الفصل

5

اللولب الثلاثي

صباح الثلاثاء، 7 آب، 1945، توقف لينوس بولينغ في صيدلية في بزادينا كي يشتري جريدة، ولسوف يتذكر اللحظات القليلة التالية بقية عمره. كان الخط العريض في الجريدة يقول «طوكيو تعترف بالدمار الذري». إذ كانت قد أسقطت لتوها قنبلة أمريكية من نمط جديد على مدينة هيروشيما اليابانية، وكانت كرة نارية هائلة قد قتلت أو آذت عشرات آلاف اليابانيين. كما كان قسم كبير من المدينة. كما يذكر التقرير، قد دمر بلمحة عين. لقد نجحت تجربة روبرت أوبنهايمر، وهو المشروع الذي كان قد حاول أن يتكلم مع بولينغ للالتحاق به في لوس ألاموس. كان العلم قد صنع القنبلة الذرية.

غيمة كالفطر ترتفع فوق ناغازاكي بعد تفجير القنبلة الذرية هناك في 8 آب 1945. إن القوة والتدمير اللذين سببهما هذا السلاح الجديد دفعا بولينغ وعلماء آخرين إلى العمل السياسي للحد من تطويره واستخدامه.

بعد ثلاثة أيام، قرأ بولينغ أن قنبلة أخرى من السلاح الجديد قد دمرت مدينة ناغازاكي. إثر ذلك استسلمت

اليابان مباشرة، وانتهت الحرب العالمية الثانية. فرقص الأمريكيون في الشوارع واشترك بولينغ وأسرته في حالة النشوة العامة.

لكن ما إن راحت السكرة وجاءت الفكرة حتى وجد بولينغ وكثير من العلماء الآخرين أنفسهم إزاء مسائل صعبة. لقد بدأ والتجمع على شكل جماعات صغيرة، في المنازل الخاصة ونوادي الأقسام كي يتحدثوا عن الدلالات الاجتماعية والسياسية للقنبلة الجديدة. بطبع دزينات من هذه القنبلة تلقيها الطائرات يمكن أن تخرب بلاداً بكاملها، ماسحة جيوشها ومدنها في يوم واحد. إذن، ألم يجعل هذا السلاح، بما يملك من قوة، الحرب باطلة قديمة الطراز؟ لقد كان مفهوماً أن هنالك أسراراً حربية وقت الحرب، لكن حينذاك كان قد صار سلاح. فهل أعمال القنبلة الذرية ستبقى أسراراً عسكرية أم ستكون موضع شراكة، شأنها شأن الاكتشافات العلمية الأخرى، مع بقية العالم؟ يمكن أيضاً استخدام الطاقة الذرية لتوليد الكهرباء، ترى ألا يدين العلماء للكوكب المدمر بالحرب كي يجعلوا ذلك متاحاً للجميع؟

مع انتشار المزيد من التفاصيل عن المدن المدمرة، الحروق الرهيبة والتسمم بالأشعة ومعرفة الناس بها على نطاق واسع، أضيف إحساس بالذنب إلى الهموم الأخرى للعلماء. أليس شيئاً غير أخلاقي تطوير هذا السلاح؟ ماذا تراهم قد فعلوا؟

انضم بولينغ إلى جماعة نقاش من الأساتذة والطلاب المهتمين في بزادينا وكان بين الأوائل الذين أدركوا أن القنبلة الجديدة تعني أيضاً تغيراً في دور العلماء. فـ«المشكلة التي تقدمها للعالم القوة التدميرية للطاقة الذرية، تغطي، بالطبع، أية مشكلة أخرى». كتب بولينغ إلى زميل من زملائه الباحثين بعد أقل من شهرين من هيروشيما. «أشعر أنه، إضافة إلى أنشطتنا المهنية في الحقل النووي، علينا أن نجعل أصواتنا معروفة فيما يتعلق بالمعنى السياسي للعلم».

هذا النهج كان، بشكل من الأشكال، جديداً، إذ لم يكن للعلماء عادة علاقة بالسياسة. كانوا يدربون على أن يكونوا موضوعيين، أن يحللوا المعطيات بدقة وعدالة وأن يتوصلوا إلى نتائج بعيدة عن الأهواء الشخصية، غير أن السياسة تتسم بالفوضى والقذارة، وهي شخصية، غالباً ما تضرب جذورها في العواطف والتحيزات. فكيف يمكن للعلماء أن يكونوا موضوعيين إن كانت لهم مواقف سياسية؟

جواب بولينغ ومئات العلماء الآخرين في الأشهر التي أعقبت الحرب تماماً، هو أن عليهم أن يضيفوا أصواتهم إلى أصوات الجدل العام القائم حول القنبلة. أما موضوعيتهم ومعرفتهم التكتولوجية ـ بالكيفية فقد كانت مطلوبة لتزويد الجدل السياسي بالمعلومات. فالقنابل الجديدة هي اكتشافات علمية معقدة ذات آثار سياسية

هائلة أيضاً. والناس بحاجة ماسة لأن يفهموا كيف تعمل وما تستطيع فعله على حد سواء ـ إضافة إلى الجانب الإيجابي للتطوير المحتمل للطاقة الذرية ـ إن كان هناك استخدام عقلاني لهذه التكنولوجيا الجديدة بالغة القوة. وكان على العلماء من أن يشرحوا هذا كله.

راحت جماعة نقاش بزادينا، وطوال ساعات، تتحدث، مع تناولها البيرة والبسكويت القاسي المملح في قبو نادي قسم الكالتيك، عن هذه القضايا كلها، بما في ذلك الحقيقة التي لا مفر منها وهي أن الولايات المتحدة لن تستطيع طويلاً احتقار القنبلة الذرية وحدها. فكما قال آلبرت آينشتاين «ما تقوله الطبيعة لفئة من الرجال، ستتولد ذات يوم لفئة أخرى لديها الاهتمام والصبر الكافي لطرح الأسئلة». وإذا ما طور الاتحاد السوفييتي والبلدان الأخرى القنبلة، مثلما كان بولينغ والآخرون متأكدين من أنهم سرعان ما سيفعلونه، ما ترى سيحول دون تدمير العالم كله؟

الجواب الذي وافق عليه مئات العلماء على اتساع الوطن، كان منطقياً. ما من أمة تستطيع الحفاظ على الأسرار الذرية، لذلك ينبغي المشاركة فيها مع الجميع. وكما بدأ آينشتاين يستنتج، فقد كانت القنابل الجديدة إشارة على أن الجنس البشري بحاجة إلى شكل جديد من الحكومات، هيئة عالمية تعاونية لا تشرف على التطوير السلمي للطاقة الذرية وحسب، بل تقمع أية بلاد مفردة حمقاء بما فيه الغاية للتهديد بحرب ذرية.

شرع بولينغ وعلماء آخرون كثيرون الكلام علناً عن هذه القضايا. ثم اجتمعت عشرات من مجموعات النقاش المؤلفة من العلماء لتتحد في منظمة وطنية هي «اتحاد العلماء الذريين» الذي ضغط على الكونغرس كي يبقي الطاقة الذرية تحت إدارة مدنية لا إدارة عسكرية. وقد انضم بولينغ إلى هذا الاتحاد رافعاً صوته لصالح الإدارة المدنية.

ولكي يساعدوا في دمج الجمهور بقضايا الطاقة الذرية، شكل آينشتاين وفئة صغيرة من باحثي الطاقة الآخرين «لجنة طوارئ العلماء الذريين»، لتحصيل الأموال من أجل القيام بحملات إعلام جماهيرية. وكان بولينغ سعيداً بانضمامه لهذه اللجنة حين طلب إليه، خاصة أن ذلك وفر له فرصة أكبر للقيام بزيارات لآينشتاين. فكراهية آينشتاين للقنبلة وحبه للسلام ترافقا مع قدرته على التحدث من القلب، وهو ما كان له أثر كبير على موقف بولينغ الخاص تجاه القضية الذرية.

لكن، كان ثمة شخص أكثر أهمية حتى في قرار بولينغ للتحرك باتجاه العمل السياسي. إذ كانت آڤا هيلين تؤمن أكثر من زوجها حتى بأن على المواطنين واجباً هو أن يتكلموا علناً حيث يرون الظلم، وكانت قد أقنعت بولينغ بالانضمام إلى «الاتحاد الآن» وهي الجماعة المناصرة للديموقراطية، المعادية للنازية التي قامت قبل الحرب، كما جعلته يهتم بالكفاح ضد اعتقال المواطنين

سنة 1949، بولينغ في نادي القسم في الكالتيك، الأثينيوم. انخراط بولينغ المتزايد في النشاط المضاد للحرب سيعزله عن كثير من زملائه في الكالتيك.

الأمريكيين من أصل ياباني خلال الحرب. لقد شعرت آغا هيلين أيضاً أن القنبلة الذرية هي قضية العصر الأهم. وكانت دائماً إلى جانب بولينغ في اجتماعات مع آينشتاين وفي الصف الأمامي أثناء أحاديثه العامة، تشجعه وتمحّص أحاديثه، وتحثه على الانخراط أكثر فأكثر.

وهكذا، بمساعدتها، أصبح بولينغ خطيباً مفوّهاً واسع الشهرة. إذ كانت السنوات التي قضاها في التعليم قد منحته المقدرة على أن يشرح بوضوح القضايا التقنية. خلال 1946، ألقى أحاديث عن الفيزياء وتكنولوجيا القنبلة

في نوادي الأعمال التجارية والروابط النسائية، وتجمعات المدارس العالية والمنظمات العالمية. بعدئذ بدأ يضفي على أحاديثه مضموناً سياسياً، متحدثاً عن جنون الحرب الذرية والحاجة لحكومة عالمية. وفي السنة ذاتها، شرع هو وآڤا هيلين يوحدان الفئات السياسية اللاعلمية التي تناصر التعاون على الصعيد العالمي وفتح الاتصالات مع البلدان الأخرى كلها بما في ذلك الاتحاد السوفيتي.

خلال سنة من انتهاء الحرب، لم تكن وجهات نظر بولينغ غير عادية. فاتحاد علماء الذرة أفلح في إقناع الكونغرس بنقل الإشراف على الطاقة الذرية من يد المعسكر إلى هيئة مدنية، هي لجنة الطاقة الذرية. في 1945، تشكلت الأمم المتحدة ـ وهي الخطوة الأولى، كما ظن البعض، باتجاه حكومة عالمية. ولحين من الزمن، تحدث الرئيس ترومان ومستشاروه بصراحة عن مشاركة الأمم الأخرى الأسرار الذرية، بما في ذلك الاتحاد السوفيتي.

لكن في خريف 1946، بدأت الأمور تتغير، فالقائد الروسي جوزيف ستالين سيطر على أوروبا الشرقية، قامعاً الديموقراطية هناك بوحشية، مرغماً تلك الدول على تبني الشيوعية كنظام سياسي لها، مسدلاً عليها ما دعاه رئيس الوزراء البريطاني، ونستون تشرشل، الستار الحديدي. في الصين، بدأ الثوار بتهديد الحكومة. فبدأ المنتخبون في الولايات المتحدة، وقد أخافهم المد المتصاعد

للشيوعية في العالم، ينتخبون السياسيين المعادين للشيوعية الذين يرفضون فكرة الحكومة العالمية، يشجعهم في ذلك الخط المتشدد للاتحاد السوفيتي، ويدفعهم لمراكمة الأسلحة الذرية. في أواخر 1947، توقف كل الكلام عن التشارك في تكنولوجيا القنبلة، وسرعان ما أصبح كل من يتكلم لصالح الحكومة العالمية أو التعاون مع الشيوعيين موضع شبهة باعتباره شيوعياً فعلاً. وكانت تلك بداية مرحلة طويلة من الصمت والخوف في أمريكا. إنها بداية الحرب الباردة.

خلال تلك السنوات، ألقى بولينغ خطباً سياسية، إذ شعر أن عليه أن يفعل ذلك، لكنه تابع عمله العلمي لأنه كان يحبه. لقد كان عمله بخصوص الأجسام المضادة قد أثبت له الفكرة البسيطة لكن القوية في أن الفعالية الخاصة للجزيئات الحيوية في الجسم يمكن تفسيرها من خلال التناسب الوثيق بين الجزيئات الكبيرة. لقد كان الشكل والبنية هما كل شيء ـ التناسب الدقيق، كاليد ـ في ـ القفاز، بين جزيء وجزيء ـ وهو ما دعاه «التتام الجزيئي التفصيلي».

لقد بات يشعر بالثقة التامة أن فكرة الأشكال المتتامة المتناسبة تناسباً وثيقاً ملائمة تماماً لشرح الكيفية التي تعلق بها الجزيئات ـ الهدف. ولقد بينت أبحاثه الخاصة أن دقة التراكب بين الجسم المضاد والجسم المولد بالغة ومضبوطة إلى درجة غير معقولة، بحيث إن ذرة واحدة

في غير مكانها يمكن أن ترخي إلى درجة كبيرة ذلك التعالق. كما شعر أن الأمر ذاته يمكن أن ينطبق على الجزيئات البيولوجية الأخرى. في أواخر الأربعينيات، وفي سلسلة من المحاضرات الباهرة، لخص بولينغ الحالة الخاصة بالتتامية باعتبارها المبدأ الصميمي للبيولوجيا الجزيئية. تماثل الشكل هذا مع الشكل المتتام. كان يقول، يمكن أن يفسر كل شيء بدءاً من خاصية الخميرة الفاعلة بمادة معينة وحتى مقدرة الأنف على التمييز بين شتى الروائح (لكون تلك النظرية تقول إن جزيئات العطر ذات الشكل المبين فقط تتراكب مع مستقبلات عطر محددة).

بل يمكن للتتامية، كما اعتقد بولينغ، أن تشرح سر البيولوجيا الأعظم: كيف تتناسخ المقضيات الحية ذاتها وتتكاثر. إذ بات معروفاً حينذاك أن وحدات الوراثة الصغيرة التي تدعى المورثات تنقل التعليمات للأجيال الجديدة، لكن كانت طبيعتها الكيمياوية لا تزال مجهولة. وكان بولينغ، شأنه شأن معظم العلماء، يعتقد أن المورثات تتكون على الأغلب من البروتينات.

لكن كيف يمكن للمورثات أن تستنسخ ذاتها نسخاً تحتاج لصنع خلايا جديدة وأجيال جيدة؟ وطلع بولينغ بنظرية: «بصورة عامة، استخدام المورث... كقالب يؤدي إلى تشكيل جزيء ذي بنية غير مماثلة تماماً بل بنية متتامة» كما قال سنة 1948: «وقد يحدث، بالطبع، أن

يكون الجزيء في الوقت ذاته متماثلاً مع القالب الذي صيغ وفقه ومتتاماً معه. . . وإذا كانت البنية التي تخدم كقالب (المورث أو الجزيء الڤيروسي) تتألف من النقل، جزئين هما ذاتهما متتامان في البنية، حينذاك يمكن لكل من هذين الجزئين أن يخدم كقالب لإنتاج نسخة من الجزء الآخر، كما أن مركب الجزئين المتتامين يمكن أن يخدم بهذه الطريقة كقالب لإنتاج النسخة المضافة ذاتها». ذلك كان وصفاً حسناً لجزيء الـ د.ن.آ. وذلك قبل أربع سنوات من اكتشاف بنيته.

كان شعور بولينغ أنه على الطريق الصحيح، لكنه امتنع عن نشر أفكاره لأنه لم يكن يملك برهاناً يقدمه. وما من أحد كان يعلم مما تتكون المورثات، وأقل بكثير كيف كان شكلها، بل ما من أحد كان لديه أدنى فكرة عن البنية التفصيلية لأي من البروتينات أراد بولينغ، وقد نوى أن يحل هذه المسألة الأخيرة، أن يصبح أول من ينشر معلومات عن البنية الدقيقة للبروتين وكان لديه مرشح جيد لتلك المهمة: الكيراتين.

هذا البروتين الشائع، الكيراتين، هو مادة الشعر، الأظافر، وقرن الحيوان. قدر كبير من العمل بالأشعة السينية كان قد جرى على الكيراتين في إنكلترا، حيث وجد أن الشعر يتكون من جزيئات طويلة جداً ذات بنية تكرر ذاتها كل 510 بيكوميتر على طول الشعرة. (والبيكوميتر هو جزء واحد من تريليون من المتر،

للمقارنة، الـ100 بيكوميتر هي تقريباً المسافة الواقعة بين ذرة الهيدورجين وذرة الأوكسجين في جزيء الماء). وكان معظم الباحثين الرئيسيين في إنكلترا، وكذلك بولينغ، يظنون أن معطيات الأشعة السينية تدل على أن للكيراتين نوعاً من البنية المفتلة المتعرجة التي تفسر قدرة الشعر على التمدد والانبساط حين يكون الشعر رطباً وتكون الفتيلات الجزيئية متمددة منبسطة ثم ينكمش ويتقلص حين يجف. وكان كل الظن أن الـ510 بيكوميتر في المسافة تبين كل فتيلة وأخرى.

وباستخدامه لما كان مختبره قد اكتشفه عن بنية الحموض الأمينية وطبيعة الرابطة الببتيدية، ثم مضيفاً أفكاره عن روابط الهيدروجين، انطلق بولينغ لبناء نموذج ذهني عن الكيراتين. لكن لا شيء مما حاول صنعه على شكل شريط مفتل بدا مجدياً. كما لم يستطع ابتكار أية بنية معقولة تنطبق على القواعد التي كان هو نفسه قد وضعها ـ لا سيما الرابطة الببتيدية الصارمة ـ أو تتطابق مع معطيات الأشعة السينية.

بعدئذ، وخلال زيارة إلى إنكلترا في مطلع 1948، سمع بولينغ شيئاً عن طريقة أخرى. فقد كان الباحثون البريطانيون يقولون إنه، بدلاً من الشريط المفتل، يمكن أن يكون للكيراتين والبروتينات الأخرى بنية جزيئية أشبه بشيء حلزوني أو ما دعوه باللولب.

بعد فترة وجيزة من اطلاعه على ذلك الأمر، ألزم

الطقس الإنكليزي الرطب بولينغ فراشه في أكسفورد وقد أصيب بعدوى جيوب حادة. «أول يوم قرأت قصصاً بوليسية، محاولاً فقط أن أبتعد عن الشعور بأنني بائس، في اليوم الثاني فعلت ذلك أيضاً» تذكر فيما بعد «لكنني سئمت الأمر، لذا فكرت «لماذا لا أفكر ببنية المورثات؟»» وهكذا، جاء بأوراق، مسطرة، وقلم رصاص، وشرع يرسم خيطاً من الحموض الأمينية، قائساً إياه كي يصنع النسبة والتناسب كأدق ما يمكن، معلّماً الرابطة الببتيدية بخطوط ذات سماكة مضاعفة كي يدل على المكان الذي كانت فيه الذرات مثبتة في مكانها بقوة. ولقد نظم الحموض الأمينية بحيث إن أي سلاسل جانبية يمكن أن تشير إلى الخارج، بعيداً عن مركز الجزيء.

بعدئذ بدأ بولينغ يطوي الورقة بحيث شكلت سلسلة الحمض الأميني شكلاً حلزونياً. وخلال بضع لحظات، وهو الأمر الذي دهشه، توصل إلى بنية دعمت رابطته الببتيدية المستوية، لها زوايا معقولة بالنسبة إلى الارتباطات الأخرى، وبسهولة شكّل روابط الهيدروجين بين كل ارتفاع وارتفاع في اللولب. «حسن. لقد نسيت كل شيء عن إصابتي بالزكام حينذاك، إذ كنت مسروراً للغاية». قال بولينغ.

ولقد ظل مسروراً، كما كانت حاله، أي أن أخذ مسطرته ليقيس المسافة بين كل ارتفاع وارتفاع في

اللولب. فبدا وكأنه سيستغرق منه أشهراً صنع نموذج دقيق ومحاولة إثبات تلك النقطة، لكن بغض النظر عن ذلك، فقد كان يبدو أن المسافة بين انعطاف معين في السلسلة والانعطاف التالي فوقه لم يكن قريباً من الـ510 بيكوميتر المكررة حسب معطيات الأسئلة السينية. ولم يكن ثمة من طريقة يكسبها بولينغ أن يرى كيف يمد نموذجه أو يضغطه ليجعله يركب. وكان من الواضح أن ثمة خطأ ما.

رجع إلى الفراش، ودون أن يخبر أحداً عن رسومه العابثة، واضعاً إياها في مصنف للمزيد من الدراسة حين يعود إلى كاليفورنيا، شاعراً تلك اللحظة بأن كل ما كان لديه هو «مجرد قطعة من الورق».

ثم مضى إلى شؤون أخرى. وحين سئل ذات مرة كم من أفكار جيدة تراوده، أجاب بولينغ «يراودني قدر كبير من الأفكار ألقي بالسيء منها جانباً». فذهنه الخصب كان مستمراً في توليد مختلف الأفكار الجديدة أواخر الأربعينيات. بعضها تابعة بدافع خاص منه ـ بنية البروتين، طبيعة الرابطة الكيمياوية في المعادن، الحالات الكمية للأوكسجين، الاهتمام المستمر بالأجسام المضادة، كتابة نصوص بالغة التأثير لطلاب الكلية ـ لكن أكثر ما تابعه هو التدوين باختصار لمساعديه في الأبحاث، الزملاء الحاصلين على الدكتوراه، وطلاب الدراسات العليا، ما ينبغي عليهم أن يتابعوه.

إحدى هذه الأفكار المدونة على عجل تحولت إلى تقدم خارق للعادة بالنسبة إلى الطب. فعند نهاية الحرب، كان قد طلب إلى بولينغ أن ينضم إلى لجنة مكلفة بمهمة تلخيص مجمل حاجات التمويل ما بعد الحرب للبحث الطبي في الولايات المتحدة. ذات ليلة واللجنة على العشاء، دار الحديث حول اضطراب نادر في الدم يدعى فقر الدم الخلية ـ المنجلية. إذ قام أحد الأعضاء، وهو طبيب خبير بالمرض، يوصف الكيفية التي تلتف بها كريات الدم الحمراء لدى هؤلاء المرضى لتتخذ أشكالاً منجلية بدلاً من أقراص مسطحة. هذا التشوه يقوم بسد الأوعية الدموية الدقيقة في الجسم. والنتيجة هي ألم مفاصل، خثرات دموية وغالباً الموت. هذا المرض كان يصيب على نحو خاص الأمريكيين السود، كما قال الطبيب، إضافة إلى أن هناك أمراً غير عادي أكثر: فالخلايا المنجلية، على ما يبدو، تظهر أكثر ما تظهر في الأوردة الدموية حيث الدم العائد إلى الرئتين أكثر مما تظهر في الدم الأكثر أوكسجيناً والموجود في الشرايين.

كان بولينغ يعلم أن كريات الدم الحمراء هي بشكل أساسي أكياس صغيرة محشوة بالهيموغلوبين، فإذا انحنت هذه الكريات على شكل منجل، يحتمل أن يكون للهيموغلوبين علاقة بالأمر. فماذا إن كانت جزيئات الهيموغلوبين قد تبدلت لدى مرضى الخلايا ـ المنجلية بطريقة تجعلها تلتصق ببعضها بعضاً متكتلة فوق بعضها، مشوهة الخلية؟ هذا يمكن أن يحدث إذا تبدل شكل

السطح ولو قليلاً، بصورة تكفي فقط لصنع منطقة متتامة مع الهيموغلوبين المجاور، وإن حدث ذلك، فإن الجزيئات تلتصق معاً مثلما الجسم المضاد يلتصق بمولده المضاد. كما كان يعلم أيضاً أنه عندما يتحد الأوكسجين بالهيموغلوبين، فإن شكل الجزيء يتغير، ربما بما يكفي لتخفيض «الالتصاقية» وإنقاص مقدار التحول المنجلي.

تلك فكرة ربما لا تخطر إلا ببال بولينغ، لكن كي يبرهن عليها كان عليه أن يجد الفروق في البنية بين الهيموغلوبين العادي وهيموغلوبين الخلية ـ المنجلية. تكلف بتلك المهمة هارفي إيتانو، وهو طبيب شاب كان يدرس شهادته الدكتوراه تحت إشراف بولينغ. عمل إيتانو، الذي انضم إليه لاحقاً زميل حاصل على الدكتوراه، هو جون سينغر، طوال سنة وهما يحاولان إيجاد الفرق البنيوي الذي تكهن به بولينغ، لكن عبثاً. فالهيموغليبان كانا من الحجم ذاته، الشكل العام ذاته، وكان لهما ردود الفعل ذاتها لدى اختبارهما: أي باختصار، بدا الاثنان متماثلين تماماً.

لكن إيتانو وسينغر استمرا في العمل. أخيراً، وبينما كان بولينغ في إنكلترا، طبّقا على الهيموغلوبينين تقنية جديدة بالغة الحساسية تدعى الهجرة الكهربائية للدقائق المعلقة التي تفصل البروتينات بفعل الشحنات الكهربائية على سطوحها. هنا وجدا جوابهما: فهيموغلوبين الخلية المنجلية كان يحمل ذرات ذات شحنة موجبة أكثر قليلاً

على سطحه. الفارق لم يكن كبيراً، لكن ثمة، بالحقيقة، فارق بنيوي.

وكان هذا مدهشاً ـ تغير طفيف في الشحنة الكهربائية لجزيء واحد في الجسم إنما يعني الفارق بين رجل سليم ورجل مريض مرضاً قاتلاً. لم يحدث من قبل قط أن لوحق سبب مرض من الأمراض إلى التبدل في جزيء بمفرده، وهذا الاكتشاف ـ الذي دعاه بولينغ أول «مرض جزيئي» في التاريخ ـ ترك صدى عالمياً. فمتابعة إيتانو وسينغر لعملها بيّن نموذج الوراثة الجينية للمرض مما أضاف إلى أهمية هذا الاكتشاف باعتباره واحداً من اكتشافات حجر ـ الزاوية في الطب الحديث.

في نهاية الأربعينيات، بدا أنه ليس هناك قامة علمية لا يطاولها بولينغ. إذ بدأت أحاديث عن جائزة نوبل بعد اكتشافه الخلية ـ المنجلية في أواخر الأربعينيات، وفي إنكلترا منح درجات شرف من الجامعات الرئيسية الثلاث لتلك البلاد ـ كامبريج، أكسفورد ولندن، وهو أول أمريكي، كما قيل له، يحظى بذلك الشرف من قبل. في الوطن، سمي رئيساً لأكاديمية العلوم الوطنية كما انتخب رئيساً للجمعية الكيميائية الأمريكية. لكن الجائزة الكبرى كانت ما تزال تروغ من بين يدي بولينغ: أن يكتشف بنية البروتين بالضبط.

بعد عودته من إنكلترا، في شتاء 1948، عيَّن بولينغ بهدوء أستاذاً زائراً للفيزياء يدعى هرمان برانسون لمهمة

إعادة تدقيق فكرته الخاصة بلوالب الكيراتين. أما التعليمات التي أعطاها لبرانسون فقد كانت بشكل من الأشكال مفتوحة ـ النهايات. إذ كانت توجيهاته له: تجاهل معطيات الأشعة السينية في الوقت الحاضر لكن استخدم العوامل المحددة لأبعاد الحموض الأمينية المعروفة والرابطة الببتيدية المسطحة، ثم ابحث عن البنى التي تزيد إلى أقصى حد ارتباط الهيدروجين بحيث تثبت اللولب في موضعه. وانطلاقاً من هذه التحديدات كم

بولينغ ومساعده، روبرت كوري، مع نموذج جزيء.

يمكن ترتيب لولب مستقر. بعد سنة من العمل، توصل برانسون إلى اثنين فقط، واحد منهما هو ذات الشيء الذي كان بولينغ قد رسمه كمخطط في إنكلترا. ولقد أعطى بولينغ حسابات تفصيلية خاصة بقياسات كل منهما ـ أحدهما محكم الترابط أكثر يدعى لولب ألفا والثاني ترابطه أقل إحكاماً، هو لولب غاما ـ ثم مضى إلى بحث آخر.

من جديد، كان بولينغ في حيرة، إذ ما من لولب من لولبي برانسون المستقرين كان يماثل البعد المتكرر بقياس 510 بيكوميتر على طول المحور الذي كانت معطيات الأشعة السينية تقول إنه ينبغي أن يكون موجوداً. وحده اللولب الأكثر إحكاماً كان قريباً، حوالي 540 بيكوميتر، لكنه لم يكن قريباً كفاية.

ومن جديد تردد في نشر مكتشفاته. «كنت أشعر شعوراً طاغياً أن على البنية أن تفسر معطيات الأشعة السينية إلى حد أنني أعطيت نفسي فرصة وانتظرت». تذكر بولينغ. وربما كان ذلك بداية التفكير، فقد استغرق الأمر 50 سنة من العمل لحل بنية البروتين. أما بولينغ فقد ظل سنة قبل أن ينشغل بعمل أثاره بحث علمي نشره السير وليم براغ، رائد الأشعة السينية، الذي كان بولينغ قد سبقه إلى بنية السليكات قبل 20 سنة، مع فريق أبحاث في مختبر كافنديش في كامبريج. كان بولينغ قد قام بزيارة إلى هناك ليجد أن أبحاث البروتين ممولة تمويلاً جيداً

ومتقدمة تقدماً مدهشاً على حد سواء. وإن كان لأحد أن يسبق بولينغ إلى بنية الكيراتين، فهو فريق براغ ولا شك، على أن البحث غير المركز الذي قرأه بولينغ لبراغ سنة 1950 كان كله حول بنى البروتين. إذ، نظراً لأن البريطانيين لم يكونوا قد أولوا اهتماماً كافياً لفكرة الرابطة الببتيدية القوية التي كان بولينغ يعتقد أنها ضرورية ضرورة مطلقة، فقد لووا وفتلوا بناهم النظرية بطرق أعتقد أنها مستحيلة. ولا عجب أن فريق براغ خلص إلى أنه ما من سلسلة من السلاسل المفتولة العشرين واللوالب التي اقترحوها كانت صحيحة تماماً.

لكن واحداً من الأشكال التي توصلوا إليها كان قريباً جداً من لولب ألفا الذي توصل إليه بولينغ وبرانسون، وكان الفارق ضئيلاً جداً إلى درجة جعلت بولينغ يعود إلى العمل من جديد. ولشعوره بأنه مضطر لأن يعمل نتيجة ما حققه البريطانيون من إنجازات، فقد قرر بولينغ أن يتجاهل أدلة الأشعة السينية المناقضة وينشر أفكاره بأي حال. وهكذا، كتب هو ومساعده، روبرت كوري، وهو خبير في الفن الدقيق الصعب؛ فن تفسير معطيات علم البللوريات بالأشعة السينية المستمدة من البروتينات، ملاحظة قصيرة في خريف 1950، تلخص مجمل أفكارها عن لولبيهما. ثم أغرق بولينغ وكوري نفسيهما في عمل شاق غايته تثبيت موقع كل ذرة في نموذجيهما.

ولقد ساعدهما في ذلك خبر جيد غير متوقع نوعاً ما.

إذ أعلن صناعي بريطاني يعمل بالأنسجة الصناعية أنه تم اختراع جدائل بروتينية تركيبية تشبه إلى حد كبير جداً الكيراتين وذلك بضم الحموض الأمينية الغليسينية إلى الروابط الببتيدية. وقد تشكل هذا البروتين الصناعي على شكل لولب بأبعاد هي تقريباً الأبعاد ذاتها التي تكهن بها بولينغ بالنسبة للولبة ألفا. وكان ذلك مشجعاً، لكن الأفضل حتى كان الخبر الذي جاء أيضاً وهو أن نموذج الأشعة السينية المأخوذ عن هذا البروتين الصناعي لم يظهر فيه البعد 510 بيكوميتر المتكرر الموجود في الكيراتين الطبيعي. هذه النتيجة أثارت بولينغ كل الإثارة. فربما لم يكن لمعطيات الأشعة السينية اللعينة تلك أي علاقة ببنية اللولب الجوهرية على الإطلاق، بل هي بكل بساطة نتاج صنع الإنسان عن الكيفية التي تتعالق بها اللوالب مع بعضها بعضاً في البروتينات الطبيعية.

بحماس وحمية انطلق بولينغ وكوري في العمل من جديد، موسعين أفكارهما بحيث تجاوزت اللولبين إلى البنى الإضافية الخاصة بالحرير والتي تدعى الصفائح ذات الطيات. كما اكتشفا أيضاً بنى بروتينية أكثر تعقيداً في الريش، العضلات، والكولاجين، وهو بروتين عام موجود في النظام، الغضاريف، والأوتار.

في 28 شباط 1951، وهو عيد ميلاده الخمسون بعث بولينغ إلى النشر وصفاً كاملاً مفصلاً تماماً للولبين اللذين كان هو وكوري قد بدءا العمل بهما. بعدئذ، أمضى الأسابيع التالية يعمل في بناه الأخرى. «لقد قضيت وقتاً

صعباً كي أثبت قدمي على الأرض الآن»، كتبت إلى طالب سابق «إنني أعمل ليل نهار، مهملاً كل شيء آخر تقريباً».

وكانت النتيجة واحدة من أكثر مجموعات الأبحاث خرقاً للعادة في علوم القرن العشرين. إذ ظهرت سبعة أبحاث معاً، طاغية على عدد أيار 1951 من مجلة «محاضر الأكاديمية الوطنية للعلوم». فيها وصف مفصل لصفيحة الحرير ذات الطيات. كما أن فيها نموذجاً جديداً للبروتين في الريش وأفكاراً جديدة عن بنية البروتينات الصناعية، البروتينات الكروية والعضلة. كذلك كان فيها ما دعاه بولينغ بـ«البنية المدهشة» للكولاجين، وهو مركب من ثلاثة لوالب من لوالبه الألفا، ملتفة حول بعضها بعضاً لتشكل ما يشبه السلك.

وهكذا، إذا ما أخذت معاً، تشكل أبحاث بولينغ البروتينية حدثاً مذهلاً، قفزة من عدم معرفة شيء حول البنية التفصيلية لأي بروتين إلى معرفة مقدار كبير عن الكثير منها. كما طرحت تحديات أمام باحثي البروتين في طول العالم وعرضه، الذين بات عليهم أن يفسروا بناهم تفصيلياً وإلى مستوى أن يضعوا كل ذرة في مكانها بدقة، إن أرداوا أن يباروا بولينغ.

لم يكن كل شيء في تلك الأبحاث صحيحاً، طبعاً. فقد ثبت فيما بعد أن أفكار بولينغ وكوري حول عدة بروتينات، بما فيها الكولاجين والعضلة، كانت خاطئة، فيما كان بعضها الآخر بحاجة إلى تنقيح. فلولب غاما،

الأقل إحكاماً، لم يتبين قط أنه مهم في الطبيعة.

بيد أنه لا شيء من هذا يمكن أن يقلل من أهمية الإنجاز الشامخ الذي حققه بولينغ. إذ سرعان ما ثبت بالبرهان أن لولب ألفا الذي قال به هو الذي يشكل بنية الكيراتين، كما تبين جيداً أنه عنصر مهم في بروتينات كثيرة أخرى ذات أنماط متفاوتة على نطاق واسع. لقد أفلح بولينغ، من خلال استخدام براعاته، وبنائه النماذج وإيمانه بقواعد الكيمياء، في القفز إلى فهم البنية الصحيحة للبروتين قبل سنوات من فهم أي إنسان آخر لها.

عدد أيار 1951 من «محاضر الأكاديمية الوطنية للعلوم»، هيمنت عليه المقالات الثورية السبع التي كتبها بولينغ حول بنية البروتينات.

THE STRUCTURE OF PROTEINS: TWO HYDROGEN-BONDED HELICAL CONFIGURATIONS OF THE POLYPEPTIDE CHAIN

BY LINUS PAULING, ROBERT B. COREY, AND H. R. BRANSON*

GATES AND CRELLIN LABORATORIES OF CHEMISTRY,
CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY, PASADENA, CALIFORNIA†

Communicated February 28, 1951

During the past fifteen years we have been attacking the problem of the structure of proteins in several ways. One of these ways is the complete and accurate determination of the crystal structure of amino acids, peptides, and other simple substances related to proteins, in order that information about interatomic distances, bond angles, and other configurational parameters might be obtained that would permit the reliable prediction of reasonable configurations for the polypeptide chain. We have now used this information to construct two reasonable hydrogen-bonded helical configurations for the polypeptide chain; we think that it is likely that these configurations constitute an important part of the structure of both fibrous and globular proteins, as well as of synthetic polypeptides. A letter announcing their discovery was published last year.[1]

The problem that we have set ourselves is that of finding all hydrogen-bonded structures for a single polypeptide chain, in which the residues are

مع ذلك، لم يكن بولينغ قد توصل إلى معرفة سر الحياة. فلولبه ألفا كان سمة بنيوية هامة من سمات الكثير من البروتينات، إلا أنه لم يستطع أن يفسر كيفية عمل البروتينات المهمة. إذ بغض النظر عن الشعر والقرون، بدا لولب ألفا الذي اكتشفه بولينغ عاجزاً عن تفسير أي شيء عن نشاط البروتين وفعاليته. فلكي تصنع أجساماً مضادة، مثلاً، كان على أقسام من لولب ألفا أن تنطوي وتلتف لإيجاد مساحة متتامة في الشكل مع الجزيء والهدف. ولم يكن نموذج بولينغ يعلل أسباب الانطواءات، كما لم يكن يتكهن بأي حال بالكيفية التي يمكن للولب ألفا أن يخلق ذلك التنوع الخيالي من الأشكال الضرورية للبروتينات.

في الوقت ذاته، كان قد بات واضحاً أن السر الكيمياوي الحقيقي للحياة ـ أي المادة التي تقوم بصنع المورثات ـ ليس هو البروتين على الإطلاق. فإثر جملة حاسمة من التجارب التي قام بها بيولوجيا الميكروبات الأمريكيان ألفريد هيرشي ومارثا تشيز، اكتملت في مطلع 1952، واتضح تماماً أن المورثات تتكون من جزيء طويل ـ السلسلة يدعى الحمض الريبي ناقص الأكسجة أو ال د. ن. آ.

في ذلك الحين، كان بولينغ ما يزال ينقح نماذجه البروتينية، مغيراً لولب ألفا بحيث يسمح بانعطافات، مقترحاً أن لازمة الـ510 بيكوميتر المتكررة في الكيراتين الطبيعي إنما تنتج عن الالتفاف الفائق لجزيء لولب ألفا الطويل حول نفسه، مثله مثل قطعة من الخيط تلتف حول

إصبع. لكنه بات مهتماً أيضاً بالـ د.ن.آ. فقد فكر أنه، مقارنة بالبروتينات، عبارة عن مشكلة بسيطة نسبياً. وبدلاً من الحموض الأمينية العشرين التي تدخل في تركيب البروتينات، بأن الـ د.ن.آ. يتكون من أربع وحدات ثانوية فقط تدعى النويّات، كل نوية منها تتألف من زمرة سكرية ترتبط بزمرة توسعات وبنية حلقية مستوية من الفحم ـ والآزوت تدعى القاعدة. على أنه لم تكن قد نشرت أية دراسات جيدة بالأشعة السينية عند الـ د.ن.آ. حتى ذلك الحين، بل كان هناك بعض الدراسات الغامضة المشوشة التي بدت وكأنها تدل على أن من المحتمل أن يكون جزيء الـ د.ن.آ. لولباً.

في خريف 1952، قام بولينغ، وهذه الفكرة في ذهنه، بهجمة سريعة على بنية الـ د.ن.آ. بادئاً بإلقاء نظرة على ذلك القدر الضئيل المعروف عن بنية الوحدات الثانوية (ولسوء الحظ، لم يكن أحد قد قام بتحليل جيد كامل عن حجم أية نوية وشكلها) بعدئذ راح يتفحص قواعد الكيمياء التي تنطبق على ذلك النمط من الجزيئات. لكن مرة ثانية ولسوء الحظ، لم يجد هنا أي مفتاح يشبه الرابطة الببتيدية أيضاً. فنزع باتجاه المسار الخاطئ وهو الإفراط بتقدير كثافة الـ د.ن.آ. مما أفضى به إلى التفكير بأنه ربما يتكون من ثلاث سلاسل مجدولة بإحكام حول بعضها بعضاً.

في المرحلة التالية فكر بولينغ، بما كان لديه من معلومات أساسية ضعيفة، وبشغله على كثافة الـ د.ن.آ.

الخاطئة، حول أبسط الطرق لصنع بنية تتكرر بانتظام. ومثلما كان قد أشار تماماً إلى أن سلاسل الحموض الأمينية الجانبية بعيدة عن مركز لولب ألفا، وبذلك تم تبسيط مشكلة الكيفية التي تتراكب بها الأشياء في وسط الجزيء، فقد أشار الآن إلى أن قاعدتي الـ د.ن.آ. مسطحتان باتجاه الخارج في بناه المقترحة، وعلى نحو تكونان فيه خارج الطريق وغير معيقتين. وكون القاعدتين تتجهان نحو الخارج، فقد عنى ذلك أن الفوسفاتات يمكن أن تنظم معاً بشدة في لب الـ د.ن.آ، وسط السلاسل المتواشجة الثلاث.

لقد استطاع بولينغ، بعد بضعة أيام من العمل بالمسطرة والورق وقلم الرصاص، أن يرسم مخططاً تقريبياً لبنية بدت مماثلة للمعطيات المتوفرة. لقد كانت منجدلة بإحكام شديد جداً، لكن ذلك كان حسناً بطريقة من الطرق، لأن الطبيعة تفضل التراكب المحكم على صعيد الجزيء الحيوي، بحيث يمكن لأقل قدر من الجزيئات أو الشوارد الصغيرة أن تعمل إلى الداخل وتلقي الأشياء بعيداً.

حينذاك شعر بولينغ أنه على حافة اكتشاف عظيم آخر. المشكلة الوحيدة مثلت في اللب، حيث الفوسفاتات تنشد إلى بعضها بإحكام إلى درجة أنها تزحم بعضها بعضاً. لكن ما أن دقق كوري حسابات بولينغ بتفصيل أكثر، حتى أعاد التقرير مع الخبر المحبط وهو أنه من المستحيل أن تتمكن الفوسفاتات من التراكب بالطريقة التي اقترحها بولينغ. وهكذا، طوال أسابيع، راح بولينغ يمد ويلف

جزيء الحياة

حتى مطلع الخمسينيات من القرن العشرين، كان معظم العلماء، بما فيهم لينوس بولينغ، يعتقدون أن البروتين - وليس الحمض النووي - هو المادة التي تتكون منها المورثات. وقد استغرق الأمر طويلاً قبل أن يقتنعوا بالشيء الآخر.

لقد كان الباحثون يعرفون أن المورثات تكمن داخل الصبغيات التي تتكون هي ذاتها من بروتين نووي، خليط ممتزج من البروتينات والحموض النووية. لكن معظمهم كانوا يفكرون أن الأجزاء البروتينية من الصبغيات وحدها هي المهمة. كما ذهب ظنهم إلى أن البروتين وحده له التركيبة الضرورية للبحث بنمو الكائن العضوي. والبروتينات، بالنتيجة، تتألف من 20 أو أكثر من الحموض الأمينية المختلفة. ومن المحتمل أن الحموض الأمينية المكونة من أربع كتل بنائية فقط تدعى النويات، غير موجودة إلا لدعم البروتينات فقط.

بل لم تتغير الآراء حتى عندما اكتشف أوزولد آڤيري، وهو باحث طبي أمريكي، سنة 1944 أن بإمكان الـ د.ن.آ. بذاته أن ينقل الصفات الوراثية من جرثوم ذات الرئة الفصية إلى آخر. كان بولينغ يعرف آڤيري وعمله لكنه لم يقبل الدليل. «كنت مسروراً جداً من البروتينات، كما تعلم، إلى حد أنني فكرت أن من المحتمل أن تكون البروتينات هي المادة الوراثية وليست الحموض النووية - لكن الحموض النووية تلعب دوراً، بالطبع». قال بولينغ، «في كل ما كتبته عن الحموض النووية، كنت أذكر البروتينات النووية وكنت أفكر بالبروتين أكثر مما أفكر بالحموض النووية».

وقد استغرق الأمر جملة أخرى من التجارب أكثر دراماتيكية قبل القضاء

على فكرة أن المورثات تتكون من البروتين. سنة 1952، استطاع البيولوجيان الأمريكيان ألفريد هيرشي وزميلته مارثا تشيز تصنيف ڤيروسات جرثومية باستخدامهما لرقع نشاط إشعاعي مختلفة لأغلفتها البروتينية ولألبابها الحمض أمينية. بعدئذ سمحا للڤيروسات «الحارة» أن تعدي وتتكاثر داخل الجراثيم، مع إيقاف العملية في مراحل محددة، يتم عندها فصل الڤيروسات عن الجراثيم بسرعة. وبتتبع الرقع ذات النشاط الإشعاعي، اكتشفا أن البروتين الناشىء عن الڤيروس يبقى خارج الجراثيم ولايفعل شيئاً. من جهة أخرى، فإن الـ د.ن.آ. الناشىء عن الڤيروسات، ينزرق داخل الجراثيم ليظهر على شكل ذرية ڤيروسية. لذلك، كان الـ د.ن.آ. وحده هو صاحب العلاقة بالتكاثر والاستنساخ.

أدرك بولينغ، حالما اطلع على تجارب هرشي ـ تشيز في اجتماع علمي في فرنسا خريف 1952. أن المورث البروتيني هو أسطورة، وعلى الفور وجّه اهتمامه إلى الـ د.ن.آ. وبدأ هجوماً جديداً وسريعاً جداً على تركيبه وبنيته.

ويغير من شكل نموذجه إلى أبعد حد شعر أنه يمكن أن يكون معقولاً. أخيراً جعل الفوسفاتات تتراكب.

ثم قرر أن ينشر. كان قد مر حوالي شهر فقط على جلوسه أول مرة لإلقاء نظرة جدية على تركيب الـ د.ن.آ. وكانت ما تزال هناك أسئلة كثيرة بحاجة لأجوبة، مثل: لماذا الفوسفاتات، التي يحتمل أن تكون ذات شحنة سالبة، لا تتمرد على بعضها بعضاً وتمزق البنية؟ على أن بولينغ قرر تجاهل هذه المسألة في حينه، كما كان قد تجاهل لازمة الـ510 بيكوميتر المتكررة مع لولب ألفا.

لقد كان على صواب فيما يتعلق بلولب ألفا، وكان يشعر بما يكفي من الثقة في نفسه لتجاهل المشكلات الصغيرة المتعلقة بالـ د.ن.آ. أيضاً، قائلاً إنه إذا كانت بنيته المقترحة للـ د.ن.آ. صحيحة، يمكن فيما بعد اكتشاف أسباب السلوك الغريب للفوسفاتات. فربما هناك شوارد موجبة في مركز الجزيء. أو ربما هناك شيء فريد خاص بفزيولوجيا الصبغيات يغير كيمياء الفوسفات. المهم، كان بولينغ راغباً في تجاهل المسائل الأصغر طالما أن بنيته الأساسية تبدو صحيحة.

ثم كان هناك سبب إضافي في الإسراع، فابن بولينغ الثاني، بيتر، طالب الدراسات العليا في مختبر كافنديش، كان يعمل معه اثنين من الرجال يحاولان أيضاً تحطيم بنية الـ د.ن.آ. لقد كتب بيتر إلى والده عنهما: جيم واطسون، زميل ما بعد الدكتوراه، أمريكي، نحيف، طويل، وفرانسيس كريك، طالب دراسات عليا بريطاني أكبر سناً

ذو ذهن سريع وحب للثرثرة. وكان الجميع جزءاً من فريق السير وليم براغ وهو الفريق الذي وجّه له ضربتين من قبل، الأحدث منهما هي ما يتعلق ببنية لولب ألفا. لم يكن بولينغ يعتقد أن دكتوراً جديداً أو طالب دراسات عليا يمكن أن يشكلا منافسة جدية له ولأن بنية الـ د.ن.آ. جائزة كبيرة لم يرد بولينغ أن يكون الثاني في اكتشافها.

وهكذا، في نهاية كانون الأول 1952، بعث هو وكوري بمقالتهما حول بنية الـ د.ن.آ. للنشر في «محاضر أكاديمية العلوم الوطنية» لكن سيثبت أنه ذلك أكبر خطأ ارتكبه لينوس بولينغ في حياته.

عندما عرض بيتر بولينغ على واطسون وكريك مسودة بحث والده قبل نشره، لم يصدقا ما رأياه، فكمعجبين بلينوس بولينغ، كانا يقلدان بدقة أساليبه في بناء النماذج وصنع القاعدة الكيمياوية في هجومه الخاص على الـ د.ن.آ. وكانا أيضاً قد تفحصا البنية ثلاثية ـ الضفائر قبل بضعة أشهر لكنهما كانا حسني الحظ بحيث عرضاها على روزاليند فرانكلين، وهي عالمة بللوريات بالأشعة السينية في كلية الملك القريبة، كانت قد حصلت حديثاً على أفضل صور سينية في العالم لد.ن.آ. فمزقتها إرباً إرباً.

ثم قالت، ليس لديكما كل تلك الفوسفاتات ذات الشحنة السالبة في الوسط وحسب بل إن جزيئكما كثيف أيضاً. فيما كانت دراساتها قد بينت أن الـ د.ن.آ في الجسم، الذي امتص قدراً كبيراً من الماء، هو أكثر بكثير من أن يعلله النموذج ثلاثي ـ الضفائر. كما كانت على

قناعة بأن الـ د.ن.آ. يوجد على شكلين، شكل «جاف» وأكثر كثافة والثاني «رطب» ومتمدد تماماً. تحتاج الفوسفاتات لأن تكون في الجهة الخارجية، قالت روزاليندا، حيث يمكن أن تؤطر في الماء. أخيراً، عرضت على واطسون وكريك صورها السينية للشكل «الرطب» الخالص من الـ د.ن.آ. وهو ما صحح مسارهما ووضعهما على الطريق الصحيح.

بعد ذاك، وهما ينظران إلى بحث بولينغ، بلغ واطسون وكريك حد النشوة. فأستاذ الكيمياء البنيوية كان قد ارتكب خطأ فادحاً بوضعه الفوسفاتات في اللب. كما أن الكثافة كانت خاطئة والفوسفاتات السالبة ستتمرد على بعضها بعضاً. إذن، كان ما يزال لديهما الفرصة لأن يفسر البنية أولاً. كتب كريك إلى بولينغ ملاحظة لاذعة قصيرة رداً على بحثه، ملاحظاً بكل جفاف «لقد أدهشتنا تماماً براعة البنية. الشك الوحيد لدي هو أنني لا أرى ما يجعلها تتماسك معاً».

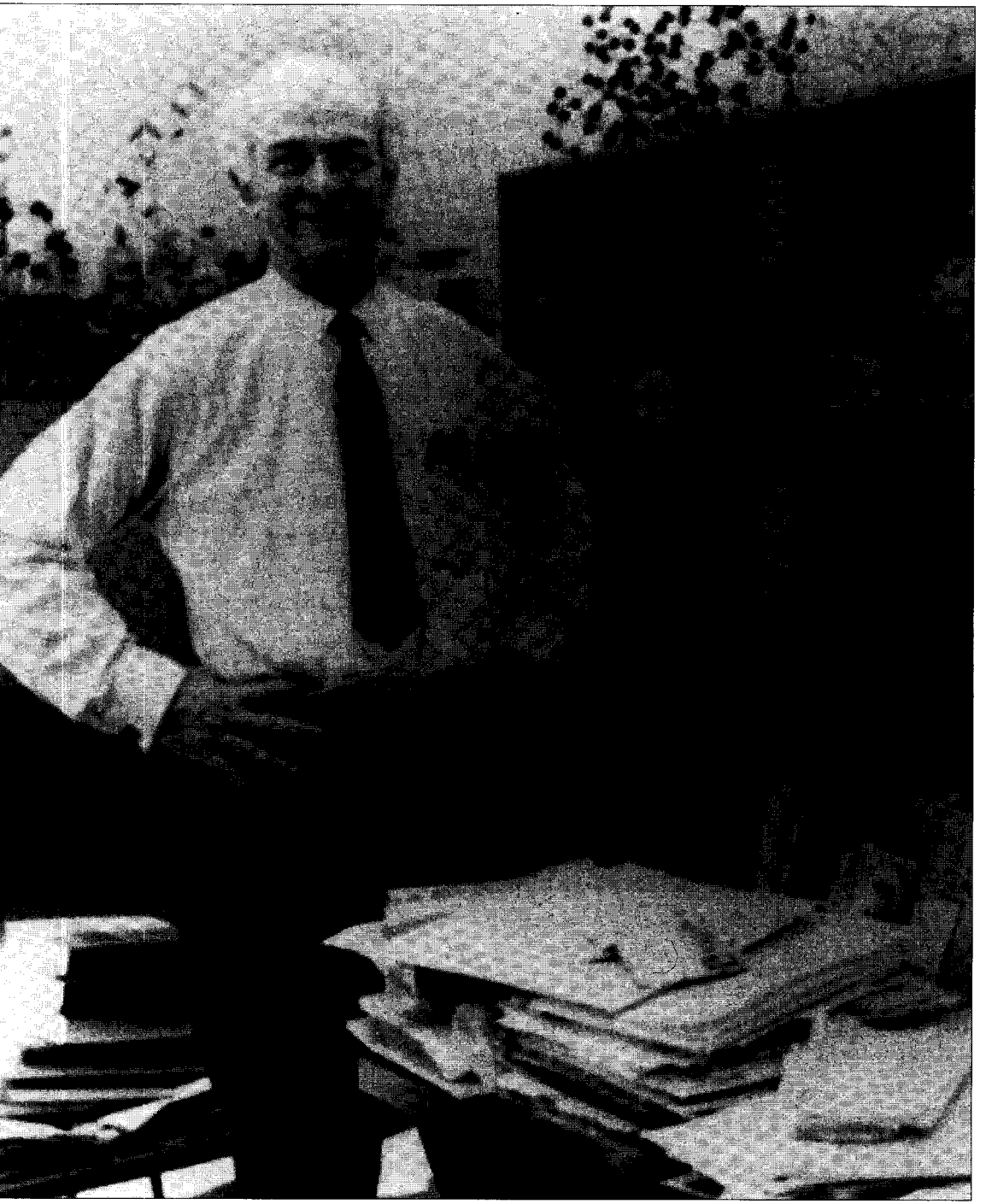
بعدئذ، عاد هو وواطسون إلى العمل. وخلال بضعة أشهر، شكلا كلاهما القرن العلمي، بتوصلهما إلى بنية الـ د.ن.آ. الجديدة المكونة من سلسلتين متتامتين تلتف واحدتهما حول الأخرى لتشكلا لولباً ـ أطلقا عليه اسم اللولب المضاعف ـ وحين تفصلان، يمكن لكل منهما أن تشكل سلسلة مماثلة أخرى. وهذا بالضبط ما كان بولينغ قد وصفه بأنه السمة المحتملة للمادة الوراثية قبل أربع سنوات.

بعد بضعة أسابيع من قراءته لوصف واطسون وكريك

لنموذجهما، وافق بولينغ بكل سماحة نفس على أنهما أصابا الحقيقة على ما يبدو. ثم استمر يفكر بالـ د.ن.آ. ـ مصححاً بنية واطسون ـ كريك في نقطة واحدة تتعلق برابطة الهيدروجين ـ كما شجع العاملين في مختبراته على القيام بأبحاث حول الـ د.ن.آ. خلال ذلك كله، حافظ على حسن الدعابة لديه. فعندما قام أليكس ريتش، أحد الباحثين في فريق بولينغ، بتحقيق تقدم فيما بعد في دراساته حول الـ د.ن.آ. رفع برأسه داخل المكتب ثم قال «أنت تعمل بدأب على تلك المشكلة، أليكس. ولكم أود أن تتم معظم الاكتشافات الهامة في بزادينا».

غير أن ظهور خطأه ـ بصورة علنية جداً ـ في ما يتعلق بالـ د.ن.آ. كان ضربة لكبرياء بولينغ، وغلطة سيندم عليها بقية حياته. فيما كان واطسون وكريك سيتابعان إلى أن يحصلا على جائزة نوبل لاكتشافهما، فيما عملهما على الـ د.ن.آ ودوره البيولوجي سيهيمن على علوم الحياة طوال السنوات الخمسين التالية، دون أن يلعب بولينغ أي دور مهم في هذا المجال.

وكلما كانت تمر سنة دون أن يسأل صحفي ما بولينغ أين تراه أخطأ فيرد أحياناً بأن الخطأ كان في معطيات الكثافة غير الصحيحة فيما يشير أحياناً إلى صور الأشعة السينية المشوشة. أخيراً تعبت آڤا هيلين من الاعتذارات فقطعت الطريق عليها جميعاً بسؤال بسيط سألته: «إن كانت تلك المسألة على هذا القدر من الأهمية، لماذا لم تعمل لحلها بجد أكثر؟».



بولينغ، تحيط به النماذج الجزيئية، في مكتبه في الكالتيك سنة 1957.