الفصل

2

شاهد على الثورة

عمل لينوس بولينغ في كلية أوريغون الزراعية ما هو أكثر من تلقي العلوم والوقوع في الغرام. فقد بدأ يبني إحساساً قوياً بالثقة ـ بالنفس، إيماناً بقدراته على أن يعلّم ويفكر بشكل بنّاء. كما وسّع فهمه للمجتمع. وكان من ضمن قراءاته التي لم تكن تتوقف قص الكاتب الفرنسي غي دي موباسان وما فيها من عظات عن الطبيعة البشرية ومسرحيات الناقد الاجتماعي البريطاني جورج برنارد شو الذي ساهمت انتقاداته اللاذعة ونظرته الثاقبة في جعل بولينغ يفكر بالطرق الكثيرة التي يمكن بها لمجتمع تمحور حول الطبقات ذات الامتيازات والثروة الخاصة أن يؤذي أعضاءه الأكثر فقراً والأقل حظاً.

على أن الأهم هو أن آقا هيلين كانت تحثه على

obeikandl.com

التفكير بقضايا العصر إذ كانت تنحدر من أسرة نشطة سياسياً. يسارية الميول. وكانت شأنها شأن شو، تنجذب إلى النظام السياسي المعروف بالاشتراكية. وكان الاشتراكيون يعتقدون أن المجتمع الأكثر عدالة ليس هو المجتمع الذي يملك قلة من الناس فيه وسائل صنع السلع وتوزيعها ـ النظام القائم في الولايات المتحدة وبلدان كثيرة أخرى ـ بل هو المجتمع الذي يشترك فيه كل الناس، أغنياء وفقراء، في ملكية المصانع والسكك الحديدية، خطوط الشحن البحري والصحف. كانت آڤا هيلين قد ترعرعت وسط نقاشات طويلة حول حقوق المرأة وعيوب النظام الاقتصادي الأمريكي، وعلى الرغم من أن بولينغ كان أكثر اهتماماً بالكيمياء من أي شيء آخر، فقد راح يصغي لأفكار آڤا هيلين أيضاً.

كما كان لينوس بولينغ يتعلم كيف يصبح عالماً ذا عقل ـ متفرد أكثر وأكثر. إذ شرع ينمي شيئاً فشيئاً اهتمامه بشؤون البشر ودور العلم في المجتمع. وفي حفل تخرجه سنة 1922، ألقى خطبة الطالب الأول، فكانت حديثاً رسمياً ألمح فيه إلى اهتماماته الواسعة.

«يعتمد التقدم والنمو على اكتشاف مصادر الطبيعة وتطويرها، وعلى التقصي عن قوانين الطبيعة وتفسيرها» قال لحشد الآباء والأساتذة والطلاب «وفي سياق التقدم تتوتر العلاقات الاجتماعية، كما تنشأ المشاكل التعليمية والسياسية والصناعة. إن البلاد لتصرخ بحثاً عن حل لهذه

لينوس بولينغ سنة 1925، بعد استلامه شهادة الدكتوراه من الكالتيك. حيث سيقضي معظم السنتين التاليتين في أوروبا، يتعلم أفكار الثورة الجديدة الخاصة بفيزياء الكم.

الصعوبات كلها، وتتطلع بكل أمل إلى الإنسان المتعلم الذي يجد لها الحل. هذه، إذن، هي الطريقة التي يمكننا بها أن نرد دَين الشهادة التي نستلمها اليوم ـ بالخدمة. . . خدمة أبناء وطننا».

لقد ساعد هذا الحس الخلقي المتنامي في دفع بولينغ بعيداً عن هدفه الأصلي في أن يصير مهندساً كيميائياً صناعياً، وذلك باتجاه العلم في أعلى مستوياته. لقد أراد أن يعلم وأن يقوم بأبحاث أصيلة هامة يمكن أن تترك بصمتها على تاريخ الكيمياء. كما أراد أن يكون أستاذاً جامعياً.

ولكي يبلغ ذلك الهدف، كان يعلم أنه بحاجة لشهادة دكتوراه، لهذا قدم طلباً إلى عدد من المعاهد خلال سنته الأخيرة. ولقد قبله عدد منها، من ضمنها جامعة إلينوي، هارڤارد، وجامعة كاليفورنيا في بيركلي. غير أن التسرع والحاجة معاً أفضيا به لأن يقول نعم للجهة التي كان جوابها له أسرع وعرضها في دعمه أكرم: معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا.

كان «الكالتيك»، كما يدعوه الطلاب، أشبه بالمغامرة بالنسبة إلى بولينغ. فقد كان معهداً ناشئاً جديداً تماماً، ضئيل الحجم صغير الحرم في بازادينا. ولم يكن قد اشتهر كثيراً بعد بالبرامج الأخرى التي كان قد بدأ بتطبيقها، إذ كان لدى الكالتيك شيء آخر مختلف عن المعاهد الأخرى.

كما كان في الكالتيك آرثر أموس نويز، عالم الكيمياء والمشهور دولياً. المخترع صانع ـ المال، مؤلف عدد من الكتب واسعة الانتشار، والمدرس العظيم. كان نويز قد أصبح نوعاً من الأسطورة، وذلك بتحويله قسم الكيمياء في معهد ماساشوسيتز للتكنولوجيا إلى محط أنظار العالم وحسده أن أغراه معهد كالتيك بتقديم عرضاً له يتضمن قدراً كبيراً من المال، مبنى مختبر جديد، وحرية تصرف تامة في تطوير منهج المعهد.

وصل نويز متفرغاً تاماً للمعهد سنة 1919، حاملاً معه شهرته النجومية وسلوكه النبيل والتزامه بإقامة معهد يتم فيه تعليم العلوم بطريقة جديدة. كان نويز يؤمن أعمق الإيمان بأن العلوم كلها ينبغي أن تستفيد من بعضها بعضاً، وهو الدرس الذي كان قد تعلمه من الكيميائي الألماني العظيم ولهيلم أوستولد. الذي كان قد دفع الكيمياء قدماً بدمجها بتقنيات الفيزياء ونهجها الرياضي. في كالتيك، كان نويز يؤكد على أن يتعلم طلاب الكيمياء أيضاً كل شيء ممكن عن الفيزياء، الرياضيات، علم الأحياء والعلوم الإنسانية، في أي وقت يمكنهم ذلك من خلال حلقات دراسية صغيرة تركز على آخر مكتشفات الأبحاث. كما شجع على خلق جو يتفاعل فيه الطلاب والأساتذة تفاعلاً منتظماً، بصورة رسمية وغير رسمية، سواء في المختبرات، أو الرحلات الميدانية. كذلك جعل من كالتيك، مثلما فعل في معهد ماساشوسيتز، مركزاً مشهوراً لدراسة الكيمياء، نوعاً من «كاميلوت» كيميائي

يستقطب أفضل الباحثين والمدرسين. لهذا، أطلق طلاب نويز، بدورهم، عليه اللقب المناسب والمؤثر: الملك آرثر.

كان بولينغ يعرف كل شيء عن الملك آرثر، لهذا شعر بالإطراء عندما كتب نويز رداً عليه شخصياً وذلك في الصيف الذي أعقب تخرجه من معهد أوريغون، طارحاً أسئلة عن خلفيته الأكاديمية، مرسلاً إليه التجارب اللوحية (البروڤات الطباعية) لكتابه الجديد الذي كان يكتبه، طالباً إليه أن يحل المسائل الاختبارية الـ500 الموجودة في نهايات الفصول. عمل بولينغ في تلك المسائل طوال أماسي الصيف عقب تخرجه. «لقد تعلمت الكثير عن الكيمياء الفيزيائية خلال أشهر الصيف الثلاثة». تذكر بولينغ. إذ حل كل مسألة من مسائل نويز ـ وترك انطباعاً خاصاً لدى الملك آرثر باقتراحه تحسينات على نصه.

حينما استقل بولينغ القطار المتجه جنوباً إلى بازادينا، صيف 1922، لم تكن آڤا هيلين معه. إذ كان نبأ خطبتهما قد جاء صدمة غير سارة لأمهما كلتيهما. فقد شعرت بيل بولينغ أن ابنها أصغر بكثير من أن يتزوج، وأنه لن يكون قادراً على إعالة زوجته بمرتب طالب تخرّج لتوه، فيما كانت أم هيلين تفكر أن ابنتها تضيع آخر فرصة لها للتخرّج من الجامعة. لهذا، قامت كل منهما بإسداء نصيحة إلى فلذة كبدها بالإقلاع عن فكرة الزواج، وعلى مضضٍ وافق العاشقان الشابان.

افتقد بولينغ آفا هيلين أشد الافتقاد، مع ذلك، كانت قد سيطرت عليه أيضاً إثارة الانتقال إلى مكان جديد. إذ لم يكن قد ذهب إلى كاليفورنيا قط. وقد وجد أنه أحب بازادينا ـ التجمع السكاني الموسر الصغير الأشبه بحجرة نوم للوس أنجيلوس ـ كل الحب. المناخ أشبه بمناخ البحر الأبيض المتوسط، الألوان فاتحة، الشمس دافئة، الهواء عليل، وثمة أشجار نخيل وبساتين برتقال. فكان انتقالاً ساراً من شتاءات أوريغون المدلهمة وغاباتها الخضراء المكمدة وأمطارها المصقعة.

غرق بولينغ في دراساته، وخلال سنته الأولى في كالتيك تذكر «لدي، على ما أظن، 45 ساعة (هي في بعض الجامعات 15 ساعة) من العمل في الصف. فيما بعد، أصدر القسم قراراً يقضي بأن يوقع زميل التعليم على 30 ساعة. إضافة إلى ذلك، أنا أقضي الكثير من الوقت في البحث. بعد العشاء، أعود إلى المختبر وأعمل ربما حتى الحادية عشرة ليلاً. أما السبت والأحد فأعمل طوال اليوم تماماً».

ولكي يوفر المال، شارك بولينغ صديقه بول إميت من الأول (معهد الأوريغون الزراعي) غرفة نومه، هو الذي كان قد التحق بالكالتيك أيضاً. كانا يستخدمانها بالتناوب إذ ينام إميت إلى أن يعود بولينغ من المختبر وينهي كتابة رسالته اليومية إلى آفا هيلين حوالي الساعة الثالثة صباحاً حين يدخل بولينغ إليها، فيما يفيق إميت لكي يدرس.

بولينغ (الصف الأمامي، أقصى اليمين) يقف مع طلاب قسمه وخريجي قسم الكيمياء في الكالتيك، سنة 1923 لقد ترك بولينغ، وهو طالب، أحسن الانطباع لدى أساتذة الكالتيك وذلك بتفوقه في كل من الأبحاث المختبرية والاستفسارات النظرية.

لقد كان عملاً شاقاً وكانت الساعات طويلة ـ لكن بولينغ أحبه. فقد وجد أن الكالتيك، الجديد كما هو حاله ـ والذي لم يكن فيه من طلاب في قسم الكيمياء سوى عشرة ـ إنما هو مكان عظيم لتلقي العلاج. كان بولينغ، خلال وجوده في الأول، قد حصّل قدراً كبيراً من المعرفة عن الكيمياء، لكنه لم يحصّل سوى قدر ضئيل عن الرياضيات أو الفيزياء. والآن وجدها فرصة لكي يعوض هذا النقص وذلك بتعلمه التكامل والتفاضل المتطور، تحليل الكمية الموجهة، المعادلات المتتامة، الأعداد المركبة ونظرية الاحتمالات، الفيزياء الكلاسيكية ونظرية الكم، الكيمياء الفيزيائية المتقدمة والتحليل الطيفي

الذري. كما كان يحضر حلقات دراسية أسبوعية في علم الفلك والفيزياء التي غالباً ما كان يقيمها علماء زائرون وباحثون هامون قادمون من أنحاء أخرى من العالم. لقد تعلم من هؤلاء الكثير عن آخر الإنجازات العلمية وأكثرها إثارة، وفي بعض الأحيان قبل أن ينشر شيء عنها.

على الصعيد الفكري، لم يكن بولينغ يوماً أسعد مما كان في تلك الأيام، لكن على الصعيد العاطفي لم تكن الأمور كذلك. فمع مرور الوقت وعدم اقتراب موعد زفافهما، بدأت نبرة آڤا هيلين في رسائلها اليومية تتغير باتجاه الاتهام، إذ كتبت أنها تظن أن بولينغ يؤخر عامداً زواجهما لإرضاء طموحاته الشخصية. فأجاب أنه لم يوافق على إرجاء الزواج إلا لكي يصبح أكثر قدرة على إعالتها، كاتباً أن «سعادتك تعني كل شيء لي، يا مهجة قلبي، فقلبي طافح بحبك».

ولكي يبقيها سعيدة، وافق بولينغ بعد أشهر من بدء التحاقه بالكالتيك على أن يتزوجا الصيف التالي. وخلال السنة الدراسية اشترى سيارة مستعملة ماركة فورد «ت» من أحد الأساتذة بخمسين دولاراً ثم تعلم السواقة بالتجوال بها حول كتلة المبنى عدة مرات. حالما انتهت سنته الأولى توجه شمالاً إلى أوريغون، وفي حزيران 1923، تزوجا هو وآڤا هيلين في حفل عائلي صغير في بيت أخته في سالم. بعد إجازة عسل ليوم واحد، بدأ بولينغ عملاً صيفياً آخر هو فحص الأرصفة لطواقم شوارع

أوريغون، لكن هذه المرة كانت معه عروس شابة.

لقد كان صيفاً من الأحلام، فالعروسان بولينغ كانا ينتقلان من بلدة إلى بلدة مع طاقم الطريق، ينزلان في فنادق رخيصة وشقق بائسة صعوداً ونزولاً على نهر كولومبيا. كان واحدهما يتعلم كل شيء عن الآخر - وبعض ذلك من وجهة نظر بولينغ، مدهش تماماً. ذات عطلة أسبوعية، كان بولينغ قد أخذ كتاباً حول اختبارات الذكاء من مكتبة محلية وبدأ هو وآفا هيلين يجيبان عن الأسئلة معاً. و«لشدة دهشتي» كما قال «وجدت عروسي قادرة على حل قسم المسائل الرياضية أسرع مني، والتوصل إلى الجواب الصحيح غالباً أكثر مني». الأهم في الأمر، أن كليهما وجد شقيق الروح في الآخر، فهما صنوان فكرياً وعاطفياً. وحبهما سيكون حباً عميقاً مدى الحياة.

في الخريف، اتخذ الزوجان مقراً لهما في بيت متواضع قرب الكالتيك. فهما لم يكونا يملكان الكثير من المال من أجل معيشتهما، لكن آفا هيلين أثبتت كفاءتها في التصرف بما كان لديهما. كما أصبحت طباخة ماهرة وربة بيت حسنة. تقضي الوقت في تنظيف بيتها الصغير. لكنها كانت أشد ذكاء وأكثر نشاطاً من أن تظل مجرد ربة بيت. وكان القسم ذو الطلاب الذكور جميعاً وكذلك مجمل طلاب الكالتيك يستمتعون برؤيتها ترافق زوجها إلى الصف من حين إلى آخر خلال النهار، أما في

الأماسي، فكانا دائماً معاً في المختبر، حيث تساعده في أخذ القياسات، رسم المخططات، حساب الأعداد، وحفظ ملاحظاته المختبرية. ذلك أن آقا هيلين لم تكن مهيأة للقيام بدور الزوجة التقليدية. كانت مهيأة لأن تكون أكثر من مجرد ظل يقبع في المنزل بينما زوجها يعمل.

أما طلاب الكيمياء فكان ينتظر منهم لا أن يتعلموا في الصف وحسب، بل أن يبرهنوا أن باستطاعتهم القيام باكتشافات في المختبر. وكان هذا الجزء من تدريبهم يتم في مختبرات الأساتذة الأساسيين الذين يشرفون على عملهم ويعلمونهم كيف يتعاملون مع الأجهزة وكيف يتفهمون التجارب التي ستجيب عن الأسئلة الهامة على حد سواء. ولقد قرر نويز أن يكون أستاذ بولينغ الرئيسي هو روسكو دكينسون، وهو أستاذ شاب كان يعمل كخبير مقيم لدى الكالتيك في تقنية جديدة مثيرة ستصبح في المستقبل أداة بولينغ العلمية الأكثر أهمية.

هذه التقنية دعيت باسم علم البللوريات بالأشعة السينية، والطريقة التي تعمل بها أشبه بالسحر تقريباً. فكل شيء جامد تقريباً يوجد بأشكال بللورية، الذرات فيها تنتظم من خلال تكرار أنماط ثلاثية الأبعاد. بعض البللورات، بما في ذلك بللورات العديد من المعادن، هي أصغر من أن ترى بالعين المجردة. سنة 1912، كان عالم فيزياء ألماني قد اكتشف أنه، بإطلاق حزمة من الأشعة السينية على البللورات ومن ثم تحليل الطريقة التي

تبعثرت بها الأشعة السينية ـ أي «نموذج انحرافها» ـ يمكن للباحثين بشيء من العناء أن يستخلصوا، على الأقل بالنسبة إلى البللورات البسيطة، المسافات والزوايا الواقعة بين الذرات التي تتألف منها.

لقد بداء ذلك أمراً لا يصدق. فأدق المجاهر يومذاك لم تكن تتبين إلا بالكاد القطع والنتف الصغيرة داخل الخلايا الحية، لكن بقفزة واحدة، استطاع علم البللوريات بالأشعة السينية، أن يجعل بالإمكان تحديد مواضع الذرات التي هي أصغر بـ10,000 مرة. صحيح أن تلك التقنية كان يمكن استخدامها في البنى البللورية البسيطة فقط، فالبللورات ذات الذرات التي تزيد عن ست أو ثماني ذرات كانت لدى تكرار وحداتها تعطي نماذج انحراف أكثر تعقيداً من أن تحلل ـ لكن حتى وإن كان الأمر كذلك، فإن علم البللوريات بالأشعة السينية كان قد بدأ يفعل بالنسبة إلى دراسة الكيماويات ما فعله مجهر غاليليو بالنسبة إلى علم الفلك: الأشياء في تغير دائم. فطوال عقود من الزمن كان يخمن تخميناً كثير من الأشياء مثل بنية الجزيئات، الطريقة التي تندمج بها الذرات معاً لتشكيلها.. دون أن يكون هناك أية طريقة للتأكد من صحة هذه التخمينات، مما دفع بمعظم الكيميائيين للحكم على الدراسات البنيوية بأنها مجرد تضييع للوقت.

حين تلقف بولينغ تلك التقنية، أي بعد عشر سنوات فقط من اكتشافها، كانت المختبرات في أوروبا تصف

تقريباً الشكل العمراني الذري لعشرات البللورات، بدءاً من الملح الصخري وحتى الماس. وكان العلماء قد أثبتوا بعض النظريات القديمة ـ إذ وجدوا، كما تكهنوا من قبل، أن ذرات الفحم غالباً ما تتحد كي تصنع أهرامات ثلاثية ـ الجوانب تدعى رباعيات ـ السطوح ـ لكنها ألقت بنظريات أخرى جانباً. لقد صار بالإمكان، وللمرة الأولى في التاريخ البشري، استخدام معطيات ثابتة خاصة بالبنية على الصعيد الذري للتحقق من أفكار الكيميائيين.

بإشراف روسكو دكينسون، تعلم بولينغ كيف يستخدم جهاز الأشعة السينية المعقد كثير التفاصيل، كيف يرعى بللوراته الخاصة، كيف يقطعها ويصقلها بزوايا محددة، يصفها بدقة في الجهاز ثم يستحوذ على أنماط انحراف الأشعة السينية على ألواح التصوير الضوئي ويقيس كثافة كل نقطة مهمة وموقعها كما يحلل الأنماط رياضياً ليرى ما تقول حول البنية الذرية.

لقد كان عملاً غاية في الصعوبة، مع احتمال وقوع عدة أخطاء في كل خطوة يخطوها، فلم يعرف بولينغ في البداية سوى الإحباط. لقد أمضى ثلاثة أسابيع يحاول أن يجمع معاً بنية بللورة واحدة، ليعلم فقط من مقالة صحفية أن فريقاً هولندياً قد سبقه إلى ذلك. المرة تلو المرة، كان يلقي نظرة أولية إلى مختلف البللورات ليجد فقط أن بنياتها كانت أكثر تعقيداً من أن تُحلل.

بعد شهرين من الإحباط، والعمل على بينات 15 مادة

مختلفة، أنقذه دكينسون. لقد أخذه الأستاذ إلى مخزن للمواد الكيماوية، أمسك بقطعة من المولیبدنیت - وهو معدن بللوري أسود لامع يتكون من الكبريت والمولیبدینوم (معدن أشبه بالكروم) - ثم يبين له الطريقة الجديدة لإعداده على شكل شرائح رقيقة، كما ساعده في التقاط صور بالأشعة السينية.

خلال شهر، حدد بولينغ ودكينسون بنيتها الذرية. فقد تبين أن هذا المعدن - معدن المولیبدنیت - مدهش تماماً، فهو المادة الأولى التي عرفت حتى ذلك الحين والتي تنتظم فيها ست ذرات من مادة غير معدنية، وهي الكبريت، على شكل موشور - متساوي - الجوانب، حول ذرة معدنية هي المولیبدنیوم.

وكان بولينغ مزهواً، فذلك هو نجاحه الأول في المختبر، اكتشافه الحقيقي الأول. «لقد سررت حين علمت أن المسائل المتعلقة بطبيعة العالم يمكن إيجاد أجوبة لها من خلال التخطيط بدقة وإجراء التجارب بدقة». كما كتب في وقت لاحق. إن تحليل بنية المولیبدنیوم هو الذي فتح الباب. تبع ذلك اكتشافه للبنى الذرية لأربع بللورات أخرى في السنتين التاليتين - إنه سجل مشع عن الإنجازات لطالب دراسات عليا.

غير أن العمل المخبري لن يكون أبداً حبه الأول. إذ كان من الصعب على عقل بولينغ القلق أن يهدأ وأن يجد الصبر المطلوب لإجراء تجارب تتطلب التكرار والتدقيق

الشديد، لقد كان مولعاً بالخروج بأفكار جديدة وفي السنوات اللاحقة، غالباً ما كان يدع شخصاً آخر يثبتها بالبرهان التجريبي. لم يكن ثمة شك بعد أشهره الأولى في الكالتيك، أن بولينغ يعمل حسناً، وكان نويز مسروراً كل السرور أن يرى ذلك العمل. في السنة الثانية قدم نويز لبولينغ فضلاً خاصاً، وذلك بسؤاله المشورة وتقديمه إلى علماء زائرين مهمين. وهكذا، بفضل تشجيع نويز، وسع بولينغ، وهو ما يزال طالب دراسات عليا، عمله العملي ليمتد إلى ما وراء المختبر، وبالاشتراك مع بيتر ديبي، وهو رأس علماء العالم في الكيمياء الفيزيائية كان يزور الكالتيك، وكذلك ريتشارد تولمان، وهو عضو محترم في فرقة كيمياء المعهد، كتبوا معاً أبحاثاً نظرية.

عالم واسع للعلوم كان ينفتح أمام بولينغ الذي كان مهتماً بكل ما فيه تقريباً، بدءاً من تشكل الذرات وحتى بنية النجوم القزمة. بيد أن مسألة واحدة راحت شيئاً فشيئاً تبرز من بين المسائل الأخرى كلها.

لقد نشأت من التوصيلات التي كان بولينغ يجريها بين بنية الجزيئات ـ المسافات والزوايا الواقعة بين الذرات التي تضمها ـ وسلوكها، درجات انصهارها وغليانها، والطاقة المطلوبة للفصل بينها وإعادة تشكيلها.

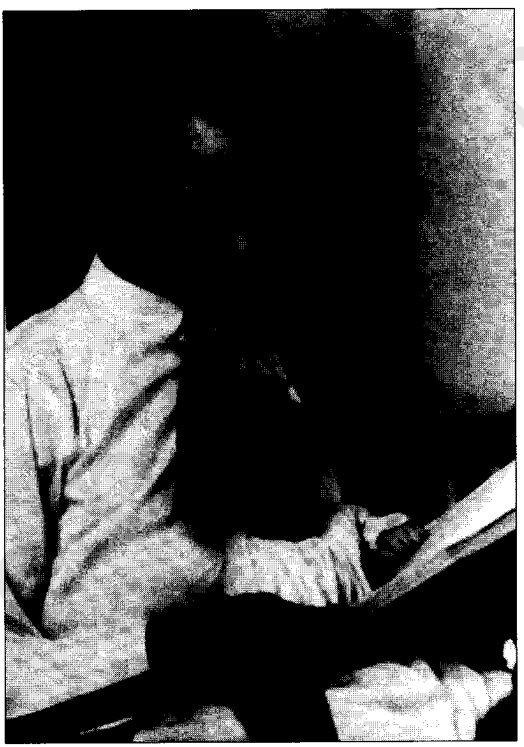
كان بولينغ يعتقد أن الصفتين مترابطتان ترابطاً وثيقاً، وكان يفكر أن الفهم الكامل لبنية الجزيء يمكن أن تفسر قدراً كبيراً ـ وربما كل شيء ـ من السلوك الكيمياوي.

المطلوب هو طريقة جديدة لفهم بنية الجزيء من الأسفل إلى الأعلى، وذلك من القوانين الأساسية للطبيعة. ما الذي يحدد البنية؟ ما الذي يملي على الذرات أن تنتظم بهذه الطريقة لا تلك؟ ما الذي يجعل روابط بين ذرتين قوية جداً وأخرى ضعيفة جداً؟ لا شك أن هناك قوانين أساسية تبت بهذه الخصائص ـ قوانين عن ذلك النوع الذي قرأ عنه بولينغ في أبحاث جلبرت نيوتن لويس وإيرڤينغ لانغمير ـ لكن لويس ولانغمير لم يذهبا بعيداً كفاية.

أراد بولينغ أن يقوم بالخطوات التالية. فهو، في الكالتيك وفي صفوفه الفيزيائية الكثيرة، قد أدرك أنه لكي يكشف سر بنية الجزيء عليه أن يفهم طبيعة الذرات التي تشكل الجزيئات، تماماً مثلما على المعماري الذي يريد أن يشيد المباني أن يعرف قدراً كبيراً عن قوة الدعائم، اللبنات الآجرية، الألواح، وقدرات تحملها. بدأ بولينغ، وقد انغمس انغماساً كاملاً في الفيزياء، يتعلم كل شيء يستطيع تعلمه حول نظريات تغير ـ السرعة الخاصة بالبنية الذرية. وهو الميدان الذي كانت الأشياء فيه تتغير من أسبوع إلى أسبوع مع ظهور اكتشافات جديدة في أوروبا، حيث كانت تحدث ثورة في الفيزياء. إذ كانت مجموعة صغيرة من علماء نظريين شبان قد أعلنت الحرب على الفكرة القائلة أن الذرة هي منظومة شمسية مصغرة، الإلكترونات فيها تندفع بسرعة حول النواة، فهذا الطراز من التفكير ترك أسئلة كثيرة بلا أجوبة، كما كانوا

يقولون، بما في ذلك لماذا الإلكترونات ذات الشحن السالبة لا تفقد الطاقة، كما يقتضي الأمر حسب قوانين الفيزياء، وتسقط على النواة ذات الشحنة الموجبة. وكان النقاش كله يلبس لبوس الرياضيات الصعبة فبذل بولينغ جهده في الكالتيك لكي يفهم تلك الأفكار الجديدة. بعدئذ تغيرت حياة آل بولينغ بطريقة أخرى. ففي آذار 1925 وضعت آڤا هيلين مولوداً ذكراً هو لينوس الصغير، وكان حدثاً مفرحاً بكثير من الطرق لكنه مرهق بطرق أخرى. فبولينغ، المنكب على عمله، لم يغير برنامجه، مستمراً بالعمل حتى وقت متأخر في المخبر، حتى بعد أن نال شهادة الدكتوراه، بدرجة الشرف، في حزيران. لكن حياة آڤا هيلين تحولت فالطفل الجديد كان يعني أنه لم يعد باستطاعتها أن ترافق زوجها إلى المختبر، بل بات عليها أن تقضي معظم أيامها في المنزل تغسل، تنظف وترعى الطفل.

ولادة ابن بولينغ البكر، لينوس الصغير، جاء تاماً في الوقت الذي عرف فيه لينوس أنه فاز بمنحة دراسية في أوروبا. وهكذا ترك الطفل الوليد في رعاية أم آڤا هيلين مدة تربو على السنة فيما سافر الزوجان الشابان إلى ما وراء البحار.



إثر ولادة لينوس الأصغر تماماً، علم بولينغ بأنه فاز بمنحة غوغنهايم لدراسة الفيزياء الحديثة في أوروبا. وكان كل ظنه أن بالإمكان أن يأخذا الطفل معهما لكنه «صُدِم»، كما قال فيما بعد، حين اقترحت آڤا هيلين أن يتركاه لدى أمها إلى أن يعودا.

إذ أشارت إلى صعوبة السفر مسافات طويلة وفي عهدتها طفل، كما أنه ليس هناك إلا القليل من الوقت للتعامل مع حاجات الطفل، إضافة إلى ضيق ذات اليد بالنسبة لتأمين مربية ـ أطفال. وبذلك انفصلا عن طفلهما أكثر من سنة. لقد كان وراء ذلك دواعٍ حسنة، لكن رحلتهما الأوروبية الأولى رسخت نموذجاً: بالنسبة إلى بولينغ في المقام الأول: العلم وآقا هيلين، أما الأطفال فيأتون في المقام الثالث.

في ربيع 1926 وصلا إلى نابولي، حيث قضيا عدة أسابيع يستمتعان بشهر العسل الذي لم يتمتعا به قط من قبل، متجولين في روما وفلورنسا. غارقين في زحام الحشود أمام كنيسة القديس بطرس، معجبين بالآثار في بيستوم، لقد كانت عطلة رائعة.

لكن بولينغ كان تواقاً للحصول على العمل، وكان قد رتب الأمور بحيث يدرس مع آرنولد سومرفيلد، أحد الفيزيائيين الرئيسيين في العالم، الذي كان معهده في جامعة ميونيخ المركز العصبي لتطوير الأفكار الجديدة المتعلقة بالبنية الذرية. كان سومرفيلد، بشخصيته القصيرة القامة، الضئيلة الوزن لكن الساحرة وبشاربيه الشهيين وندبة المبارزة، مكلفاً بمهمة التعرف إلى ألمع العقول العلمية في أوروبا. لقد كان يعرف كل من يعمل في الفيزياء النظرية، وكان قد تعاون مع كبارهم في حل المسائل وكان يحب التحدث عن أحدث الأفكار مع

طلابه وكان مدرساً رهيباً. كل واحد وأي واحد في الفيزياء كان يراسل سومرفيلد وكان يستخدم الرسائل والأبحاث قبل نشرها التي تأتيه من كل العاملين الرئيسيين في ذلك الميدان كمادة مغذية لطلابه.

عندما وصل بولينغ، كان المعهد يضج بالكلام عن نهج جديد جذرياً لفهم الذرة كان أحد طلاب سومرفيلد السابقين، ويرنر هايزنبرغ، قد اقترحه. إذ كان هذا الشاب المثير للقلاقل قد قرر أن يلقي بأية أفكار عن الذرة قابلة للإبداء للعيان كلية، والعمل بدلاً من ذلك بالرياضيات الخالصة لتفسير طريقة سلوك الذرات. وقد خرج بمنظومة تدعى الرياضيات المصفوفة (حسب جدول مقسم إلى خلايا وخانات) عسيرة جداً على الاستخدام لكنها تقدم أجوبة تماثل الحقيقة. لقد أثار عمله ذاك الغضب كل الغضب بين الفيزيائيين التقليديين الذين اعتبروا أن من غير المعقول صياغة نظرية عن الذرة، ومن أن تكون هناك صورة حسية ملموسة خلفها.

في ذلك الوقت، تماماً حين كان الزوجان بولينغ يقيمان في شقة صغيرة لا تبعد إلا بضعة مبانٍ عن جامعة ميونيخ، كانت هناك نظرية أخرى، مختلفة جداً ظاهرياً، يقدمها واحد ممن انتقدوا نظرية هايزنبرغ، هو الفيزيائي النمساوي إروين شرودينجر. فحسب نظرية شرودينجر هذا، لم تكن الإلكترونات تسلك سلوك الكواكب الدقيقة الدائرة في فلك، بل مثل أمواج تحيط بنواة. وكان

obeikandl.com

شرودينجر، بتطبيقه رياضيات الدالات الموجية، قادراً على إيجاد المعادلات التي تماثل أيضاً الخصائص الملحوظة للذرات البسيطة.

سمع بولينغ أولاً بأول الجدل الحاد الذي كان يدور أحياناً بين أتباع نظرية هايزنبرغ ونظرية شرودينجر، وفي صيف 1926 رأى شرودينجر يقدم أفكاره الموجية للمرة الأولى في جامعة ميونيخ، حيث هايزنبرغ الشاب في نهاية المحاضرة واثباً متحدثاً وجهة نظره. ثم بدا، لفترة من الزمن، وكان عالم الفيزياء سينشطر إلى معسكرين متعاركين. لكن خلال الأشهر التي قضاها بولينغ في أوروبا، بدأ يتضح أن أفكار شرودينجر وهايزنبرغ ليست حقائق متخالفة بل هي طرائق رياضية مختلفة للوصول إلى الحقيقة الذرية ذاتها. وهكذا اندمجت في النهاية تحت اسم جديد. ميكانيكا الكم. وكما بدا، فقد كان باستطاعة الباحثين أن يلتقطوا أية طريقة تثبت أنها الأسهل في الاستخدام من أجل مسألة محددة.

لقد كان بولينغ يفضل طريقة شرودينجر الصوتية «إنني أجد طريقة أبسط بكثير من الحسابات بالجداول المصفوفة، والأفكار الأساسية أكثر إقناعاً». كتب إلى صديق من ميونيخ «لأن هناك على الأقل أثراً لصورة حسية ملموسة خلف الرياضيات».

بعدئذ سار بأفكار شرودينجر إلى المرحلة التالية. فإذا كانت الإلكترونات تسلك سلوك الأمواج، إذن، ما الذي

يحدث عندما تتحد ذرتان معاً؟ وهل تتحد الأمواج اتحاداً تاماً وبالتالي تحيط بكلتا النواتين؟ أم تراها تتراكب، وبكل بساطة، قليلاً؟ ليالي كثيرة قضاها بولينغ في ميونيخ وهو يعمل على هذه المسألة، محاولاً تطويل معادلات شرودينجر الهائلة وجعلها تفيد في تفسير الروابط ما بين الذرات.

مع ذلك، كان ثمة وقت للهو أيضاً. إذ كان بولينغ يتعلم الألمانية في الكلية وبات باستطاعته أن يجري محادثات مع الطلاب، الأساتذة، وأصحاب الحوانيت في الجوار. وكان هو وآفا هيلين يذهبان إلى الأوبيرا ويزوران صالات الفنون، كما كانا يتجولان في المتحف الألماني بمعروضاته العلمية الشاملة، ويشاركان الطلاب الآخرين في النزهات والرحلات إلى جبال الألب القريبة، والرقص أحياناً في كازينو أوديون. «أحب أن أرقص مع لينوس، لأنه راقص بارع». كتبت هيلين في رسالة إلى أهلها ذلك الصيف «أمورنا تسير على خير ما يرام ونحن نقوم بالكثير من الخطوات الصغيرة التي لا يستطيع الأناس الآخرون القيام بها».

في حزيران 1926 جاءت المرحلة القاتمة الوحيدة، وذلك حين تلقى بولينغ رسالة من أخته لوسيل تخبره فيها أن أمهما توفيت. كانت بيل لا تزال في الخامسة والأربعين، إلا أنها كانت تتزايد هشاشة وضعفاً بعد أن غادر بولينغ إلى أوروبا، وكان فقر الدم الخبيث الذي

ذرة بوهر

بينما كان بولينغ في الكالتيك، كانت مجموعة صغيرة من العلماء الأوروبيين، على رأسها نيلز بوهر، تعيد التفكير بالكيفية التي صيغ بها العالم. في البداية، بدت أفكار بوهر شاذة وغريبة. لقد كان يؤمن بنظريات ماكس بلانك، وهو عالم فيزياء ألماني كان قد قال سنة 1901 إن أشكال الطاقة، كالحرارة والضوء مثلاً، ليست متصلة التدفق وناعمة ملساء، كما كان نيوتن يعتقد، بل هي حبيبية ومتقطعة تتألف من دقائق مادية صغيرة دعاها باسم الكمات. وقد تزايدت الأدلة لصالح كمات بلانك خلال العقد الأول من القرن العشرين حتى سنة 1913، حين قال بوهر، وهو حينذاك في الثامنة والعشرين من العمر، إن الذرة ذاتها هي منظومة كم.

فحسب نظرية بوهر، تتألف الذرة من إلكترونات تدور حول النواة، لكن فقط على مسافات محددة من النواة، وهي مدارات ذات أقطار تحددها قوانين الكم. أضف كماً من الطاقة إلى الذرة، «يقفز» إلكترون بوهر من المدار الأقرب إلى النواة إلى المدار الأبعد عنها. بعدئذ، ولدى رجوعه إلى مدار أكثر استقراراً، يطلق كماً من الطاقة، تكون أحياناً على شكل ضوء مرئي.

لقد قدمت نظرية بوهر تفسيراً لماذا يمكن للعناصر أن تتخلى عن أطوال الموجات الضوئية الخاصة بها حين تسخّن، لتتخذ أنماطاً ضوئية يمكن تمريرها عبر موشور ودراستها، مشكلة نوعاً من البصمة الطيفية الخاصة بكل عنصر. ونظراً لأن لكل عنصر مجموعة إلكتروناته الخاصة المتفردة، فإن من المتوقع من كل عنصر، حين يسخَّن، أن يطرح نمطه الضوئي المتميز، حين تعود إلكتروناته إلى مداراتها الأصلية.

عالما الفيزياء الأوروبيان آرنولد سومرفيلد (يسار) ونيلز بوهر هما من بين العلماء الذين صنعوا ثورة في الفيزياء خلال عشرينيات القرن العشرين. وذلك بإعادة تأسيسها على أفكار جديدة تتعلق ببنية الذرات وسلوكها.

مع مطلع العشرينات من القرن العشرين، بات بإمكان بوهر، إثر تنقيح أفكاره من خلال العمل مع عالم الفيزياء الألماني آرنولد سومرفيلد، أن يرسم صوراً للذرات بدت أشبه بأزهار هندسية رائعة، بتلاتها المتداخلة تتشكل من مدارات إلكترونية متداخلة، إهليلجية، متطاولة، ترتبط كلها، وبعناية، بالأنماط الطيفية للعناصر. خلال السنوات التي كان فيها بولينغ في الكالتيك، كانت هذه البنى الذرية المعقدة، بمدارات إلكتروناتها النابضة، الدائرة المتناسقة، ومجموعات خطوطها الضوئية الشبيهة بالأوتار، تبدو وكأنها تمثل، كما قال سومرفيلد: «الموسيقى الحقيقية للأكوان».

لكن كانت ما تزال هناك أسئلة. كيف يمكن للإلكترونات أن تختفي من مدار لتعاود الظهور في مدار آخر، دون وجود أي مكان بينهما. نظراً لأن الفيزياء الكلاسيكية كانت تنظر إلى فكرة «قفزة الكم» التي تطلبها نموذج بوهر، على أنها مستحيلة؟ وكيف يمكن للإلكترونات ذات الشحنة السالبة أن تدور حول نواة ذات شحنة موجبة دون أن تخسر طاقة، طبقاً لما كانت الفيزياء الكلاسيكية تفترضه بالنسبة إلى الأجسام المتحركة ذات الشحنة؟ لقد أثار عمل بوهر من الأسئلة بقدر ما أجاب تقريباً. وفي حين أن الفيزياء الكلاسيكية القديمة لم تكن على ما يبدو تعمل على صعيد الذرة، كذلك فيزياء بوهر، في أواسط العشرينات، لم تكن تعمل أيضاً. لقد كتب بولينغ كمراقب معاصر للأحداث خلال الفترة التي كان يدرس ذلك الميدان في الكالتيك «حيناً من الزمن بدا وكأنه إما الفيزياء ذاتها وإما الفيزيائيون قد أصيبوا بالجنون تماماً».

ولسوف يحتاج الأمر إلى تركيبة جديدة تدعى ميكانيكا الكم قبل أن تحل تلك المشكلة المحيرة.

obeikandl.com

It will be observed that the function differs appreciably from zero only within a radius of the order of magnitude of the major axis of the corresponding ellipses of the old quantum theory; namely, $r = 2a_0n^2/Z$, or $\xi = 4n$, as was remarked by Schrödinger (I). In fig. 2 are given values of D as a function of

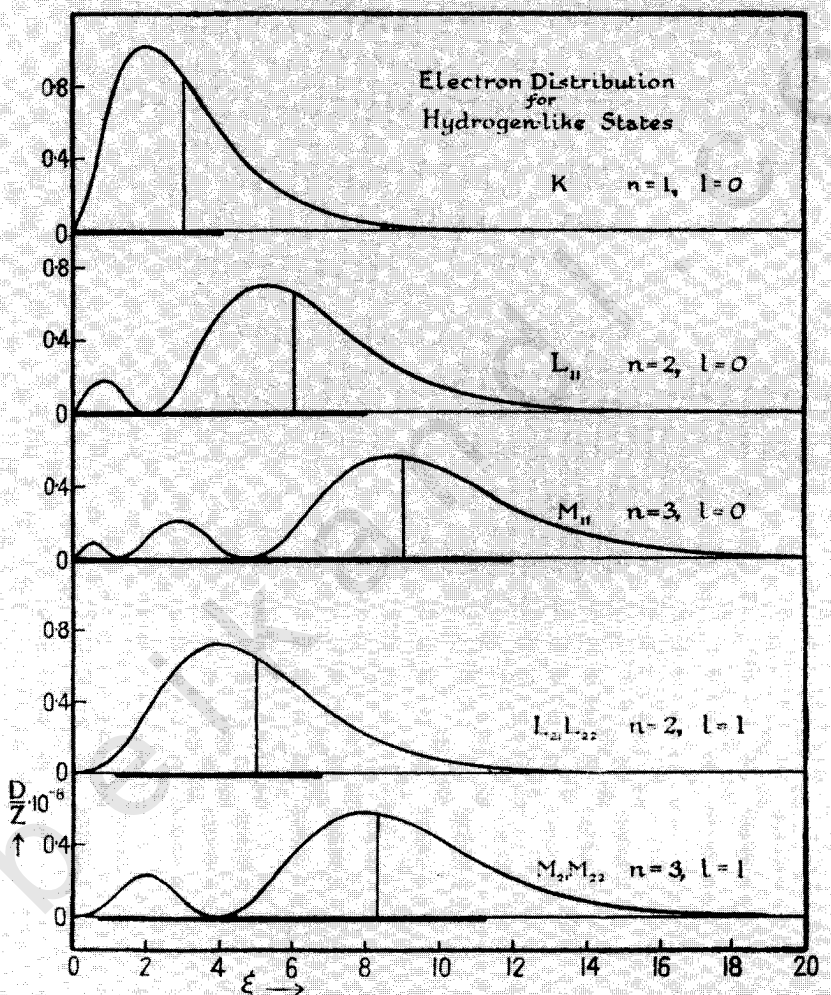


FIG. 2.—Electron distribution for hydrogen-like states; the ordinates are values of $D \cdot Z^{-1} \cdot 10^{8}$, in which $D = 4\pi r^2\rho$, with ρ the electron density. The vertical lines correspond to $\bar{r}$, the average value of r.

أصيبت به يمتص كل ما في جسدها قوة ويجعلها تصاب بالهلوسات. وقد كتبت أخته له، لقد ماتت في مصح حكومي للمصابين بالأمراض النفسية فبكى بولينغ وهو يقرأ ذلك.

بيد أنه دفن ما في نفسه من أحزان في عمله. كان سومرفيلد يدرسه الرياضيات التي كان بحاجة إليها كي يفلح في فهم معادلات شرودينجر الموجية، وكان قد بدأ في تطبيق هذه الطريقة على المسائل بكل نجاح. غير أن الاختراق العظيم حدث عندما استخدم الميكانيكا الموجية لتفسير بعض الخصائص الأساسية بما في ذلك الحجم، للذرات الكبيرة ذات الإلكترونات العديدة. هذه الخطوة الهامة إلى الأمام حظيت بإعجاب سومرفيلد وكذلك بالنشر في الجريدة البريطانية ذات المكانة المرموقة «محاضر جلسات الجمعية الملكية». بعدئذ توصل إلى كيفية استخدام الفيزياء الحديثة للتكهن بأحجام الذرات كما هي موجودة في البللورات.

تلك كانت إنجازات تستحق الذكر، إلا أنها ظلت قاصرة عن الإجابة عن سؤال بولينغ الممكن حول الروابط بين الذرات. ذلك أن تطبيق رياضيات شرودينجر على مركبات أكثر من ذرة واحدة. لم يكن يعمل على ما يبدو، ولم يكن سومرفيلد قادراً على مساعدته. في شباط 1927، غادر هو وآڤا هيلين ميونيخ بحثاً عن أجوبة في مكان آخر. رحلا أولاً إلى كوبنهاغن. حيث أخفق بولينغ

صفحة من مقالة بولينغ سنة 1927 في «محاضر جلسات الجمعية الملكية» وكان فيها الرائد في استخدام ميكانيكا الكم للتكهن بحجم الذرات وخصائصها الأخرى. وقد شكل هذا البحث بداية ظهور بولينغ على المسرح العالمي الدولي.

في لفت انتباه عالم الفيزياء الكمي الدنماركي العظيم، فيلز بوهر. توقفه التالي كان في زيوريخ، حيث أخفق أيضاً في محاولاته للعمل مع شرودينجر. «لقد ندمت كل الندم على شهرين تقريباً أضعتهما هنا» كتب بولينغ لأحد الأصدقاء من زيوريخ في آب 1927 «لقد عجزت عن الاتصال بشرودينجر. كنت أراه مرة واحدة كل أسبوع في حلقة دراسية مصغرة وقد بذلت قصارى جهدي كي أتوصل إلى معرفة ما يفعل، بل عرضت أن أجري له حسابات تهمه طالما هو غير مهتم بعملي، لكن دون جدوى».

على أن الأسوأ هو أن بولينغ اكتشف في زيوريخ أنه لن يكن الأول في تطبيق الميكانيكا الموجية على الروابط الكيمياوية. فقد سبقه إلى ذلك اثنان من معارفه الألمان الشبان: وولتر هايتلر وفريتز لندن. لقد وجدا، بعد عمل وثيق مع شرودينجر، طريقة لاستخدام المعادلة الموجية بغية إيجاد طراز رياضي للرابطة الكيمياوية البسيطة.

فكرة هايزنبرغ الجديدة المعروفة باسم الشحنة التبادلية هي التي مهدت الطريق لذلك الاختراق. حيث تقول تلك النظرية أنه مع اقتراب ذرتين واحدتهما من الأخرى، تزداد الفرصة في أن يجد إلكترون سالب الشحنة من إحداهما نفسه منجذباً إلى نواة الأخرى ذات الشحنة الموجبة والأمر ذاته ينطبق على الجانب الآخر. ثم يبدأ الإلكترونان، عند نقطة معينة، بالتقافز إلى الأمام والخلف

بين النواتين صانعين نوعاً من التبادل الإلكتروني الذي قد يحدث بلايين المرات في كل ثانية. بمعنى أنه قد لا يعود بإمكان الإلكترونين أن يحددا إلى أية نواة ينتميان.

بدمج هذه الفكرة مع معادلة شرودينجر الموجية، استطاع هايتلر ولندن أن يحسبا أن الطاقة الجاذبة لهذا التبادل الإلكتروني ستتوازن عند نقطة معينة من خلال الصد الذي تقوم به النواتان موجبتا الشحنة، مما يخلق رابطة كيمياوية ذات طول محدد وقوة محددة. ولقد برهنا على رأيهما هذا بحسابهما الرابطة بين ذرتي هيدروجين.

وكان نصراً عظيماً. إنه الامتداد الأول لميكانيكا شرودينجر الموجية إلى صعيد الجزيء، والمرة الأولى التي تستخدم فيها الفيزياء الحديثة بنجاح في تفسير طبيعة الروابط الكيمياوية. دقق بولينغ النتائج التي توصل إليها هايتلر ولندن وهو في زيوريخ وغالباً ما تحدث إليهما. ثم بات مقتنعاً أنهما على حق، مؤمناً أن جهوده الخاصة كانت قد أخفقت لأنه لم يستخدم الفكرة الجوهرية: فكرة تبادل الإلكترونات.

لكن، كان ما يزال هناك قدر كبير يمكن فعله. فعمل هايتلر ولندن كان مجرد خطوة أولى. وكانا قد توصلا فقط إلى معرفة جزيء الهيدروجين الأبسط. وكانت ثمة مشكلات أكثر بكثير ينبغي حلها بهذه الطريقة الجديدة. فصمم بولينغ أن يكون هو من يحلها.