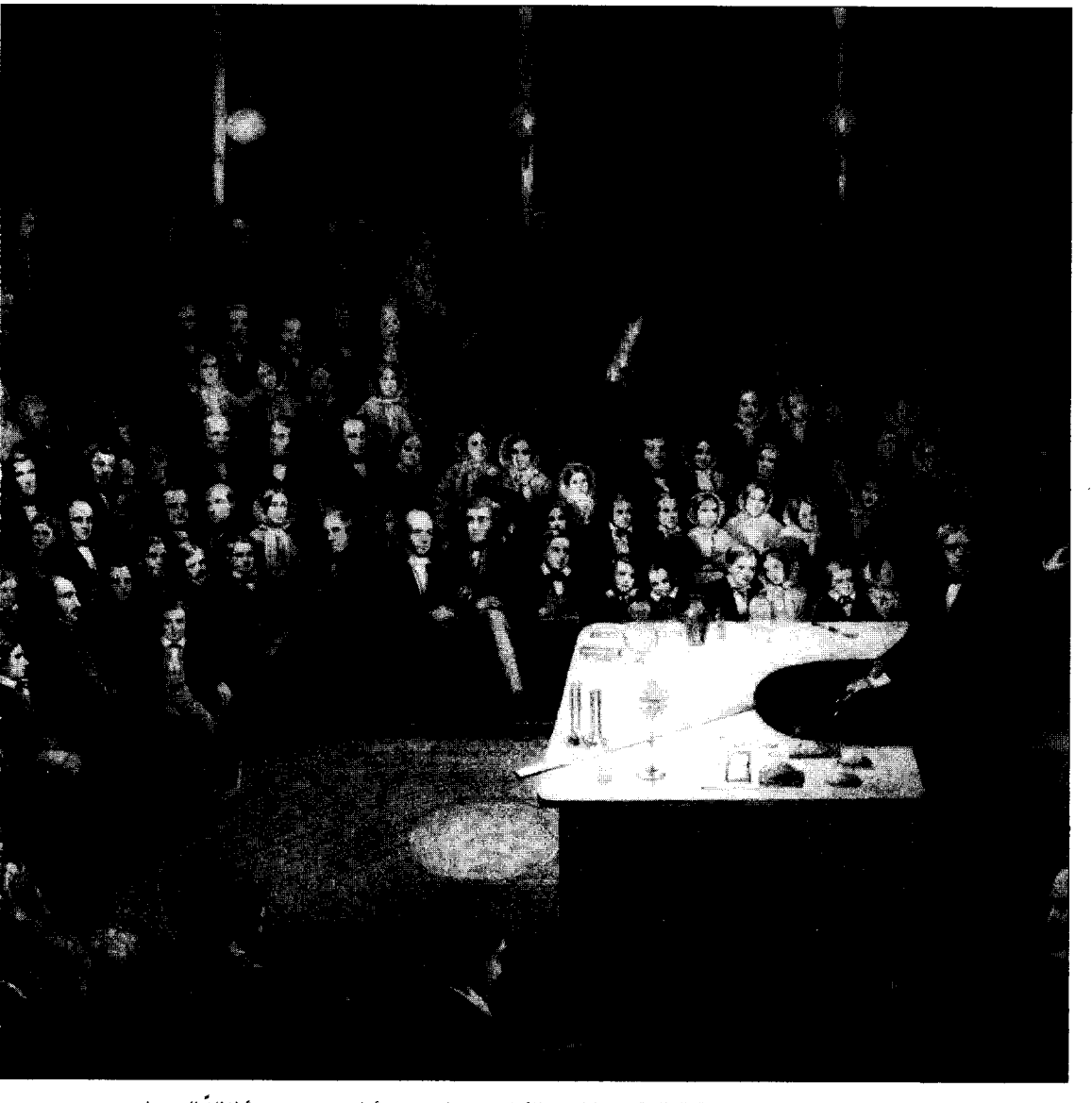
> لقد قال لي السير همفري ديفي أنه يتوجب علي سحب الترشيح. فأجبته أنني لست من قام بالترشيح وأن مناصريّ هم من قدموا الوثيقة. عند ذلك أخبرني أنه ينبغي علي إجبار مناصريّ على سحب الترشيح. فأجبته أنني على يقين أنهم لن يقبلوا بذلك. وعندها صاح قائلاً أنا أسحب ترشيحك بصفتي الرئيس. فأجبت أنني على يقين من أن السير ديفي سيفعل ما يرى فيه صالح الجمعية الملكية.

واستثار ديفي رأياً عاماً مناهضاً لعضوية فارادي، وصرح علناً في مناسبات كثيرة أن مساعده قد انتهك قواعد الاستفادة من أعمال الآخرين فيما يخص عمله وعمل ولاستون. ومن الجلي أن السبب الحقيقي وراء تلك الحملة هو الغل وقد يكون الحسد أيضاً. وعلى أية حال فقد خالف الأعضاء رغبات رئيسهم فيما يخص فارادي وانتخبوه بالإجماع تقريباً.

وقابل فارادي رداءة طبع ديفي وحقده بشهامة ورحابة صدر إذ لم يكن يسمح بأن يتحدث أحد بسوء عن معلمه القديم في حضوره. واضطر مرة واحدة مرغماً للدفاع عن نفسه بعد إصدار جون شقيق همفري ديفي في عام 1836 لسيرة شقيقه الذاتية، والتي أشار فيها إلى الخلاف قائلاً: «لقد فوجئت بأن فارادي لم يحرك ساكناً لإعادة الحق إليه (إلى ديفي)»، وأن الاعتراف «أمر ضروري لصون سمعته وشرفه». ورد فارادي في رسالة وجهها إلى فيلوزوفيكال ماجازين (مجلة الفلسفة) بأن ديفي لم يعلمه أبداً بالدافع وراء اقتراحه للتجارب على ماءات الكلور، وأنه قد أشار إلى اقتراح ديفي في مقالته أصولاً. ونوه فارادي أيضاً إلى أن المقالة قد نشرت في مجلة فيلوزوفيكال ترانز أكشنز أوف ذي رويال سوسايتي (المداولات الفلسفية للجمعية الملكية)، ومن ثَم كان بمقدور ديفي، الذي كان رئيساً للجمعية، استخدام حقه في رفض نشرها. والواقع أن ديفي قد أضاف ملاحظة على المقالة.

ولعل الذنب الوحيد الذي اقترفه فارادي في هذه

القضية البائسة هو خرقه لعرف علمي انقرض في أيامنا هذه، وكان ضبابياً حتى في ذاك الوقت. ويبدو أن ذاك العرف كان يفرض استشارة أوسع مع الأطراف المعنية (ولاستون وديفي) قبل القيام بالنشر، رغم هامشية مساهمتهم. وقد تجاوز فارادي بعقلانية هذه النزاعات ومضى ليحقق تميزاً في مسيرته العلمية.



فارادي وهو يلقي محاضرة في المؤسسة الملكية في كانون الأول من عام 1855، أمام حشد ضم أطفالاً إلى جانب عدد من العلماء المرموقين، والأمير كونسورت وأمير ويلز. وقد علَّقت مجلة بريتيش كوارتلي رفيو على الحدث بالقول: «لقد كانت لديه القدرة على جعل الفلسفة ممتعة، ويعود السبب الرئيسي وراء ذلك إلى جمعه بين حكمة الشيوخ وصبا الروح».