البيولوجيون

يشعر البيولوجيون بأن علمهم متأخر نحو أربعين سنة عن الفيزيقا فى مقدرته على التفهم ، وعلى التنبوء وعلى الحكم . ويعتقدون أنهم على أبواب تقدمات ستخلق مشاكل ومعضلات تشوش وتقلق ، تماماً كأى واحدة من التى نشأت عن الفيزيقا . وهم يقارنون بين نموذج ج . د . ن . ، لوطسن — كيرك الذى اقترح عام ١٩٥٣ ، وبين نموذج بور — رذرفورد الذى اقترح عام ١٩١٣ . ج . د . ن . اختصار لحامض الديا كسيريبونيوكليك ، وهو الجزىء الطويل السلسلة ، الذى يبدو قائماً وسط الحياة كلها . . ومحتويات ح . د . ن . الرئيسية أربعة تسمى النيوكليوتيدات وهى : أدينين وثايمين وسيتوزين وجوانين . ويظهر أن أ ، ث ، س ، ج هى حروف الشفرة التى إذا تكررت ورتبت فى توافيق لاعداد لها أدت إلى هجاية الرساله التى تعين خصائص كل شىء حى فى الكون . ويحاول البيولوجيون الآن أن يفكوا هذه الشفرة على أمل أن يتفهموا أى التوافيق لهذه الحروف تنتج أى الخصائص .

الجزء الرابع

البيولوجيون

عند محاولة تفهم ظاهرة الحياة بكل ما فيها من تنوع وتباين وإنحصاب وإنسال وجلال وعظمة ، تلقى العلوم أعظم ما يناوئها ويتحداها . ذلك أن دهاء البناء والتعقيد الكيماوى اللذين يتجليان فى خلية حية واحدة ، ولندع جانباً ما يتجلى فى بلايين الخلايا المتعاونة تعاوناً مبدعاً خلاباً ، هما من العظم بحيث أن ضعيف القلب يعذر إذا تملكه اليأس من استطاعته تفهمها فى أى وقت . وهذا الشعور باليأس كثيراً ما يظهر فى تاريخ البيولوجيا ويعبر عن نفسه على صورة « الحيوية أى سر الحياة » وهى الاعتقاد بأن الحياة تسير سيرتها بتوجيه من قوى خفية غامضة كامنة فى الخلية أو فى غيرها ، تتماص وتفلت على الدوام من أى تفسير فطرى أو طبيعى . وكان من أثر هذا الاعتقاد أن تعثر تقدم البيولوجيا فى سيرها إلى عام ١٩٠٠ على الأقل ، بل إن بعض البيولوجيين لم يتأكد لديهم بعد أن تأثيره السيء قد اقتلع واستؤصل تماماً .

وفى البيولوجيا ، أكثر منه فى أى علم آخر ، أثار كل تقدم مهم تقريباً فى تفهمها مناقشات ومجادلات غاضبة صاخبة . ويبدو أن السبب الرئيسى لذلك هو أن عمليات الحياة من التعقيد والتنوع بحيث يمكن العثور على شاهد أو دليل يؤيد أى فرض تقريباً وفوق هذا يبدو أن البيولوجيين يجاهدون ضد عراقيل ومعوقات فريدة . إذ يبدو أن عقل البشر يضعف فى البيولوجيا عن توليد استبصارات أو بداهات تنم عن ذكاء حاد مثمر من النوع الذى كانت له أهمية كبيرة فى تقدم العلوم الفيزيقية .

ومن المميزات الواضحه أنه بينما يتفق الفيزيقيون والكيماريون والفلكيون فى جميع أنحاء العالم على مبادىء أساسية ، فلا يزال هناك انقسام وانشقاق فى البيولوجيا ، هو بكل تأكيد من وحى فلسفة سياسية — هى الفلسفة السوفيتية . فالسوفيت يبدون ميلا إلى الاعتقاد بأن ما يكتسب من الخارج

من خصائص الجسم أو العقل يمكن أن يورث . والمتضمن البديهى لهذا هو أن للنظام السوفيتى أن يؤمل فى أنه يستطيع أن يصب فى قالب خاص إنساناً سوفيتياً جديداً . ووجهه النظر هذه ، التى لا يقرها الغرب بتاتاً ولا يعتقد بصحتها ، جعلت البيولوجيا السوفيتية بكل أسف عرجاء . وإذا كان لنا أن نصف البيولوجيا باللغة الشعبية ، التى كثيراً ما تستخدم « للسباق فى الفضاء » ، فإننا نقول إن الروس لم يستطيعوا ، رسمياً على الأقل ، أن يعثروا حتى على الدرب الذى يجرى فيه السباق ، سباق من أعظم المباريات العلمية كلها حيوية وأهمية .

فك شفرة الحياة :

بينما حير الفيزيقيين وأربكهم فى وسط عام ١٩٦٠ تضاعف أعداد الجسيمات دون النووية ، وحار الكيماويون فيما إذا كانت هذه قد فرت خارج حدودها ، يشعر البيولوجيون بأن علمهم يمر الآن وسط حقبة مثيرة من تقدم عظيم ، يشعرون بأنهم منذ عام ١٩٥٣ قد وضعوا أيديهم على فكرة أو تصور لنموذج فيه من الأهمية والخطر بالنسبة لهم ما كان عام ١٩٣٣ فى نموذج « بور — رذرفورد » للذرة بالنسبة للفيزيقا . ويتناول نموذج البيولوجيين أعظم عملية أساسية فى الحياة وهى عملية التكرار أو الترديد(١) ، وهى العملية التى بمثابة القلب لانقسام الخلية وللتوالد أو الإنسال فى جميع صوره . هى العملية التى قام عليها النشوء والارتقاء مبتدئاً بجزىء مابدائى غير معروف منذ بليونين من السنوات أو ثلاث إلى أن شكل الإنسان أو ركبه فى صورته الحالية . إن نموذج البيولوجيين هذا يصف تكوين حامض الدياكسيريبونيوكليك وهو الجزىء المعقد الطويل السلسلة المسمى ح . د . ن .

---

(١) replication

استشعر البيولوجيون ثلاث مرات قبل ذلك الابتهاج والنشوة التى تغمر المرء حين يلمح نظاماً حيث كانت الفوضى هى كل ما يراه . وكانت أول صورة رأوها لهذا التنظيم ترجع إلى الأعوام الثلاثينية من القرن التاسع عشر ، وهى إدراكهم وتعرفهم على أن كل الكائنات الحية تتألف من خلايا ، وأن الحياة والنمو هما وظيفة انقسام الخلية . وكانت الصورة العظيمة الثانية هى ظهور نظرية النشوء والارتقاء التى تخيلها تشارلس دارون (Charles Darwin) وألفريد ولاس (Alfred Wallace) ، كل منهما مستقلا عن الآخر ، وأعلنت للناس عام ١٨٥٨ . ويعتبر كثير من البيولوجيين عمل دارون بصفة خاصة أعمق فتح نظرى تم فى البيولوجيا ، والصورة الثالثة هى الاكتشاف المنسق الموحد الذى جاء به جريجور مندل (Gregor Mendel) ، وهو قسيس نمساوى . إن توضيحه وتفصيله للمواد الأساسية فى الوراثة ، الذى نشر عام ١٨٦٥ فى مجلة خاملة مغمورة « ضاع » وغفلت عنه الأنظار (أو تجوهلت دراسته وأغفلت) حتى عام ١٩٠٠ .

وستقدم هذه الدراسة الرجال الذين بينت بالتدريج التجارب النابهة التى أجروها أن « عوامل » مندل الوراثية القوية غير المرئية — التى تسمى الآن الجينات (العناصر المورثة) — هى بالفعل أجزاء من مادة عضوية متركزة فى كروموسومات الخلية ، وهى أجسام ضئيلة كالخيوط موجودة فى نواة الخلية ، وبينت فى النهاية أن مادة الجين نفسها هى الجزىء الطويل السلسلة ح . د . ن .

والفكرة الجريئة التى بثت حياة جديدة ونشاطاً فى البيولوجيا فى الوقت الحاضر هى النظرية التى تقول بأن ح . د . ن . يتضمن فى بنيته شفرة جزيئية مركزة للغاية تحمل فى طياتها كل المعلومات الضرورية لتصميم وتخطيط الكائن الحى العضوى . ولهذه الشفرة أنواعها الخاصة من الحروف والكلمات المؤلفة

من وحدات فرعية جزيئية يمكن أن يعاد ترتيبها بصور لا نهاية لها لتوجيه خلق جميع المخلوقات العضوية الحية فى الوقت الحاضر ، وكذلك لتوجيه الخلق فى جميع التجارب السابقة المنقرضة التى كانت لها أيامها فى الأحقاب المديدة للنشوء والارتقاء أو التطور . وربما كانت الشفرة اللازمة لوصف رجل تحوى من الحروف عدداً كاللازم للبكتيريا أو الجرثومة ألف مرة . وأقصر الشفرات كلها شفرات الفيروسات ، تلك الكيانات الضئيلة — التى لا يرى معظمها إلا بمكروسكوب إلكترونى — والتى تعتبرها معظم المعايير العادية غير حية ، ولكنها تتكاثر بشدة وعنف إذا ما اخترقت خلية حية من النوع الصالح الملائم لها .

ويحاول البيولوجيون والكيماويون الحيويون فك هذه الشفرة أو حلها فى عشرات من المعامل بالولايات المتحدة وخارجها . وليس هدفهم توليد الحياة فى أنبوبة أختبار ، بل فقط اكتشاف الكيفية التى بها يوحى ح . د . ن . إلى الخلية بالقيام بآلاف التفاعلات الكيماوية الضرورية لتوليد بروتينات على أنواع مختلفة لا عداد لها ، وفى النهاية بتعيين تركيب الكائن العضوى كله . ويبدو من المحتمل أن شفرة ح . د . ن . يصل بها الأمر إلى أن تحمل فى طياتها وصفة أو صيغة التركيب لكل أنواع أنماط السلوك المولودة فى المخلوق — كل الأشياء المركبة التى تعرف الحشرات والطيور والحيوانات ، بما فيها الإنسان ، كيف تفعلها بفطرتها دون أن يعلمها أحد إياها .

وكلما ازداد فهمنا ح . د . ن . فإنه يجب أن يساعدنا على تفسير كيفية تحول الخلايا السليمة إلى خلايا سرطانية ، وتفسير سبب تلف الخلايا بالتدريج حتى السوية منها ، فى الوقت المناسب لتوليد أنواع الخلايا التى تصحب كبر السن . ويجب أن يكون فى مقدورنا فى النهاية أن نفهم ونصحح أخطاء

الأيض[١] الخلقية ، والتى تولد أمراضاً مثل الهوموفيليا ، ومختلف أنواع الأنيميا ، وربما ساهمت فى الصور الأشد خطراً للأمراض العقلية وأمراض القلب ، وكذلك فى كل صور العجز والخور الأكثر غموضاً .

وستمد البيولوجيا حتماً ، قريباً أو بعيداً ، الإنسان بوسائل تغيير وربما تحسين تكوينه البيولوجى الفطرى . والمشكلات الاجتماعية التى تنجم عن هذا التمكن (أو الإلمام التام) البيولوجى ستكون مذهلة إلى أقصى حد . فهل سيتعلم الإنسان أن يعالج القدرة على رفع مستوى ذكائه ومضاعفة فترة امتداد حياته أو تغيير لون جلده ؟ تبدو هذه الاقتدارات[٢] بعيدة جداً بحيث يكون إنشغال البال بشأنها اليوم لا يكاد يساوى فتيلا . ولكن اقتداراً واحداً متواضعاً يساعد الآباء على اختيار جنس مولودهم ، وهو احتمال كان متوقعاً بالفعل من التجارب الحيوانية ، قد يقلب توازن المجتمع رأساً على عقب بطرق شتى . ومن المسلم به مقدماً عند البيولوجيين أن البيولوجيا قد تسبب ، قبل نهاية هذا القرن ، للمجتمع مشاكل من نوع ما يزعج ويغيظ .

والمتوقع أن يعرف الإنسان قبل عام ١٩٧٠ ما إذا كان وحده فى المجموعة الشمسية أم لا . وهناك احتمال ضئيل أننا سنعثر على صور أعلى للحياة الحيوانية ، ولندع جانباً الكائنات العاقلة ، فى المريخ أو الزهرة ، وهما أعظم السيارات المعروفة حظاً من دلائل الحياة ولكن اكتشاف جرثومة واحدة يعدل عند البيولوجى تكاليف الرحلة بأكملها . ولا بد أن يكشف تطبيق على الوراثة والكيمياء عليهما عما إذا كان يدل على وجود صورة متميزة من نشوء وتطور مريخى أو زهروى . وإذا ظهر هذا كان لدى العلوم تأييد مذهل للفرض الذى يقول بأن نشوءاً وتطوراً عضوياً يجرى قدماً على بلايين لا عداد لها من

---

(١) metabolism

(٢) capabilities

السيارات ، وأنه لا بد قد خلق على إحداها نظيراً الإنسان . وقد يلقى اكتشاف الحياة فى أى مكان آخر ضوءاً على كيفية بدء الحياة على ظهر الأرض .

إن تصورات التوحيد المتضمنة فى علم الوراثة وأسسها الجزيئية تلقى ترحيباً بصفة خاصة إذ يندر أن يكون البيولوجى بيولوجياً فحسب ، بل يتحتم عليه أن يتخصص فى واحد من مجالات عديدة : التاكسونومى (التصنيف) أو الأيكولوجيا (دراسة الكائنات العضوية التى تتفاعل فيما بينها ومع البيئة المحيطة بها) أو السيتولوجيا (دراسة الخلايا) ، أو الفسيولوجيا ، أو علم الأجنة ، أو المكروبيولوجيا وهى البكتريولوجيا (علم الميكروبات) أو الفيرلوجيا (دراسة الفيروسات) ، أو علم الوراثة ، أو الكيمياء الحيوية ، أو أى واحد من عديد التخصصات . ولكل منها جميعاً جمعياته ومجلاته . والبؤرة الجديدة التى نشأت فى علم الوراثة وركزت على ح . د . ن . قد حبكت حبكاً دقيقاً (أو نسجت نسجاً محبوكاً) علم الوراثة وعلم الميكروبات وعلم الفيرسات والكيمياء الحيوية ، كما أن الآراء التوحيدية الحديثة أصبحت تحس فى علم الخلايا وعلم الأجنة والفسيولوجيا والأيكولوجيا .

ومما له دلالته أن فى استعراض البيولوجيين أو المسح البيولوجى الذى أجرته « فورتشن » لاختيار القادة فى هذا العلم كانت كل الأسماء التى فى أول القائمة أسماء رجال ، جل اهتمامهم وعملهم متصل بعلم الوراثة أو بنواحيه الكيماوية الحيوية . ومن الأحد عشر الذين وصفت أعمالهم فى هذه الدراسة نرى أن الكل عدا إثنين مولودون ومتعلمون بأمريكا ، وقد جمعوا فيما بينهم خمساً من جوائز نوبل ، وحصل اثنان منهم على الدكتوراه فى الفيزيقا وصاروا بيولوجيين عن طريق تعليم أنفسهم بأنفسهم .

غرفة الزباب العظيمة فى كولمبيا :

تبدأ قصتنا عام ١٩٠٩ بكولمبيا حيث كان الأستاذ ولسن رئيس قسم الحيوان يتحدث إلى طلبة السنة الثانية عما جرى عام ١٩٠٠ من إعادة اكتشاف تجارب زراعة البسلا (البازلاء) التى سبق أن أجراها جريجور مندل فى حديقة الدير فى الستينات الأولى من القرن التاسع عشر . كان مندل قد رسم خريطة للكيفية التى بها تنتقل شتى خصائص البسلا من جيل إلى جيل ، فبين مثلا أن عامل الوراثة للزهور الحمراء البنفسجية يسيطر ويطغى على نظيره للبيضاء ، بحيث أنه عند التهجين بين سلالة حمراء بنفسجية نقية وسلالة بيضاء نقية تكون الذرية الأولى مباشرة كلها زهوراً حمراء بنفسجية . ومع ذلك فهذه الذرارى كلها تحمل الآن عاملا تراجعياً أبيض بحيث أنه فى التهجينات المتتابعة يكون من المحتمل أن ترث بعض الذرارى عاملا أبيض من كل من الوالدين ، وهذه البسلات التى ترث عاملين تراجعيين أبيضين (ومن ثم لا ترث أى عامل أحمر بنفسجى) ستكون لها زهور بيضاء . وبنفس هذه الطريقة بالضبط نستنتج أن الوالدين ذوى العيون السمراء لو كان كل منهما يحمل عاملا تراجعياً من عيون زرقاء فإنهما قد ينجبان طفلا أزرق العينين .

كان أحد المستمعين إلى ولسن وهو هرمان مولار (Hermann J. Miller) الإبن الوحيد لواحد من قادة أصحاب المصانع للأدوات المعدنية الفنية بنيويورك ، وفى مدرسة موريس الثانوية بها كان مولار الصغير وصديق له يدعى إدجار ألتنبرج (Edgar Altenburg) قد عاونا فى إنشاء ما قد يكون أول نادٍ للعلوم أسس بمدرسة ثانوية بأمريكا . وكان الطلبة قد استبعدوا البيولوجيا من مناقشاتهم فى النادى باعتبار أنها أبعد ما تكون عن العلوم . ولكن مولار وألتنبرج — الذى كان فى فرقته — بعد أن استمعا الآن إلى

و لسن ، الذى كان من قادة البيولوجيين فى أيامه ، تكونت لديهما فكرة ملزمة مرغمة عن الكيفية التى بها يمكن تحويل البيولوجيا إلى علم تحليلى دقيق .

وفى نفس ذلك العام جمع توماس هنت مورجان ، رفيق ولسن فى قسم الحيوان ، بضع ذبابات فاكهة عادية — من النوع الذى يحتشد متجمعاً حول وعاءات أو علب الفضلات فى كل حارة أو زقاق ويتكاثر بسرعة — ليرى هل يستطيع إحداث تحولات[1] فيها بتعريضها إلى الكيماويات وإلى الراديوم وإلى الأشعة السينية . وكان مورجان (الذى تربطه صله قرابة بكل من الجنرال جون هنت مورجان بفرقة الغزاة المغيرين و . ج . ب . مورجان المالى) فى سن الأربعينات ، ومن مشاهير البيولوجيين بالفعل عندما بدأ تجاربه هذه على ذباب الفاكهة . وسرعان ما وجد أن تحولات — يدل عليها جناح ملتو أو عين سيئة اللون أو غير ذلك من المعالم المميزة — تحدث من آن لآخر ، ولكن عدد مرات حدوث هذه التحولات لم يكن يتوقف على محاولته حثها أو عدم محاولته . وأصبحت غرفة الذباب عند مورجان ، التى اكتظت بزجاجات اللبن التى تحوى مستعمرات الذباب ، ذات شهرة بين طلاب البيولوجيا الذين لم يكن منهم مولار وألتنبرج فقط بل شابان آخران قدرت لهما العظمة فى مستقبلهما وهما الفريد ستورتيفانت (Alfred H. Sturtevant) وكالفن بردجس (Calvin B. Bridges) .

ويندر أن يجمع القدر بين مدرس عالم ماهم وطلبة موهوبين وفرص للبحث ناضجة تماماً لأن تستثمر . وعلى الرغم من أن الجهود التى بذلت لحث التحولات على أن تحدث قد أخفقت ، فإن مورجان ورفاقه الشبان حولوا أنظارهم شطر مسائل أخرى عويصة . وفى وقت قصير لدرجة خارقة للعادة ثبتوا نظرية

---

(١) mutations يسميها البعض طفرات (ومفردها طفرة) .

الكروموسومات فى الوراثة . وقد بسطها لأول مرة بوضوح عام ١٩٠٣ والترستن (Walter S Sutton) . وكان لا يزال طالب دراسات عليا بكولمبيا متتلمذاً على ولسن .

استطاع ستن وبيولوجيون آخرون أن يروا من خلال مكروسكوباتهم (أو مجاهرهم) أن الكروموسومات داخل نواة الخلية (وعددها ١٤ فى البسلا العادية و ٨ فى ذبابة الفاكهة و٤٦ فى الإنسان) تبدأ أولا تتضاعف ، ثم تنشق أو تنفلق إلى حزمتين قبل انقسام الخلايا . وفى وقت الإنقسام يكون تحت تصرفها مجموعة من الكروموسومات لكل من الخلايا الإبنة لترثها . وزيادة على ذلك فإنه عند ما يولد كائن حى منياً (نطفاً) أو البيضات الأولى (المسماة الحويصلات الجرثومية) يحدث نوع خاص من انقسام الخلايا (ميوزس[1]) يُنقص عدد الكروموسومات فى كل خلية إلى النصف ، وبعدها عندما تقابل منية (نطفة) بيضة يعود عدد الكروموسومات فيصير كاملا ، يجىء النصف من المنية (النطفة) والنصف الآخر من البيضة . فاستنتج ستن أن الكروموسومات إذن هى الأوعية المنطقية التى تحمل عوامل مندل الوراثية التى لم تذع تسميتها بالجينات إلا فى عام ١٩١١ . وقد افترض ستن علاوة على ذلك أن الكروموسومات ، وإن كان مظهرها يشبه الخيوط ، فإنها قطع من المادة ثابتة مستقرة لا يحتمل تكسرها أو تغيرها إلا عن طريق التحول أو التحور (الطفرة) .

وفى التجارب التى أجراها مورجان لاختبار صحة فرض ستن (الذى تشكك فيه كثيراً) ، كان أول اكتشاف له أن معالم معينة مرئية لذبابة الفاكهة (كعين بيضاء مثلا) مرتبطة بالجنس ، فبين أن الجينات المصاحبة لهذه المعالم

---

(١) meiosis

كان يتعين أن يكون موقعها على كروموسومات الجنس لأنثى ذباب الفاكهة . وإن كانت هذه المعالم نفسها لاتظهر عادة إلا فى ذكور الذرارى . (وفى بنى البشر نجد معايب أو نقائص كالهيموفيليا وعمى الألوان مرتبطة بالجنس ، فهى شائعة بين الرجال أكثر جداً منها بين النساء) .

ومع ذلك فإن مورجان طالعته فى الحال تقريباً حالات للوراثة غريبة شاذة عن المألوف حيرته وأربكته : معالم مرتبطة بالجنس تظهر أحياناً حيث كان فرض ستن يحتم عدم ظهورها . ولم يستطيع مورجان تفسير نتائجه إلا بافتراض أن الكروموسومات تتكسر بالفعل وأنه يوجد نوع من تبادل الأجزاء (كالجينات مثلا) فيما بين الكروموسومات وسمى هذا « عبوراً »[1] . وأغلب الظن أن هذه هى طريقة النشوء والتطور لضمان استمرار تداول أكبر قدر من التنوع فى الجينات ، كما أنها كذلك تمد البيولوجيين بأقوى وسيلة مفردة لتحليل الجينات .

فإذ لم يكن هناك عبور فإن واحدة من كل ثمانية من ذباب الفاكهة لن ترث أى جينات بالمرة من واحد أو آخر من أجدادها (يشمل جداتها) ، والسبب هو : إذا لم تكن الكروموسومات تتكسر وتعبر فإن الكروموسومات الثمانية لذبابة الفاكهة تمثل اختياراً عشوائياً لثمانية مسحوبة من مجموعة الاثنين والثلاثين التى لأجدادها . وفى مثل هذا التوزيع العشوائى يخرج أحد الأجداد من المجموعة مرة كل ثمانى مرات . وفى حالة بنى البشر ، بكروموسوماتها الستة والأربعين ، يكون استبعاد جينات أحد الأجداد استبعاداً تاماً أندر بكثير ، ولكنه سيحدث بالفعل مرة فى كل أربعة ملايين ولادة . وفى مثل هذه الظروف لن يكون فى وسع الإنسان أن يستيقن تمام التيقن أنه قد ورث أى جين بالمرة من

---

(١) crossing over

جد معين ، ولندع جانباً وراثته من جد بعيد . وقد كان من البديهى أنه فى مصلحة التطور اعتبار مثل هذا الاستبعاد القائم على الهوى والنزوة غير مشروع (أى خروجاً على القانون) .

وبعد أن وصل مورجان إلى هذه الاكتشافات أعلن مصاحبوه الشبان اكتشافات خاصة لهم أعظم من تلك وهى :

١ — نشر ستورتيفانت عام ١٩١٣ ، وهو لا يزال طالب دراسات عليا ، أول خريطة تبين مواضع الجينات من أول الكروموسومات إلى آخرها ، التى تصاحب شتى الخصائص الموروثة لذبابة الفاكهة . كانت هذه الجينات متشابكة وقد شد بعضها إلى بعض بكيفية طولية بسيطة . ولكى يحضر الخريطة درس عدد مرات عبور الكروموسومات ثم اتحادها من جديد . وتحديد موضع الجين يمكن استنباطه من أن الجينين المتقاربين تقارباً كبيراً يندر انفصالهما عندما تتكسر كروموسومات ، أما الجينات العظيمة التباعد فإنها على العكس كثيراً ما تنفصل عند أى تكسر يحدث فى سلسلة الكروموسومات .

٢ — لاحظ بردجس أيضاً عام ١٩١٣ أن فى الطراز الخاص لانقسام الخلية الذى يؤدى إلى تكوين المنية (النطفة) أو البيضة لا تكون الكروموسومات دائماً موزعة بالتساوى نظراً لأن العملية يصيبها أحياناً عوج أو انحراف بسبب احتواء البيضة (أو النطفة) على كروموسوم واحد أكثر مما ينبغى أو أقل مما ينبغى . وهذا الخطأ الوراثى الذى يسمى أحياناً عدم انفصال[1] ، ينتج عنه تولد ذباب له خصائص جنسية ناقصة أو معينة ، فيكون نتيجة لذلك عقيماً . (وقد اكتشف فى العام الماضى فقط أن عدم الانفصال هو

---

(١) non-disjunction

السبب فى حالات من الشذوذ الوراثى المصحوب بالعقم ، وفى القليل النادر من بنى البشر ، وأن أحد طرازات عدم الانفصال يؤدى إلى المغولية[١]) .

جعل مورجان واستورتيفانت وبردجس غرفة الذباب بكولمبيا من عام ١٩١٠ إلى عام ١٩٢٧ فى شغل مستمر فيما عدا أشهر الصيف التى فيها يشحنون بالسفن ذبابهم فى براميل إلى وود زهول بماساشتس ، معتكف البيولوجيين الشهير لإجراء الأبحاث . وفى هذه الحقبة من الزمن صارت كولمبيا مغنطيساً يجتذب طلاب البيولوجيا الأجانب ، كما كانت المعامل العظيمة الأوربية تجتذب طلاب الفيزيقا والكيمياء الأمريـــكان . وكانوا يطلقون على مورجان واستورتيفانت وبردجس ، بعدم احترام ولكن بتعاطف وتواد ، « الثالوث المقدس » . وكان الطلبة الأوربيون الذى يسعدهم الحظ بالعمل تحت إشرافهم يعودون إلى أوطانهم وعليهم هالة التميز التى كانت تشرق على هؤلاء .

وفى عام ١٩٢٨ دعى مورجان لتأسيس قسم للبيولوجيا فى المعهد التكنولوجى بكاليفورنيا ، وقد رافقه فى رحلته استورتيفانت وبردجس . وإلى روحهم العالية وجهودهم الجبارة يرجع معظم الفضل فى أن كالتك صارت أحد مراكز القيادة العالمية للبحث الوراثى . وقد توفى بردجس عام ١٩٣٨ ومورجان عام ١٩٤٥ ، أما استورتيفانت الذى عمره الآن ٦٩ سنة فلا يزال قائماً بالتدريس وبصيانة معمله فى كالتك ، يختبر فى صبر ومثابرة كل يوم عدة مئات من ذباب الفاكهة تحت مكروسكوبه ومواصلا رسم الخرائط لطرازات للوراثة لاتنفد .

دولارات على الرصيف :

غادر هرمان مولار كولمبيا عام ١٩١٥ ، وهو على استعداد لأن يبرق

---

(١) mongolism انحراف خلقى يظهر فى بعض الأطفال الشواذ .

أو يفلت متحرراً من ظل مورجان . ثم بدأ البحث العلمى — مع التنبرج فى أول الأمر بمعهد رايس بتكساس ، ووحده فى جامعة تكساس — الذى أدى إلى إحداث تحولات وتحورات اصطناعية فى ذباب الفاكهة . نجح مولار حيث كان مورجان وآخرون قد فشلوا ، وذلك لأنه ابتكر طريقة تجريبية حساسة ، فى وسعها الكشف عن التحولات العديدة الفتاكة المميتة . فالمشكلة أن عدداً معيناً من التحولات أو الطفرات يحدث تلقائياً إما نتيجة لحوادث ذرية عشوائية (لأن الذرات تهتز وتتراقص على الدوام) أو نتيجة للأخطار العادية للأوساط المحيطة بها ، وتشمل الأشعة الكونية وإشعاعات أخرى فى الخلفية . وباستخدام الراديوم والأشعة السينية وغيرهما من عوامل التغيير أو التحويل — حتى الحرارة — يمكن رفع معدل سرعة التحول . ولكن إذا اقتصر البحث على المشاهد من الشواذ الباقية على قيد الحياة فإن المعدل يظل منخفضاً . « إن الأمر يشبه البحث عن أذونات دولارات على الرصيف » ، كما يحلو لمولار أن يعبر عنه . وكانت الحيلة التى لجأ إليها هى وضع خطة لتجارب تكاثر من شأنها أن تنتج فى غياب عوامل التحول أو التحويل عدداً موثوقاً به إحصائياً من كل الطرازات العديدة للذرية . وبذا يستطيع ، عندما يعرض الذباب الكبير إلى عامل من عوامل التحول كالأشعة السينية أن يبرهن على أن العدد المنتظر حدوثه من بعض طرازات الذرارى لم يظهر . ولم يكن ذلك ناشئاً عن أنه كان قد أحدث عقماً عند الوالدين ، وإن كان هذا يصح أن يحدث ، وإنما نشأ عن أن أجنة الذباب لم تبق على قيد الحياة حتى تولد ، بل كانت ضحية لتحولات مميتة .

نشر مولار عام ١٩٢٧ نتائجه التى برهنت على أن التحولات الحادثة بالحث أو التأثير تشبه التحولات الطبيعية من جميع النواحى . فأعمال مولار إذن خطت

خطوات بعيدة لتقويض أو تحطيم الاعتقاد الراسخ بأن للفطرة طريقة غامضة خفية لإحداث تحولات نافعة ، ومن ثم توجه التطور وتهديه . والحقيقة أن جميع أنواع التحولات تحدث — الطيبة والسيئة والتى ليست هذه ولا تلك — ولكن معظمها يكون سيئاً ، والانتخاب أو الاختيار الطبيعى أو الفطرى ، كما أدرك ببراعة كل من دارون وولسن ، وهو الذى يغربل التغيرات النافعة التى تنشأ فى أى حشد من النباتات أو الحيوانات . (وبما أن دارون وولسن لم يكونا يعلمان شيئاً عن التحولات فإن نظريتيهما عن منبع هذه التغيرات كانتا ضعيفتين) . وقد ساعدت أعمال مولار أيضاً فى تبيان أن التحولات النافعة ، وإن كانت نادرة ، تحدث بكثرة تكفى لتعليل التطور ، ولبيان أنه لا حاجة بنا إلى أن نلجأ ونضرع إلى الافتراض المنسوب للامارك ، وهو أن الكائنات العضوية لا يقتصر الأمر على أنها تتكيف فى حياتها وفقاً للوسط المحيط بها ، ولكنها قادرة أيضاً على أن تورث أو تنقل هذا التكيف إلى ذراريها . ووجهة النظر اللامركية هذه ، التى أيدها وروج لها مربى النباتات الروسى ليسنكو ، هى العقيدة الرسمية فى روسيا(١) .

ونتيجة لاكتشافات مولار هذه أصبح واحداً من أوائل الذين شنوا حرباً صليبية بقصد الحد من استخدام الأشعة السينية طبياً . ومنذ أيام هيروشيما لفت النظر مراراً وتكراراً إلى أخطار الإشعاع الذرى وكتب يقول : « يجب أن يزداد باطراد شعورنا وإدراكنا لنوى (جمع نواة) خلايانا نحن أى لهذا التراث التناسلى الذى هو أثمن وديعة لدينا نحتفظ بها للأجيال القادمة » .

---

(١) حدث أن مولار كان يقوم بأبحاث وراثية فى معمل موسكو بين عامى ١٩٣٣ و ١٩٣٧ حين ظفرت العقيدة الليسنكووية بالتعضيد السياسى الروسى فعارض مولار ليسنكو علانية وغادر روسيا .

ترابط جميل جداً :

فى خلال العشرينات والثلاثينات كلها تأيدت التصورات التى وضعها كل من مورجان وستورتيفانت وبردجس ومولار تأييداً واسع النطاق وتوسع فيها . ولكن ظل تعريف الجين على أحسنه تعريفاً متصلا بالعمل والشغل . فهو كيان من نوع ما ، كامن فى الكروموسومات ، يؤثر أو يتحكم فى ناحية طبيعية خاصة من النبات أو الحيوان تسهل مشاهدتها (قد يتحكم فى لون العين فى ذبابة الفاكهة أو لون جلد الإنسان) . وبعض الجينات كان مسيطراً وبعضها متراجعاً . وفى وسعنا بطبيعة الحال تغيير الجينات عن طريق التحول ومع ذلك يوجد بيولوجيون يحاجون بأنه بينما الجينات — مهما كان شأنها — قد تؤثر فى النواحى السطحية للكائنات الحية فإن التحكم الوراثى الحقيق العميق الأثر يمارسه شىء فى الخلية لم يكتشف بعد . فالمشكلة العظيمة إذن كانت تحقيق شخصية الجينات فيزيقياً وكيماوياً وتبيين كيفية ممارستها للهيمنة والتحكم — إذا كانت حقاً تفعل ذلك . لم يكن هناك افتقار إلى فروض للعمل بمقتضاها — وكان قليل منها نبوئياً لدرجة تسترعى وتبهر .

ومنذ زمن طويل يرجع إلى عام ١٩٠٨ اقترح طبيب عالم فى الكيمياء الحيوية من أكسفورد هو السير أرشبلد جرود (Archibald Gorrod) « أخطاء الأيض الخلقية أو المولودة » ، ويقصد بذلك أنه قد يولد نبات أو حيوان ينقصه واحد أو أكثر من الأنزيمات (عوامل مساعدة كيماوية) لازم لأداء عمل معين من كيمياء الخلية . وقد سرد جرود واحداً من هذه الأخطاء الخلقية وهى النقص المسمى « الكبتونوريا » عند الإنسان ، وعلامته الرئيسية اسوداد البول عند تعريضه للهواء . ولم تنل آراء جرود من العناية والاهتمام إلا قليلا .

كان سيوول رايت (Sewall Wright) عالم الوراثة النابه الموجود الآن بجامعة وسكنسن قد قام عام ١٩١٧ بمحاولة جريئة كهذه لتقريب علم الوراثة وعلم الكيمياء الحيوية أحدهما من الآخر . اقترح أن الملانين ، وهى الصبغة التى تسبب تلوين الجسم عند الإنسان والحيوان ، هى نتيجة سلسلة من تفاعلات أنزيمية تتحكم فيها الجينات ، واستنتج أنه « بمداومة مقارنة الاستنتاجات (التى يصل إليها علماء الوراثة) بالاكتشافات فى علم الكيمياء الحيوية لا بد أن يتسنى لنا فى النهاية إرساء دعائم ترابط جميل جداً بين هذه النتائج » .

لم يكن الوقت قد حان ونضج بعد للترابطات الجميلة ، فلم تكن هناك بادرة تشير إلى طريق موصل إلى ربط جين مجهول الشكل والقد والكيمياء بأنزيم مجهول الفطرة مثله ولم يحدث إلا فى عام ١٩٢٦ أن فصل جيمز سمر (Games B. Sumer) من مدرسة الطب بكورنيل أول أنزيم على صورة متبلورة ، وأثبت أنه بروتين نقى — أى جزىء كبير طويل السلسلة مكون من وحدات فرعية بسيطة تسمى حوامض أمينية . وببطء تبدى بوضوح أن طرازات لاعداد لها من البروتينات التى تولدها الخلايا — كثير منها أنزيمات تساعد على استمرار النشاط الكيماوى فى الخلية وغيرها هى البروتينات اللازمة لجدران الخلايا للجلد والعضل الخ — كلها مكونة من جزيئات كبيرة فريدة لكل منها تركيبه وترتيب الحوامض الأمينية فيه الخاصان والمميزان له .

درس عنه فطر صغير نراه للخبز :

كان الرجل الذى قام بأكبر قسط فى وصل الجين بالأنزيم وربطهما هو جورج بيدل (George W. Beadle) ، رئيس قسم البيولوجيا فى كالتك . وسيرة حياته مثل عجيب يبين كيف أن مشاكل البيولوجيا العويصة تستنفد

وتستغرق سنوات من الكد أو الكدح بلا حدث مذكور يعوضه ، وكيف أن فكرة صائبة واحدة تفتح مغاليق كنز ثمين من المعارف الجديدة . بعد أن حصل بيدل على الدكتوراه عام ١٩٣١ من كورنيل (حيث درس تطبيق على الخلايا والوراثة على القمح) ، اشتغل بدراسات عليا بكالتك حيث تلقى دروساً على ذباب الفاكهة من الأستاذ القدير ستورتيفانت .

وبعد أن قضى ثلاث سنوات فى كالتك بدأ يشعر بأن الوراثة فى القمح وذباب الفاكهة لم تأخذ حقاً بناصية معضلة كيفية الجينات فى كيمياء الخلية فذهب عندئذ إلى باريس مع مرافق شاب فرنسى يدعى بوريس إفروسى . (Boris Ephrussi) صاغا معاً فرضاً يقول بأن كل جين يستطيع التحكم فى أنزيم فرد واحد ، ولتأييد الفكرة درسا كيفية تحكم الجينات فى لون عيون ذباب الفاكهة . ثم واصل بيدل هذا البحث فيما بعد باستانفورد حيث كان قد عين عام ١٩٣٧ ، مع كيماوى شاب اسمه تاتم (Edward & L. Tattum) وعلى الرغم من أن بيدل تعلم الكثير عن لون عيون الذباب فقد ظل يفلت منه الدليل على صحة الفرض : جين واحد لأنزيم واحد .

وفى عام ١٩٤٠ بلغ السادسة والثلاثين من العمر ، وكانت براعاته إلى هذا التاريخ محترمة قيمة ولكنها لم تضعه فى مركز ملحوظ يميزه عن عشرات غيره من الشبان القديرين . وفى هذا الوقت ألهم هو و « تاتم » فكرة الكف عن دراسة ذباب الفاكهة والمضى فى أبحاثهما على كائن عضوى آخر غيره . وكان هدفهما مجموعة أو نظاماً بيولوجياً أسهل فى التناول يستطيعون أن يجدوا فيه ما يرغم الفطرة على إجابتهم إجابة صريحة لا لبس فيها ولا تشكك . وكانت هناك فكرة جديدة أخذت تذيع وتشيع ، وهى أن الكائنات الصغيرة الدقيقة من بكتريا وفطر أبعد كثيراً عن البساطة ، ولها بالفعل قدرات كيماوية تفوق

فى بعض النواحى قدرات ذباب الفاكهة والفيران بل والإنسان نفسه . وأساس هذه الفكرة الجديدة أن الكائنات العضوية الدقيقة يمكنها أن تعيش على زريعات[1] بسيطة خالية تماماً من الفيتامينات ومن الحوامض الأمينية التى لا تستغنى عنها الكائنات العضوية الأرقى . فلم يكن الأمر أن هذه الحشرة الضئيلة يمكنها الاستغناء عن هذه المواد وإنما هو استطاعتها صنعها داخل جسمها من أغذية غاية فى البساطة .

قرر بيدل وتاتم أن يحولا نظرهما شطر الفطر الأحمر للخبز المعروف باسم « نيوروسبورا كراسا » ، وهو كائن عضوى دقيق وجدوا أنه يستطيع أن يعيش وينمو ويتكاثر على زريعة بسيطة مكونة فقط من أملاح وسكريات قليلة غير عضوية مطعمة بفيتامين يسمى بيوتين . وكانت حجتهما أن النيوروسبورا لا بد يحتوى على كل الأنزيمات اللازمة لصنع غيره من الفيتامينات والأحماض الأمينية التى يحتاجها ، وأن هذه الأنزيمات تهيمن عليها الجينات ، وإذا كان الأمر كذلك فإن تعريض نيوروسبورا إلى الأشعة السينية يجب أن يجعل بعض الجينات تتبدل وتتحول وبذا تقذف خارجها بعض الأنزيمات . فينتج حتماً نيوروسبورا يحتاج إلى فيتامين وحامض أمينى إضافيين ليعيش — وهذا هو بالضبط ما حدث .

أعطت البذرة الـ ٢٩٩ أى خلية التكاثر للنيوروسبورا ، التى شععها (أى جعلها مشعة) بيدل وتاتم ، سلالة أو نسلا محوراً أو متحوراً يحتاج إلى فتامين: ب١ ليظل على قيد الحياة . أما البذرة ١٠٩٠ فتحتاج إلى فيتامين ب١ . وقبل مضى وقتاً طويل كانا قد أنتجا عشرات من المتحولات كل منها لا تستطيع أن تصنع مركبا ضرورياً لها كما تفعل السلالة العادية « العنيفة » للنيوروسبورا إلا بمجهو

---

(١) Cultures

كبير ، وقد تحقق فجأة فى ليلة واحدة الهدف الذى سعى إليه بيدل وآخرون هذه المدة الطويلة . فى عام ١٩٤١ نشر بيدل وتاتم أدلتهما المذهلة على أن الطريقة التى بها تمارس الجينات عملها هى التحكم فى توالد الأنزيمات ، وعن طريق الأنزيمات تتحكم فى الكيمياء الأساسية للخلية .

كان المسرح الآن معداً لما يعتبره بعض البيولوجيين أعظم اكتشاف ورائى حدث فى هذ القرن ، أثبت ككثير غيره من التجارب العظيمة فى العلوم أن ما كان يعتقد كل إنسان أنه كذا لم يكن كذا . وفى الحالة التى نحن بصددها كان كل إنسان يعتقد أن الجينات بروتينات أو هى كذلك فى أساسها ، وما أثبته التحليل الكيماوى من حقيقة كون الكروموسومات التى تحوى الجينات تتألف من مخلوط وثيق من بروتونات ومادة تسمى حامض النيوكليك قد صرف النظر عنه بوصفه أمراً طريفاً ولكن لا يمت بصلة إلى الموضوع .

مشلما يتحول البط البكينى إلى ذئاب :

حوالى عام ١٩٤١ تصدى أزوالد إيفرى (Oswald T. Avery) الفيزيقى بمعهد روكفلر للأبحاث وهو فى السن التى فيها يفكر كثير من الناس فى التقاعد (الثالثة والستون) ، تصدى من جديد إلى أمر غامض خفى كان يضايقه هو وغيره من البيولوجيين منذ أن نشر عنه عام ١٩٢٨ إنجليزى يدعى فريدريك جريفث (Frederick Griffith) ، كان قد حقن فيراناً بطرازين مختلفين من بكتريا النيوموكوكس . وكان أحدهما ، الذى على صورة « R » (أو الخشن المظهر) حياً ولكن عديم الأذى ، بينما كان الثانى ، الذى على صورة « S » (أو الناعم الملمس) فتاكاً إلى أقصى حد ، ولكن الحرارة كانت تقتله قبل أن يحقن . ولما كان « S » ميتاً بغير شك فإن الفيران التى حقنت به كان يجب

أن تظل على قيد الحياة ، ولكن حدث بدلا من ذلك أن مات كثير منها . ولدهشة جريفث وجد أن دم الحيوانات الميتة يحتوى على بكتريا حية فتاكة من السلالة « S » ، فإما أن تكون البكتريا الميتة « S » قد عادت إليها الحياة بطريقة خيالية عجيبة أو تكون البكتريا « R » قد تحولت بطريقة خيالية عجيبة أيضاً إلى النوع « S » المميت .

اكتشف جريفث ، وآخرون ممن أعادوا عمله فيما بعد ، أن « R » قد تحولت إلى « S » . ولما كانت البكتريا مخلوقات ضئيلة جداً فإن فكرة التحول قد لا تبدو ومن الغرابة بمكان ، ولكن إذا أمكن إحداث تحول مشابه لهذا فى مخلوقات كبيرة كالكلاب مثلا فسيكون الأمر شبيهاً بتحويل طابور من البط البكينى إلى ذئاب من الخشب .

لكن كيف و بأية صورة حدث التحول ؟ هذا هو الأمر الذى تصدى له إيفرى بمساعدة زميلين شابين هما كولن ماك ليود (Colin M. Mc Leod) و ماكلين ماك كارتى (Maclyn Mc Carty) ، وقد استغرق قيامهم بهذه المهمة ، التى طالما تعرضت لما يعوقها ليحبطها ، نحو ثلاث سنوات . وعندما نشر البحث فى النهاية عام ١٩٤٤ كان عمر إيفرى ٦٦ سنة . قام الرجال الثلاثة بزرع وإنماء بكتريا النيوموكوكس فى شرائح هائلة ، واستخلصوا فى النهاية « الجزء أو القوام المحول » ونقوه — وهو المادة الخفية الغامضة التى تحول البكتريا « R » إلى « S » . وقد تبين أنها مادة شاحبة باهتة لزجة يمكن لفها خيوطاً ليفية حول عمود تحريك (أو تقليب) زجاجى . ولأول مرة فى التاريخ استطاع الإنسان أن يرى جينات فعالة بيولوجياً عارية ومنفصلة تماماً .

وبديهى أن المادة اللزجة كانت لها قدرة على النفاذ إلى الخلايا « R » ، وهناك تدخل و تقدم الأوامر أو التعليمات الوراثية اللازمة لتحويل الخلايا « R » إلى

« S » . ووجد إيفرى أن الجزىء أو القوام المحول هو البوليمار الطويل السلسلة ذو الوزن الجزيئى الكبير ، وأنه لم يكن بروتيناً ، وأثبت أنه بدلا من ذلك عبارة عن حامض النيوكليك المهمل ، أو بعبارة أصح هو حامض الديا كسير يبونيوكليك الذى اشتهر الآن بالاسم ح . د . ن .

استئناس الفيروسات :

أعقبت أعمال إيفرى اكتشافات تلاقت تلاقياً مذهلا وأيدت دور ح . د . ن ، التناسلى ، وغيرت فى النهاية مجرى البيولوجيا من أساسه . كانت الكائنات العضوية التى قدر لها أن تسير بالبيولوجيين إلى عالمهم الجديد هى الكائنات العضوية المتناهية فى الصغر التى اكتشفها بيدل وتاتم وإيفرى ، وجهازاً جزيئياً أصغر منها هو الفيروسات ، وبخاصة ما يعرف منها بالبكتريوفيجات ، ويطلق عليها للتبسيط الفيجات فقط ، وهى التى تنقض على البكتريا وتلوثها . كانت الفيجات ومضيفاتها الوديعات بالنسبة للبيولوجيا شبيهة بمحطات الذرة الهائلة بالنسبة للفيزيقا : لقد أتاحت للبيولوجيين أن « يروا » التفاصيل الأدق فالأدق لكيانها البنيوى الأولى وهو الجين .

إن جمع وإعداد بضع ملايين من ذباب الفاكهة وتتبع وراثتها بالتفصيل يمكن أن يستغرق من عالم الوراثة عمره كله ، ولكن زرع بليون من البكتريا وتنميتها إلى أن تصير أبعادها مرئية ، فى طبق زجاجى من أطباق بترى (Petri dish) يتم فى ليلة واحدة . وباستخدام أساليب بيدل وتاتم الفنية للتغذية تصبح رؤية متحول واحد وتمييزه من بين ملايين الخلايا ، بل حتى البلايين ، أمراً عادياً لا خدعة فيه أبداً . وحين تضم الفيجات إلى البكتريا فإن تجمعهما يجعل الأجيال منها تتكاثر بأسرع من ذلك ، إذ يستطيع عندئذ

جسيم فيجى واحد دخول خلية بكتريا فى عشرين دقيقة والاستيلاء على ما بها من أجهزة كيماوية واستحداث أو بناء مائة أو أكثر مثلها طبق الأصل تنساب خارجة من الخلية باحثة عن فريسة جديدة .

كان ماكس دلبروك (Max Delpruk) وسلفادور لوريا (Solvador Luria) الرجلين اللذين يرجع إليهما معظم الاضطـــلاع « باستئناس » الفيجات وتسخيرها فى أعمال البحث العلمى المتصل بالوراثة . ولقد استخلصا النواحى الدقيقة لدورة حياة الفيجات وألما بها ؛ وابتكرا طرقاً حساسة للتحكم فى نموها وفى عدها . كانا مهاجرين قدم أولهما من ألمانيا وثانيهما من إيطاليا وعملا معاً فى عدة معامل بالولايات المتحدة . كان دلبروك فى برلين فيزيقياً نظرياً وجد نفسه منجذباً نحو البيولوجيا انجذاباً لا سبيل لمقاومته . أما لوريا فعلى الرغم من أنه تعلم الطب فقد شارك دلبروك فى الولع الشديد بالمقارنة التحليلية للعضلات البيولوجية ، فصارا بذلك صديقين حميمين .

أقام دلبروك منذ عام ١٩٤٧ فى كالتك ، أما لوريا فقضى ١٦ سنة فى جامعتى إنديانا وإلينوى ، وهو الآن فى المعهد التكنولوجى بماساشتس ، ويعتبر طلابهما وأتباعهما أنفسهم ملحدين أو مخالفين لما تواضع عليه الناس فى شأن ظل يتحكم فيه زمناً طويلا علماء الوراثة فى القمح وذبابات الفاكهة .

ويتجلى إباء البيولوجيين وتلكؤهم المذهل فى إدراك أهمية أعمال إيفرى فى خطوات تقدم أبحاث فى الفيجات ، فإلى عام ١٩٥٠ لم يكن ح . د . ن . قد برز وظهر بوضوح فى أى حدس أو تخمين لتفسير تكرار أو ترديد الفيجات (أى توالدها أو تكاثرها طبق الأصل كسابقتها) . كان تركيب الفيج نفسه من ح . د . ن . وبروتين أمراً معروفاً ، ولكن معظم الخبراء كانوا يعتقدون مرة أخرى أن الجزء البروتينى منها هو صاحب الأهمية

العظمى ، واعتقد البعض أن ح د . ن . ما هو إلا غطاء أو غشاء خارجى . وعلى كل حال كان معظم هؤلاء الخبراء يفترضون أن الفيج كله بأسره ينفذ إلى البكتريوم فإذا استقر داخله كانت طريقة تكاثره سراً غامضاً خفياً .

ت٢ فى مخلاط ويرنج (١) :

فى عام ١٩٥٢ نبتت عند قليل من علماء الفيروسات فكرة أن الفيجات قد تكون مؤلفة من « دثار » ملتف حول ح . د . ن . وأن الفيج ربما كان لاينفذ كله إلى فريسته البكتيرية . وكان اثنان ممن جالت بخاطرهم هذه الفكرة هما ألفريد هرشى (Alfred D. Hershey) ومارتا تشيس (Martha Chase) من معهد كارنيجى بكولد سبرنج هاربر فى لونج أيلاند . درس هرشى وتدرب ليكون بيولوجياً مكروبياً وتأثر تأثراً شديداً بكل من دلبروك ولوريا .

ولكى يختبر هرشى وتشيس صحة فرضهما استخدما الفيج المعروف بالترقيم ت٢ (T_2) وابتكرا طريقة لوضع علامة إشعاعية مميزة على الجزء البروتونى للفيج وعلامة أخرى مختلفة عن هذه على الجزء ح . د . ن . واستطاعا عندئذ أن يتساءلا : هل تخترق المادتان الخاية كلاهما أو واحدة منهما فقط ، وإذا كانت واحدة فأيهما تنفذ إلى داخل الخلية ؟ فسلطا المسمى ت٢ ، على البكتريا ليعمل فيها وبعد بضع دقائق قليلة وضعا المخلوط كله فى خلاط ويرنج الذى هشم جدران خلايا البكتريا . وبعد ذلك وضعا المخلوط فى نثار أو مطراد(٢) فصل جدران الخلايا الأثقل عن الموائع الأخف المكونة لداخل الخلية . ودل الاختبار الإشعاعى للجزءين على أن كل البروتينات المرقة تقريباً بقيت فى جزء

---

(١) Waring Blendor

(٢) Cetriiuge جهاز يشتغل بفعل القوة الطاردة المركزية .

جدران الخلايا مشيراً بذلك إلى أن البروتين قد التصق بجدران الخلايا ولم ينفذ أبداً إلى داخلها ، وأن معظم النشاط الإشعاعى الذى عثر عليه فى الخلية مصدره الجزء ح . د . ن المرقوم .

فبديهى إذن أن الجزء ح . د . ن . من الفيج هو الذى دخل الخلية وتسلط على جهازها ليصنع صوراً أخرى من الفيج كاملة بدثارها البروتونى . وقادتنا البحوث التى أجريت بعد ذلك إلى وجهة النظر الآتية : إن الدثار — أو أحياناً ذنباً بروتونياً ملحقاً به — يحوى واحداً أو أكثر من الأنزيمات اللازمة لفضم ثقب فى جدران البكتريوم يسمح بدخول ح . د . ن . ليفعل فعله . وبذا قام الدليل مرة ثانية على أن ح . د . ن . مرادف للجين .

الجزىء ذو الستة :

كان الكيماويون قد أثبتوا فى غضون ذلك أن ح . د . ن . يتألف من آلاف من وحدات متكررة من سكر بسيط (يعرف بالديا كسيريبوز) ، ووحدات فسفاتية ، وأخيراً أربع صور مختلفة من مركبات نتروجينية تعرف بالنيوكليوتيدات أسماؤها : أدينـــين وثايمين وسيتوزين وجوانين — تختصر إلى : أ ، ث ، س ، ج . أما الكيفية التى بها تتشابك كل هذه الوحدات الفرعية معاً فقد كانت لغزاً عميق الغموض تصدى لحله علماء البلورات الشعسينية[1] المتخصصون فى البنية المعمارية الذرية التفصيلية للجزيئات الكبيرة . وقد برهنت دراساتهم ، كما سترى فيما بعد ، على أن النيوكليوتيدات أشد المواد الموجودة فى الكون تحكماً فى المقدرات والمصائر ، وسيأتى يوم يتعرف فيه أطفال المدارس عليها تعرفهم اليوم على الأكسجين والكربون والحديد واليورانيوم والاسترانتيوم .

---

(١) أى علماء الأشعة السينية .

تقدم علماء البلورات الشعسينيون بعدد من النماذج البنيوية للمادة ح .د. ن. ، ولكنها فشلت فى الظفر بالكثير من الإقناع أو الاقتناع بها . ثم حدث فى بواكير عام ١٩٥٣ أن طلعت مجلة « Nature » البريطانية على قرائها باقتراح جديد كل الجدة بتوقيع رجلين لم يسمع عنهما أحد إلا النذر القليل من البيولوجيين وهما ولسن وكرك . كان نموذجهما مبنياً على دراسات شعسينية لولكنز (M. H. F. Wilkns) من كلية الملك بجامعة لندن عليه طابع البساطة والأناقة الذى ينم عادة عن الحل الصحيح . لقد صور نموذج وطسن — كرك حلزوناً مؤلفاً من سلسلتين جزيئيتين مجدولتين أو متشابكتين وتربط السلستين معاً ، كسلالم السلم ، المركبات أ ، ث ، س ، ج . وكل سلة مؤلفة من أ مربوطة إلى ث أو من س مربوطة إلى ج . وقد حسب وطسن وكرك أن هذه البنيات[١] تقضى بحظر وجود أى تركيبات أو أربطة غير هذه .

ويضمن هذا التزاوج الذى لا يعتريه أى تغير ، وهو أ مع ث ر ، س مع ج ، أن جزىء ج . د . ن . إذا انفلق طولياً أو حل كما تحل السستة بالطول إلى منتصفه — بحيث ينفصل أ عن ث ، س عن ج — فإن كل نصف من نصفيه يكون بمثابة الطبعة أو الأرنيك المستخدم لإعادة خلق أو تكوين النصف الآخر المفقود أو الناقص . فهذا النموذج إذن قد اقترح لأول مرة لحظة محددة لتكرار أو ترديد الجين (استحداث مثيلات له طبق الأصل) فإذا انفلقت أو خلت السستتان التوأمان للمادة ح . د . ن . فى نواة الخلية فإن كل نصف من نصفى الجزىء يمكن أن يضيف الألفات أو الثاءات أو السينات أو الجيمات اللازمة لصنع نصف جديد ، وبذا يخلق جزيئات من ح . د ن . بدلا من جزىء واحد فقط كان موجوداً من قبل .

---

(١) Structures

لغة الحياة :

ما الدور الذى تلعبه أ ، ث ، س ، ج ؟ ولماذا نوجد هذه المواد الأربع بدلا من اثنتين فقط أو عدد ما آخر ؟ بديهى أن أ ، ث ، س ، ج ، هى حروف الشفرة التى إذا رتبت مراراً وتكراراً بلا نهاية فى تسلسلات طويلة استطاعت أن تعين أو تحدد أو تخصص كل كائن حى وجد على ظهر البسيطة فى أى عصر من العصور . فالفطرة تستطيع باستعمال أربعة حروف أن تعبىء من المعلومات فى كل طول معلوم من ح . د . ن . قدراً يزيد كثيراً عما كانت تعبئة لو أنها استخدمت حرفين اثنين فقط . وفى وسع الإنسان أن يحدس فوق هذا أن جزاءات أو عقوبات — ربما كانت على صورة أخطاء — قد تحل أو توقع إذا كان على الخلايا أن تصنع وتتناول ما هو أكثر من أربعة حروف . إن تضمين المعلومات التى يحويها جين واحد مفرد (أى المعلومات اللازمة لتعيين أو تخصيص واحد من الأنزيمات والبروتونات الأخرى) فى شفرة يتطلب عدداً معيناً من الحروف ربما كان بضعة آلاف . وعلى فرض أن البكتريوم يجب أن يصنع ألفاً من الأنزيمات المختلفة فلابد له من شفرة ح . د . ن . تمتد إلى نحو خمسة ملايين حرف . وبتقدير فيه تحفظ لعل الإنسان أعقد من البكتريوم ألف مرة ، ومن ثم تكون الرسالة من ح . د . ن . اللازمة لتعيينه أو تخصيصه قد يصل امتدادها إلى حوالى خمسة بلايين حرف . وهذه هى الرسالة الرهيبة التى ما فتىء النشوء والارتقاء أو التطور يسطرها أو يؤلفها منذ بدء الحياة أو الخليقة . وحتى إذا ضغطت إلى الحروف الجزيئية الصغيرة جداً وهى: أ ، ث ، س ، ج ، فإن الرسالة الوراثية للإنسان تتطلب من ح . د . ن . قدراً يكفى لعمل خيط جزيئى طوله نحو خمسة أقدام . وهناك كل الأسباب التى تحملنا على الاعتقاد بأن مقداراً شبيهاً بهذا القدر من ح . د . ن . ملفوفاً لفاً محكماً قوياً

ومجدولا أو ملولباً لابد أن يكون موزعاً بين الكروموسومات الستة والأربعين للإنسان .

ورجلا العلوم اللذان تصورا فكرة نموذج ح . د ن . لعام ١٩٥٣ والذى أيدته منذ ذلك الحين تجارب عديدة ، هما أمريكى يدعى جيمس واسن هو الآن أستاذ البيولوجيا بهارفارد ، وانجليزى يدعى كرك وهو فيزيقى تحول إلى بيولوجى بجامعة كمبردج . وهما يعملان فى الوقت الحاضر ، كل منهما مستقل عن الآخر محاولين صدع الشفرة التى بها يصدر ح . د . ن . الخلية تعليمات بكيفية إنشاء أو بناء آلاف من مختلف أنواع البروتينات التى يحتاج إليها الكائن العضوى الحى كل منها منفرد وحده وله عمل معين خاص به .

ومن بين الكثير من رجال الكيمياء الحيوية الذين يبحثون مشكلة بروتين ح . د . ن . واحد من أعظم الموهوبين هو فرتز لبمان (Fritz Lepmann) من معهد روكفلر . ولد بألمانيا منذ ٦١ سنة وقدم إلى الولايات المتحدة عام ١٩٣٨ ، وبدأ سلسلة من البحوث العلمية الباهرة ، شارك من أجلها هانز أدولف كربس (Hans Adolf Krèbs) فى جائزة نوبل لعام ١٩٥٣ . كان لبمان وكربس (الذى ولد أيضاً ببراين ولكنه يعمل بانجلترا) قائدين عالميين فى إزاحة الستار عن سلسلة الحوادث الكيماوية المعقدة العويصة التى تعين الخلية على استخلاص الطاقة من الدهنيات والكربوأيدرات والحوامض الأمينية التى تصل إلى الخلايا كأغذية . كان هذا الاستخلاص أو الإفصاح عن عملية الأيض أى استحالة الغذاء فى الخلية من أعمق الفتوح وأدعاها إلى الاغتباط فى الكيمياء الحيوية فى السنوات الخمس والعشرين الأخيرة .

انجذب لبمان الآن نحو مشكلة بروتين ح . د . ن . لأنها تمثل عنده أرفع نشاط وفاعلية فى الخلية ومن نفس المجموعة العامة المواد الغذائية التى تستخلص

منها الخلية الطاقة تستطيع بكيفية ما أن تصنع المواد الفذة الفريدة ، ومعظمها بروتينات ، التى تميز الجنس عن غيره وتجعل كلا منا فريداً متميزاً . ويعبر ليمان عن ذلك « بالتنميط »[1] أى بخلق الأنماط ، ويسميه « الأرض أو الساحة التى عندها تلتقى الكيمياء الحيوية بعلم الوراثة » .

ومشكلة التنميط هى باختصار : أن ح . ن . د . المقصور على لغة من أربعة حروف يجب أن يعرف الخلية بكيفية ما الطريقة التى بها تجمع بروتينات مكونة من عشرين من مختلف الأحماض الأمينية . هذه الأحماض تتشابك بعضها ببعض فى سلاسل يبلغ طولها عشرات أو مئات أو حتى آلاف الوحدات لكى تكون شتى أنواع البروتينات . ومن المفروض أن بعض المتتابعات أو المتتاليات الألفية أو الثائية أو السينية أو الجيمية فى ح . د . ن . تعين أو تخصص المتسلسلات الفريدة من الأحماض الأمينية اللازمة لكل بروتين[2] . وطبقاً لوجهة النظر هذه فإن التحول الذى يغير امتداداً قصيراً لشفرة ح . د . ن . — يمكن أن نتصوره حرفاً واحداً — يسبب تغيراً فى حامض أمينى واحد على الأقل فى سلسلة أحد البروتينات . وقد اكتشف حديثاً مبلغ أهمية تغير يحدث فى حامض أمينى واحد فقط ، بين مئات ، فى أثناء دراسة بروتين الدم وهو الهموجلوبين . وقد بين فرنون إنجرام (Vernon Ingram) البيولوجى الذى يعمل الآن فى معهد ماساشتس التكنولوجى أن مرض الإنسان

---

(١) Patternization

(٢) لما كان ح . د . ن يسكن داخل نواة الخلية فان الشفرة يجب أن تنقل إلى الموقع أو الموضع الذى يحدث فيه معظم تخليق البروتينات ، وهو فيما يسمى بالسيتوبلازما أو الجهاز الكيماوى المعقد المحيط بالنواة ويبدو أن الرسل التى تتولى هذا النقل هى مواد كبيرة الجزيئات بينها وبين ح . د . ن صلة قربى ، وتسمى ح . د . ن أو حامض الريبونيوكليك . ويتكون ح . د . ن من نيوكليدات متشابهة تماماً ، ولكن خصائصها لم تتميز بعد تمام التميز . فالفيرسات التى تتألف جيناتها من ح . د . ن قليلة العدد ، وفيما عداها وجد أن ح . د . ن هى المادة الوراثية العامة الشاملة .

المعروف بأنيميا السقم (أو الخلية المنجلية) ينشأ عندما يستبدل الحامض الأمينى (فالين) بالحامض العادى (حامض الجلوتاميك) عند نقطة معينة بالذات ، فى جزىء يحوى عدة مئات من وحدات الحامض الأمينى .

نسخ جديدة بملايين ملايين ملايين الملايين ($١٠^{٢٤}$) :

إن أبرع تجربة أجريت للآن فى الكيمياء الحيوية على ح . د . ن . كانت ترديد أو تكرار تخليقه (عمل نسخ منه طبق الأصل) خارج خلية حية . أتم هذا العمل البارع عام ١٩٥٧ أرثركورنبرج (Arthur Kornberg) الذى كان يعمل عند ذلك فى سانت لويس بجامعة وشنجطن . طبيب فى الثانية والأربعين من عمره تحول إلى عالم فى الكيمياء الحيوية ، وسرعان ما نصب نفسه للقيام بهذه المهمة الرهيبة عقب نشر نموذج ح . د . ن . لوطسس وكرك . كان كورنبرج قد سبق له أن حسب وبين خط سير الخلية فى صنع حروف ح . د . ن . الأربعة أ ، ث ، س ، ثم تقدم بفرض جرىء هو أنه إذا وضع هذه الحروف (وهى فى صورة فعالة كيماوياً) فى أنبوبة اختبار وأضاف إليها بعد ذلك ح . د . ن . طبيعياً (يحصل عليه من نباتات أو حيوانات أو بكتريا أو فيروسات) ليكون بمثابه الممهد لبدء العملية ، فإنه يستطيع فى النهاية خلق الظروف اللازمة لترديد أو لتكرار تخليق ح . د . ن . مرة أخرى .

وانتهى به الأمر هو ومصاحبوه فى العمل إلى أن يفصل من الخلايا أنزيماً إذا أضيف إلى المخلوط الذى بأنبوبة الاختبار خلق آثاراً ضئيلة من ح . د . ن . جديد . استطاعوا التأكد أن ح . د . ن . هذا قد تكون حديثاً من أن مقاومته كانت تحمل ذيولا ذات نشاط إشعاعى بينما كان ح . د . ن الأصلى الممهد لايحمل ذيولا . وقد سمى كورنبرج هذا الأنزيم « بوليميريز » أو « المبلمر » إشارة

إلى أنه يمهد للبلرة وينشئها . وبواسطة « مبلر » نق تسنى لكورنبرج إنتاج جزيئات ح . د . ن . بملايين ملايين (10^{24}) فى بضع دقائق . ومع أن من الصعب البرهنة على أن ح . د . ن . تكرر تخليقه أو ترديده طبق الأصل تماماً فلا سبب يدعونا لأن نفترض غير ذلك . وبمدرسة الطب بجامعة ستانفرد نجد كورنبرج الآن يلتزم فلسفة عملية بسيطة هى : « أن العمليات الكيماوية التى تقوم بها الخلية يستطاع فهمها وإجراء صور منها طبق الأصل » .

الحياة الجنسية للبكتريا .

لعل أهم الخصائص التى يتميز بها تميزاً أكيداً أى واحد من العلوم فياض بالنشاط والحيوية هى مقدرته على خلق قادة من شبان نابهين . وقد أنتجت البيولوجيا الأمريكية منذ الحرب العالمية الثانية شاباً عمره الآن خمس وثلاثون سنة لا يشوب سيرة حياته أى نقص إذا قورنت بسيرة من سبقه من العالقة الأقدمين أمثال مولار وستورتيفانت وبردجز ألا وهو يوشع ليدربيرج (Yoshua Lederberg) .

اكتشف وهو فى سن الواحدة والعشرين ، بينما كان يعمل فى ييل مع مدرسه إدوارد تاتم أن البكتريا ، التى كان الاعتقاد السائد أنها تتكاثر بكيفية لا جنسية تمارس بالفعل أحياناً تكاثراً جنسياً . لقد وجد ليدربيرج وتاتم أن الخليتين البكتريتين تتزاوجان أحياناً تزاوجاً جنسياً مؤقتاً . وتمر مادة وراثية من إحدى الخليتين إلى الأخرى . وهذا التبادل الوراثى يضفى على البكتريا ، كما يحدث فى عالم الكائنات العضوية الكبيرة ، ازدياداً فى المرونة التى بها تتكيف وفق الوسط المحيط بها .

وحين كان ليدربيرج فى السابعة والعشرين يدرس فى وسكنسن اكتشف هو

وأحد تلاميذه المدعو نورتر زيندر Norton Zinder ما قد يكون أعجب وأهش خطة لنقل المعلومات الوراثية ، اكتشفا أن فيجات معينة بالذات من التى « تعيش » فى تكافل وتعايش سلمى — أو تتواجد معاً داخل البكتريا — تسرق أحياناً جيناً مفرداً من مضيفتها وتحمله خارج الخلية . وقد ينفذ الفيج بعد ذلك إلى خلية أخرى ويقدم لها الجين المسروق ، وعندئذ يحدث اختيار أو انتخاب . ذلك أن البكتريا قد تستبـــدل هذا الجين الأجنبى بأحد جيناتها الأصلية وتمره أو تورثه إلى بناتها وقد أطلق ليدربيرج وزندر على هذه العملية الغريبة أو الدخيلة « الحمل الناقل »(١) .

يضع الحمل الناقل أمامنا ، بإثباته تبادل الأجزاء بين الفيرس ومضيفه ، هذه المعضلة المحيرة : هل يجب اعتبار الفيروسات طفيليات قد تكيفت الآن تكيفاً يجعلها صالحة للنمو داخل مضيفاتها من الخلايا الحية وحدها أم نعتبرها فروعاً ضالة زائغة من البنيات السوية للخلايا ؟ يعتبر ليدربيرج أنه لا سبيل إلى الإجابة عن هذا السؤال . ولكنه يشعر بأن الحمل الناقل قد يساعد على تعليل بعض الطرق التى بها تستطيع الفيروسات تقليد الجينات فى تأثيراتها على الخلايا المضيفة — كتوليد السرطان فى الحيوانات التجريبية بواسطة فيروسات معينة بالذات . وقد شارك ليدربيرج كلا من بيدل وتاتم فى جائزة نوبل عام ١٩٥٨ للطب والفسيولوجيا وهو الآن يقوم بالتدريس بمدرسة الطب بجامعة ستانفرد .

ولما كان ليدربيرج قد تعلم وتدرب على البيولوجيا المأثورة فقد أقر أنه كانت له يوماً ما تحفظات قوية بشأن الدور الذى كان المخالفون للإجماع ينسبونه للمادة ح . د . ن . وقد قال حديثاً « إن البيولوجيين كانوا مصابين بانشطار

---

(١) transduction

الشخصية فيما يتصل بمسألة الحيوية أو سر الحياة ، كانوا كلهم فى الواقع يصرحون علناً بانتمائهم إلى الميكانيين أى الآليين ، ولكنهم كانوا فى الوقت نفسه يتلكأون أو يتأبون الاعتقاد بأنهم يستطيعون حقاً تفهم المعضلات العميقة فى البيولوجيا ، ومن ثم كان التفسير الجزيئى الذى يقدمه ح . د . ن . طعنة قوية أو تحدياً عظيماً لهم . وإننى لأذكر بوضوح الوقت الذى تغير فيه تفكيرى أنا الخاص . أخذت أدرك أنه قد يكون أقرب إلى الإنشاء أو البناء ألا أصر على التحقيق المطلق . كان نموذج « وطسن — كرك » وخطته لتكرار التخليق أو الترديد لا يستند فى الواقع إلى أدلة كافية ، ولكن ربما كان المثمر والأجدى أن نتقدم بأسرع ما نستطيع . فالعلوم تتأرجح دائماً بين فترات من التقدم السريع وفترات من الركود أو الجمود . والبيولوجيا تمر الآن فى المرحلة السريعة المنزلقة ، ولكنى مقتنع أننا بواسطة ح . د ن . وغيره من المدركات الجزيئية سنعثر على إجابات عن بعض المشاكل حتى الشديد التعقيد والغموض منها » .

العقيرة الجريرة :

يشير شباب البيولوجيين فى مجون ومداعبة إلى وجهة النظر السائدة التى تقرر أن ح . د . ن . يتحكم فى الحياة كلها باعتبارها العقيدة الشائعة أو السائدة . لم يفتتن أحد بهذه العقيدة بأعمق من افتتان سيمور بنزر (Seymour Benzer) الذى حصل على دكتوراه الفلسفة فى الفيزيقا عام ١٩٤٧ . كان بنزر أستاذاً مساعداً للفيزيقا فى بيرديو عندما طلب أجازة لمدة عام يبحث فيه البيولوجيا ، ومده إلى أربعة أعوام قضى منها اثنين فى دلبروك وكالتك وواحداً قضاه مع عالم الفيروسات الذائع الصيت أندريه لووف (André Lwoff) بباريس .

وحين عاد بنزر إلى بيرديو تملكته فكرة أنه باستخدام الفيجات تتيسر

تجزئة أو تحليل بنية الجين المفرد) وبتهجين آلاف من التحولات التى داخلها تغييرات مختلفة داخل الجين نفسه استطاع أن يرسم خرائط بتفصيلات دقيقة للغاية وجديدة كل الجدة . وجد أن ما كان يوصف تبعاً للمأثور بأنه جين يتألف من بضع آلاف من حروف شفرة ح . د . ن . ، وأن تغييراً فى حرف أو حرفين فقط يمكن أن يحدث تغيراً ملحوظاً فى عادات الفيرس . ويطيب لبنزر اعتبار الجين كبيت من الشعر قصير ، (فيه تماثل على حد قوله) . فالتحول (الطفرة) سيكون مناظراً لخطأ طبغرافى يفسد المعنى . ولكن إذا عملت صيغتان معينتان مختلفتان مستقرتان فى متحولين فإن الأجزاء الصحيحة يمكن إعادة تركيبها عن طريق التهجين حتى نعيد إليها صيغتها الأصلية . وبمثل هذه الخطط بين بنزر أن الجين يتألف من وحدات فرعية أولية ، من التحول والتركيب من جديد والوظيفة ، وضع لها المصطلحات « موتون »[١] و « ريكون »[٢] « وسترون »[٣] ، على التناظر . وعلماء الوراثة مدينون له بسبب ما ألقاه من ضوء ساطع على ساحة دامسة الظلام .

ومن المسائل العظيمة المتروكة للمستقبل تبيان كيفية إحلال جزيئات ح . د . ن . بإحكام فى الكروموسومات التى تكون فى النباتات والحيوانات من الكبر بحيث ترى بسهولة تحت مجهر (مكروسكوب) عادى . وكل خطة اقترحت للآن لتعبئة خيوط ح . د . ن . الدقيقة داخل تلك البيئات الأكبر منها بكثير تصادفها عقبات مهولة . والمعضلة هى أن ح . د . ن . مهما كان برمه وفتله مشدوداً ومتيناً . يجب أن تكون له الحرية لأن يحل نفسه كما تحل السستة وأن يتكرر أو يرتد[٤] وينتج جزيئين يستطيعان الانفصال التام

---

(١) muton (٢) recon

(٣) cistron (٤) replicate

أحدهما عن الآخر . وهنا نجد مرة ثانية أن بديهة الإنسان تعوقها وتحبطها تفاصيل للبيولوجيا لا يصدقها أحد .

ليس الحق وإنما تصحيح الخطأ :

لاتوجد الآن أمارة يستدل بها على أن اندفاع الستين سنة ، الذى وصل بعلم الوراثة إلى مستوى من الأبعاد الجزيئية ، قد فتر وبطؤت خطاه . وهناك على الدوام بطبيعة الحال خطر احتمال كون التصورات والنظريات الشائعة تبلغ من عدم الكفاية درجة كبيرة ولكن منظمة العلوم ليست أنها تكشف « الحق أو الصدق » بل الأصح أنها تتقدم فى ثبات واطراد لا يدافع عن طريق اكتشاف وتصحيح الأخطاء . فالوقائع وحدها ، بغض النظر عن كثرتها أو قابليتها للتحقيق لا ترتب نفسها أتماتيا على شكل صورة للعالم مفهومة صادقة ، إن مهمة العقل البشرى هى اختراع إطار نظرى يفسرها ويعللها . تسير العلوم قدماً بقوة نظرياتها والوثوق من صحتها لا بمجرد تكديس الحقائق بعضها فوق بعض . ومع أن نظرة رجل العلوم إلى العالم عرضة على الدوام إلى التغير بلا إنذار فإن الصرح المعقد من الوقائع القابلة للتحقيق ، والنظريات المختبرة التى ابتدعت فى صبر وأناة خلال الفترة الوجيزة لمئات قليلة من الأعوام هى أعظم وأمتن ما أنجز الإنسان من فتوحات على سطح الأرض .

نبذة موجزة عن
مشاهير العلماء الامريكيين

الفيزيقيون :

رابى (I.I.Raby) ، فى الثانية والستين . أسن رجال العلوم الذين كان لهم أثر بارز فى تشكيل الفيزيقا الأمريكية . عضو فى هيئات ولجان استشارية عديدة . منها لجنة رئيس الجمهورية الاستشارية للعلوم . حاضر البديهة والفكاهة . فيه استرخاء وانبساط . واسع الإطلاع ، ومن أحب المؤلفين إليه دستويفسكى ، وشو ، وهمنجواى . نيويوركى أصيل ، يعتقد أن نيويورك مكان عظيم مجيد ، فهى تحفز وتبعث على العمل كل راغب فى البحث العلمى . لا يزال يدرس مقرراً واحداً على الأقل فى العام بكولمبيا . تلقى جائزة نوبل عام ١٩٤٤ .

يوجين فاينر (Eugene Wigner) ، فى الثامنة والخمسين . لعله يستحق من التقدير قدر ما يستحقه أى شخص آخر من أجل الأخذ بيد الولايات المتحدة وهدايتها إلى العصر الذرى . ناشد هو وزميله المجرى ليوتسيلارد (Leo Szilard) أينشتين أن يكتب إلى روزفلت عام ١٩٣٩ خطابه الشهير الذى أدى إلى مشروع مانهاتن . وصل فاينر إلى أن صار المصمم الأول لمفاعلات البلوتونيوم . كان معلم نفسه إلى حد كبير ، وبدأ مساهماته الكبيرة فى الفيزيقا النظرية عام ١٩٢٧ . وفد على الولايات المتحدة عام ١٩٣٠ ، ومنذ ذلك الحين وهو يقوم بالتدريس فى برنستن ؛ لم يتغيب إلا قليلا ، يستمتع بلعبة « الباولنج » والانزلاق .

روبرت أوبنهيمر (J Robert Oppenheimer) ، فى السادسة

والخمسين . مشهور بين قرنائه بمقدرته اللاذعة على النقد ، وبقدرته على الإلمام بالفكر والآراء الجديدة على التو ، أى فى لحظات ، وبسعة إطلاعه وثقافته خارج نطاق العلوم . يتكلم بهدوء ورقة ، وبتفكير وتمعن ، وبفصاحة وطلاقة . كان قبل الحرب العالمية الثانية يستطيب صدوف الولايات المتحدة عن ذكر أسماء جميع الفيزيقيين النظريين فيما عدا أينشتين . أصبح عقب هيروشيما مشهوراً فى العالم كله فى ليلة واحدة تقريباً . صار فى عام ١٩٥٤ محور قضية أمن أثارت ضجة . منذ عام ١٩٤٧ وهو يعمل مديراً لمعهد الدراسات العليا فى برنستن .

إميليو سجريه (Emilio Segré) فى الخامسة والخمسين . قطع سيرة حياته كمهندس ليشتغل مع صديقه إنريكو فرمى الذى كان يفتقر إلى طلاب دراسات عليا فى الفيزيقا فسعد سجريه بقيد اسمه لهذا الغرض . ومنذ عام ١٩٣٨ وهو يعمل بجامعة كاليفورنيا فى بيركلى ، إلا فى فترات اضطراب أثناء الحرب . يعتبر نفسه فى شئون الفيزيقا محافظاً . « لو لم أكن محافظاً متزمتاً لاستطعت اكتشاف انشطار اليورانيوم عام ١٩٣٤ » . يرى أن الطلبة الأمريكيين يضيعون مقداراً هائلا من الوقت فى المدرسة الثانوية (High School) . شرك أون تشيمبرلين جائزة نوبل لعام ١٩٥٩ .

هانز بيث (Hans A.Beths) فى الرابعة والخمسين . من أشهر اللاجئين الذين وفدوا على الولايات المتحدة من ألمانيا فى الثلاثينات . كان أثناء الحرب العالمية الثانية رئيساً لقسم الفيزيقا النظرية فى لوس ألامس . وبعد الحرب عاد إلى كورنيل التى كان قد بدأ يدرس فيها عام ١٩٣٥ . كانت مقدرته الرياضية الهائلة ترهب رفاقه . وفى خلال سيرة حياته الطويلة ، التى لا تزال تؤتى ثمارها ، نشر ما يربو على مائة بحث تعالج مدى واسعاً من الوسائل النظرية . أما خارج نطاق الفيزيقا فتشمل اهتماماته الموسيقى والتزحلق على الثلج .

جون باردين (John Bardeen) ، فى الثانية والخمسين . كاد هو الآخر يفشل فى اكتشاف أن الفيزيقا هى العمل الذى يناسبه حقاً . بدأ كمهندس كهربائى ، ولكنه لم يستطع أن ينسى النشوة التى استشعرها عند تعرض قصير المدى لميكانيكا الكمة كأحد طلاب فان فلك (J. H. Van Vleck) الذى كان من أوائل من ألموا بالموضوع من الأمريكان وتمكنوا منه . بعد أن قضى باردين ثلاث سنوات يعمل فى الصناعة عاد فالتحق بالمدرسة وظفر بدكتوراه الفلسفة متتلمذاً على يوجين فاينربيرنستن . وفى معامل بل ، عقب الحرب العالمية الثانية مباشرة ، أدت نظرياته إلى اختراع أول ترانزستر ، وإلى جائزة نوبل . هو الآن بجامعة إلينوى .

جوليان شفنجر (Julian S. Schwinger) ، فى الثانية والأربعين ينسب له الجميع — هو ورتشارد فينمان الذى سيرد ذكره بعده — أنهما صاحبا أعظم وأعمق الإضافات للفيزيقا النظرية منذ الحرب العالمية الثانية . عندما كان شفنجر طالب دراسات عليا بكولمبيا تجاهل كل مافرض عليه استيعابه من دراسات إنجليزية ، وكان على وشك أن يفصل لولا تدخل رابى . ظفر بدكتوراه الفلسفة فى سن الواحدة والعشرين ، ومنذ أن صار عمره تسعاً وعشرين سنة وهو يعمل بهارفارد أستاذاً متفرغاً . لا يزال إلى الآن يسهر إلى ساعات متأخرة من الليل يحل معضلات الفيزيقا . قيادة سيارة من طراز كاديلاك هى المتعة الوحيدة التى يستمرئها .

رتشارد فينمان (Richard p. Feynman) فى الثانية والأربعين . نيويوركى مثل شفنجر لكنه أقل منه استباقاً لزمانه ، فقد كانت سنه أربعاً وعشرين سنة عندما ظفر بالدكتوراه ؛ متتلمذاً ببرنستن على هويلر (John A. Wheeler) الذى كان له تأثير كبير على سيرة حياته . وفى

لوس ألامس أيام الحرب سرعان ما اكتسب شهرة باستطاعته وهو شاب التفوق على فرمى فى المحاجة النظرية ، وبما سبب لرجال الأمن من تغيظ واهتياج لمهارته فى فتح الخزائن المغلقة منذ عام ١٩٥١ وهو مقيم فى كالتك التى كان يسعده ويريحه قربها من شواطىء الباسيفيكى ومن لاس فيجاس التى كان يحب الذهاب إليها للاستجمام أو الاسترخاء .

تشن ننج يانج (Chen Ning Yang) ، فى الثامنة والثلاثين ، وتسنج داو لى (Tsung Dao Lee) فى الرابعة والثلاثين . كانت لديهما الجرأة والشجاعة ليتحديا واحداً من أعظم قوانين الفيزيقا قدسية ، ومن أجل ذلك تلقيا جائزة نوبل لعام ١٩٥٧ . تعارفا فى الصين ، ثم التقيا مرة كالطالبين بجامعة شيكاجو . عين يانج ، بعد أن حصل على الدكتوراه ، بهيئة التدريس بمعهد الدراسات العليا ، أما « لى » الذى كان قبل ذلك فى كولمبيا ، فقد لحق به هناك فى خريف عام ١٩٦٠ ، وقضى ذلك على تبادلهما الرسائل وعلى محادثاتهما التليفونية المستفيضة — ومعظمها بالصينية — التى كان يتطلبها تعاونهما الوثيق كلاهما متزوج ، ولكل منهما ولدان .

مرى جلمان Murry Gellmann . ربما كان أذكى وألمع شباب أمريكا النظريين . برم فى المدرسة الثانوية بفيزيقاها ، ولكنه وجد الفيزيقا مشوقة تملك عليه نفسه فى ييل حيث أتم دراسته فى سن الثامنة عشرة . وبعد ذلك بثلاث سنوات حصل على دكتوراه الفلسفة من معهد ماساشتس التكنولوجى ، وبعد ذلك بسنتين ، فى عام ١٩٥٣ ، اكتسب شهرة عالمية فى الفيزيقا لما اقترحه مما أطلق عليه قواعد « الغرابة »[1] لتفسير أو تعليل السلوك العجيب المخالف للعرف الذى تسلكه الجسيمات أو الدقائق الأولية . متزوج وله طفل واحد

---

(1) Strangeness

مولع بمراقبة العصافير . عضو بهيئة التدريس بكالتك . يقوم بالتدريس هذا العام بباريس .

الكيماويون :

بيتر ديبي (Petr J . W . Debye) ، فى السادسة والسبعين . أسهم مساهمات أساسية عديدة فى النظريات الكيماوية فى الساحة أو المنطقة التى تنغمر فيها الكيمياء فى الفيزيقا . ساعد فى إبتكار بعض من أقوى الأدوات الإشعاعية ، وبخاصة حيود الأشعة السينية ، لدراسة بنية الذرات وخواصها . بدأ ديبي سيرة حياته الطويلة كفيزيقى فى موطنه هولندا ، ثم انتقل إلى المانيا وحصل على جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٣٦ . ومنذ عام ١٩٤٠ وهو يعمل أستاذاً (الآن غير متفرغ) بجامعة كورنيل . أصبح منذ عام ١٩٤٦ مواطناً مريكياً وتعتبره أغلبية كبيرة معلماً قديماً بارعاً فى فنه .

هارولد يورى (Harold C . Urey) ، فى السابعة والستين — عميد جيل قاد الولايات المتحدة إلى العظمة فى الكيمياء ، وقد أدى به اكتشافه للايدروجين الثقيل ، الذى منح من أجله جائزة نوبل عام ١٩٣٤ ، إلى أن يلعب دوراً رئيسياً فى تقدم وتطور القنبلة الذرية . ومنذ ذلك الحين قفز إلى علم الفلك منشئاً نظرية جديدة ، كلها نشاط وحيوية ، عن تكوين السيارات . هو الآن يسبر غور الشهب بمعمل جامعة كاليفورنيا فى « لاجلا » ، كما أنه قفز أيضاً إلى السياسة كمستشار على اللجنة القومية الدمقراطية .

وليم جيوك (William F. Giaukue) ، فى الخامسة والستين . أنشأ وحسن وطور أسلوباً فنياً قوياً لإزالة المغطسة يدفع بالمواد لأن تنزل درجة حرارتها إلى ما يقرب من الصفر المطلق بنحو جزء من درجة واحدة

(— ٤٥٩و٦٧ فهرنهيتية) وهى أبرد نقطة وصل إليها أحد . وعند هذه النقطة كان قد قام بمجموعة كبيرة من أدق ما عمل فى أى زمن من قياسات للحالات الجزيئية وخواصها . باحث طويل القامة ، ينسكت ولا يبتسم ، كامل التفرغ لبحثه إلى أقصى حد . تعلم ولا يزال يعمل بجامعة كاليفورنيا ببركلى . متزوج من فيزيقية . ظفر له عمله بجائزة نوبل عام ١٩٤٩ .

هرمان مارك (Herman F . Mark) ، فى الرابعة والستين . حجة عالمى فى البلمرات أو كيمياء الجزيئات الكبيرة — تخليقيات البلاستيك والخيوط أو الألياف والمطاط . لاجىء هرب من الهتلرية . قدم إلى هنا عام ١٩٤٠ بعد أن وضع أسس البحث العلمى فى الجزيئات الكبيرة فى أواخر العشرينات . لحق فى الوقت المناسب ليساعد كمستشار فى فترة النمو والتقدم الهائل فى هذا المجال بالولايات المتحدة . كان المقر الذى اتخذه لاجراء أبحاثه هو معهد بروكلن الصناعى . مواطن متحمس لفينا . يعشق الحفلات ولكنه كثيراً ما « يزوغ » منها لكى يواصل عمله .

جورج كستيا كفسكى (George B. Kistiakowsky) ، فى التاسعة والخمسين ، ترك معمله بهارفارد أثناء الفترة من ١٩٥٩ — ١٩٦٠ ليعمل بواشنطن مساعداً خاصاً للرئيس فى العلوم والتكنولوجيا . رجل يسهل الانجذاب له والمسرة لصحبته . قائد متزعم فى الكنتكيات (معدل سرع التفاعلات الكيماوية بما فيها التفجرات) . ولد بكييف وتعلم وتدرب ببرلين . مبتكر زناد إطلاق القنبلة الذرية ، ومنذ ذلك الحين أضفى على كثير من اللجان العليا إحساساً قوياً بالمسئولية العلمية القومية . يرى أن الولايات المتحدة مقدمة على « سقوط مرعب » ما لم تزد من تشجيعها لمتابعة الجهود الفكرية .

لينص بولنج (Linus C. Pauling) ، فى التاسعة والخمسين . أعظم

نظرى كيماوى فى الولايات المتحدة . ابن صيدلى . أنشأ وحسن وطور بكالتك فى الثلاثينات نظرية إلكترونية واسعة المدى للرباط الكيماوى ازدهر بواسطتها التخليق الجزيئى ، واستحق بعمله هذا جائزة نوبل لعام ١٩٥٤ . ولكنه يعرف بأحسن من ذلك وهو سعيه المتواصل فى إصرار ودأب للظفر بالسلام العالمى وتوطيد دعائمه ، وإيقاف أو حظر إجراء التجارب النووية ، وغير ذلك من المساعى الحميدة التى يعمل الكثير منها بدافع من اليسارية فى العقيدة . تتراوح اهتماماته الحالية من الرباطات الجزيئية للجنون إلى التجول فى الأماكن التى ترتادها الغزلان فى مرتبى مواشيه القريب من منتجريه .

وندل ستانلى (Windell M. Stanley) فى السادسة والخمسين ، ابن صاحب جريدة فى بلدة صغيرة بإنديانا . كان شاباً يلعب الكرة . ذهب ذات يوم يلقى نظرة على فريق جامعة إلينوى ، وبدلا من ذلك التقى بالكيماوى روجر أدامز « بالجمال والتعقيد العظيم » الذى عليه الجزيئات العضوية . تزوج من زميلة كانت تعمل معه فى أول مشروع له . وفى عام ١٩٣٥ أخذ بيد الكيمياء إلى الخط الفاصل بين الحى وغير الحى من المادة ، الذى هو الآن مسرح لأبحاث علمية كبيرة ، وذلك عن طريق بلورة الفيرس لأول مرة . ظفر بجائزة نوبل عام ١٩٤٦ .

جان سيبورج (Glen T. Seaborg) ، فى الثامنة والأربعين . ربما سجله التاريخ بوصفه واحداً من آخر المخترعين العظام للعناصر . عثر على تسعة عناصر قصيرة العمر هى ما وراء اليورانيوم من العناصر ، لا يحتمل أن يوجد بعدها كثير غيرها . ومنذ عام ١٩٥٨ صار أصغر مدير لجامعة كاليفورنيا . يبدى اهتماماً وقلقاً عميقين من أجل تعليم العلوم بالولايات المتحدة . ولد ببلدة تعدين صغيرة بمتشجان . يهتم بالرياضة ويلعب البسبول (كما يلعبها الأطفال فى

ساخات رملية) مع أولاده الستة . ظفر بجائزة نوبل عام ١٩٥١ وبجائزة فرمى لوكالة الطاقة الذرية عام ١٩٥٩ .

روبرت وودوارد (Robert B. Woodward) ، فى الثالثة والأربعين. المعمارى المتألق الذى بنى العديد من أكثر الجزيئات البيولوجية التى خلقت إلى الآن تعقيداً ابتداء من الكينين عام ١٩٤٤ . كوينسى من ماساشتس ، صنع الأعاجيب . بدأ التجارب الكيماوية فى سن العاشرة . اجتاز وودوارد معهد ماساشتش التكنولوجى وحصل على دكتوراه الفلسفة فى أربع سنوات وهو فى سن العشرين . وبعد ذلك نظم فى هارفارد نظرية للتخليق . تزوج مرتين وله أربعة أولاد . مطلع نهم فى القراءة . يكره ضياع طاقة يصرفها فى التمرينات الرياضية . ظفر فى العام الماضى بميدالية دافى الرفيعة للجمعية الملكية البريطانية .

الفلكيون :

هارلوشيبلى (Harlow Shapely) ، وفى الخامسة والسبعين . أطلق الثورة فى علم الفلك الحديث بإقامته البرهان على أن المجموعة الشمسية لا تقع وسط الكون . بل قرب حافة الطريق اللبنى . تقاعد من هارفارد ، ولكن لا يزال يلقى محاضرات كثيرة ، خصب الإنتاج للكتب والمقالات فى الفلك وفى علاقة الدين بالعلوم . قامت زوجته أيضاً بأبحاث علمية . إثنان من أولادهما الخمسة من القادة بين رجال العلوم ، ألان (Alan) فيزيقى أيونوسفيرى يعمل بالمكتب القومى للمعايير (أى المقياسات المعيارية) ، ولويد (Lloyd) عالم رياضى يعمل مع شركة راند .

أوتوستروف (Otto Strove) . فى الثالثة والستين . آخر فرد من أسرة من الفلكيين اشتهرت خلال أربعة أجيال . ولو أنه متزوج إلا أنه لم

ينجب أولاداً . نشأ وترعرع فى روسيا ، ولكن أتم تعليمه بمرصد ييركس بجامعة شيكاجو . إليه يرجع الفضل فى اكتشاف الأيدروجين فيما بين الكواكب من فضاء . ظل مديراً لييركس سبعة عشر عاماً ، والآن يرأس المرصد الفلكى القومى الإشعاعى الجديد فى جرين بانك بغرب فرجينيا . متلهف شغوف بجمع الكتب الفلكية النادرة ولا سيما التى ألفها أجداده .

بنجت شتروجرن (Bengt G. D. Stromgren) ، فى الثالثة والخمسين تعرف على الفلك فى سن مبكرة فى الدانمارك عندما كان صبياً . شاطر أباه مكتبه ، وكان أبوه عندئذ مديراً لمرصد كوبنهاجن . تحول شتروجرن فيما بعد إلى الفيزيقا البحتة كعضو فى الجماعة الدولية من الصفوة التى تدرس متتلمذة لنيلزبور . هو أحد القادة العالميين فى الفيزيقا الفلكية . عمل شتروجرن مديراً لكل من مرصدى كوبنهاجن وييركس . وهو الآن عضو بهيئة التدريس بمعهد الدراسات العليا فى برنستن . لايجد الآن وقتاً لممارسة لعبة البدمنتن وللرحلات الطويلة بالدراجة اللتين اعتاد أن يستمتع بهما .

جس جرينشتين (Jesse L. Greenstien) ، فى الواحدة والخمسين . ترجع أعظم شهرته إلى تحاليله الكيماوية الدقيقة للنجوم . يرأس قسم الفلك بكالتك . ويجرى أرصاده بماونت ولسن وبالومار . بعد أن حصل على درجته العلمية من هارفارد فى سن التاسعة عشرة قضى أربع سنوات اكتئاب فى أعمال ضيعة الأسرة بنيويورك ، ثم عاد إلى هارفارد للدكتوراه . قليل الإيمان بكثير من النظريات الحديثة ، ولكنه كثير العطف على النظريين الفلكيين فيقول : « إذا عرفت كم من الصعوبات يلاقى المرء فى جميع حققة واحدة فهمت لماذا يرغب معظم الناس فى شئ من المزاح المسلى أثناء تحليلهم لها » .

صبرحمانيان تشاندراسيخار (Subrahmanian Chaudrasekhar)

فى الخمسين ينتمى لمرصد بيركس . أبرز شخصية بين المشتغلين بالنظريات البحتة فى الفلك الحديث ، تحول شغله حديثاً إلى الفيزيقا . وبخاصة إلى سلوك الغازات المتأينة فى المجالات المغنطيسية ، وبرغم ذلك لا يزال يحرر المجلة الفلكية الحجة فى موضوعها . عندما قدم مع زوجته إلى الولايات المتحدة عام ١٩٢٦ حاولا وفشلا فى إثارة اهتمام جيرانهما بموسيقى جنوب الهند التى تعزفها زوجته على العود . القسلية الرئيسية لتشاندرا سيخار هى الاستماع لموسيقى الكونسرت وموسيقى الصالونات .

مارتن شفارتس تشايلد (Martin Schwartzchild) فى الثامنة والأربعين . من برنستن . هو الآخر ابن فلكى شهير . كان أبوه كارل مديراً لمرصد بتسدام . مرشفارتس تشايلد من ألمانيا النازية وجاء إلى هارفارد عام ١٩٣٧ على منحة مالية ، وهناك قابل زوجته باربرة التى كانت طالبة دراسات عليا فى الفلك ، وهى تساعده فى عمله الحالى بأخذ صور فتغرافية من بالونات ستراتوسفيرية تطلق فوق منيسوتا . وتقوم أسرة شفارتس تشايلد كذلك بجمع الحفريات بشرط ، ألا يقل عمرها عن البلايادس ، وهى مجموعة نجمية ولدت عندما كانت الدنصورات تجوس خلال الأرض هائمة .

جورج هربج (George H. Herbig) ، فى الأربعين . ينتمى إلى مرصد « لك » ويعتبر من خيرة الفلكيين الشبان بالولايات المتحدة ، نظراً للأبحاث التى يجريها على مولد النجوم . ناعم الحديث ، شديد حاد . كان على الدوام واثقاً من نفسه إلى درجة ملحوظة . وذات ليلة أخذ العلامة الذائع الصيت أتوستروف على عاتقه أن يبصره بكيفية تشغيل مرقب (تلسكوب) كبير ، وكان هربج عند ذاك حديث عهد بالتخرج ، ولكن قبل انتهاء الليل كان ستروف يقوم بعمل المساعد الشاب هربج . ولد فى هويلنج بغرب فرجينيا .

يعترف بأنه « يقرأ من آن لآن رواية بوليسية » ، وبأنه « يتتبع لعب محترفي كرة القدم في موسمها على شاشة التلفزيون » .

فرانك دريك (Frank D- Drake) ، في الثلاثين . شاب متمرس محنك في مجال علمي جديد . كان من بين الستة الأوائل من الأمريكيين الذين حصلوا على دكتوراه الفلسفة في الفلك الإشعاعي — من هارفاد عام ١٩٥٨ . ولد بشيكاجو ودرس الفيزيقا الهندسية بكورنيل ووسع معلوماته الإلكترونية وهو بالبحرية . قاس ، وهو بالمرصد الإشعاعي الجديد بقرب فرجينيا ، أجواء السيارات . يحاول الآن استبانة رسائل إشعاعية أو (اللاسلكية) صادرة عن أو قادمة من مخلوقات عاقلة في الفضاء . زوجته اليزابيث مؤلفة موسيقية محترفة . وهو نفسه يحب العزف على الأكورديون ، كما يحب الصيد .

البيولوجيون :

سيوول رايت (Sewall Wright) في الواحد والسبعين . من النوادر بين البيولوجيين ، ورياضي ممتاز . أصبحت تحليلاته الرياضية لإحصائيات السكان الخاصة بالوراثة من المأثورات في مجالها وكان لها أثر كبير في شد أزر نظرية النشوء والتطور . ومن عام ١٩١٥ إلى ١٩٢٥ وهو يعمل في تربية المواشي بالولايات المتحدة بوزارة الزراعة . وبعد ذلك أثبت وهو بجامعة شيكاجو أنه يستطيع بالتربية المناسبة للسلالات إعادة إصبع الرجل الخامس (البنصر) إلى الخنزير الغيني أو الهندي بعد أن فقده منذ ملايين السنوات . استقر منذ عام ١٩٥٥ بجامعة وسكنسن .

هرمان مولار (Hermann J.Muller) ، في السبعين . يذكر الزمن الذي هوجمت فيه آراؤه عن الوراثة باعتبارها « إلحاداً » ، وهو الآن يبتسم

فى تفكهة — وفى قليل من الغضب أو الاستياء — عندما يسمع الشبان البيولوجيين يشيرون إلى هذه الآراء باعتبارها « مأثورة » . كان هو وألفريد استورتيفانت ضمن أنبه وألمع جماعة ساعدت معلمها توماس هنت مورجان فى توطيد دعائم علم الوراثة الحديث فى الفترة بين ١٩١٠ و ١٩١٥ . ومن أجل أعماله المتصلة بإنتاج متحولات اصطناعية فى ذباب الفاكهة حصل مولار على جائزة نوبل عام ١٩٤٦ . يقوم بالتدريس بجامعة إنديانا .

الفريد استورتيفانت (Alfred H. Sturtevant) ، فى التاسعة والستين . أنشأ وحسن أسلوباً فنياً « لرسم خرائط » الكروموسومات عام ١٩١٣ . وبهذه الوسيلة استطاع أن يقرن بعض الخصائص الخارجية الفيزيقية (مثل لون عين ذبابة الفاكهة) بجزء دقيق دون مكروسكوبى[١] من المادة الوراثية الموجودة فى الكروموسوم ولا يزال أسلوبه الفنى هذا أداة من أقوى الأدوات فى علم الوراثة. التحق استورتيفانت بهيئة التدريس بكالتك عام ١٩٢٨ . وإلى الآن لم يتقاعد ، فلا يزال يقوم بالتدريس ، وبدراسة ذباب الفاكهة . شغوف بالتجوال فى الولايات المتحدة بالسيارة ، وبجمع الحشرات على طول الطريق .

فرتز ليمان (Fritz Lipmann) ، فى الواحد والستين . أسهم بقدر كبير فى تفسير كيفية استخلاص الخلية وتناولها للطاقة التى تمدها بالحياة من أغذيتها ، ومن أجل هذا العمل شارك هانز أدولف كربس (Hans Adolf Krebs) فى جائزة نوبل عام ١٩٥٣ . ولد وتعلم وتدرب فى ألمانيا . وفد على الولايات المتحدة لاجئاً عام ١٩٣٨ . وفى المستنقع العام بماساشتس عام ١٩٥٧ كشف فى صبر وأناة هو ورفاقه ، النقاب عن الخطة التى تتبعها الخلية فى استخدام مركب معين بالذات غنى بالطاقة ، اسمه (ثالث فسفات الأدينوزين) ويرمز

---

(١) submicroscopic أصغر من أن يرى بالمكروسكوب .

له ث . ا ، [١] ، مع مادة أخرى غنية بالفيتامينات تسمى كوانزيم[٢] ، لكى تسدد معظم ما هى « مدينة » به من طاقة . ومنذ عام ١٩٥٧ ولبمان يعمل بمعهد أو مؤسسة روكفلر بمدينة نيويورك . يعترف بشىء يقرب جداً من الإشفاق أو القلق الدينى لإزالة ما فى الحياة من غموض وخفاء » .

جورج بيدل (George W. Beadle) ، فى السابعة والخمسين . كان يصح أن يكون اليوم مزارعاً لو لم يكن قد افتتن بشابة جميلة كانت مدرسة علوم بالمدارس الثانوية حضته على حضور الدروس بالكلية . فتوحاته العلمية الرئيسية هى : تبين أن الجينات تتحكم فى كيمياء الخلايا ، مؤيداً بذلك فرضاً كان قد صاغه قبل هذا بسنوات سيوول رايت وقلة أخرى من ذوى العقول المتنبئة . وفى عام ١٩٤٦ خلف توماس هنت مورجان فى رياسة قسم البيولوجيا بكالتك . وفى عام ١٩٥٨ شارك كلا من إدوارد تاتم ويوشع ليدربيرج فى جائزة نوبل .

ماكس دلبروك (Max Delbbruck) ، فى الرابعة والخمسين . كان فيزيقياً نظرياً بألمانيا أثناء الثلاثينات حينما ظهر اهتمامه بالبيولوجيا وتحول إليها . ربما كان أول من حلل المتحولات الجينية بوصفها حوادث ذرية تحكمها قوانين الاحتمالية لنظرية الكمة . قدم إلى الولايات المتحدة عام ١٩٣٧ ، وهو الآن بكالتك . لعله المسئول قبل أى إنسان آخر عن النظرية — أو « العقيدة » كما يحلو « لأتباعه » أن يسموها — التى تقرر أن الجزىء الأعلى أو المتفوق ح . د . ن . هو قلب الحياة النابض ، وهو نفسه لايزال متشككاً .

ألفريد هرشى (Alfred D. Hershey) ، فى الثانية والخمسين .

---

(١) adenosine triphosph ate A.T.P.

(٢) Coenzyme A.

مشهور بين علماء الوراثة بأنه قليل الكلام بدرجة مفرطة ، وبرشاقة تجاربه التى أجراها على الفيروسات والتى تمخضت عن الكثير مما يؤيد نظرية أن ح . د . ن. هى المادة الوراثية الحرجة أو الحاسمة . لكنه يسلم بأن عملية رسم الخطة الكيفية التى يمكن أن نحصل بها على مزيد من البرهنة على النظرية « هى التى تجعلنا نمضى فى سهر الليالى » ؛ ومنذ عام ١٩٥٠ وهو يعمل لمعهد كارنيجى بوشنطن بمعمله فى كولوسبرنج هاربر بلونج أيلاند الذى صار منذ عام ١٩٠٤ مركز زعامة الأبحاث الوراثية .

أرثر كورنبرج (Arthur Kornberg) فى الثانية والأربعين . دكتوراه فى الطب (من رتشستر عام ١٩٤١) حول نفسه إلى كيماوى حيوى ذى إحساس نادر بتأدية الواجب . اقتسم فى العام الماضى جائزة نوبل مع سفرو أكوا الذى قضى كورنبرج فى معمله الجامعى بنيويورك سنة يدرس الأنزيمات عام ١٩٤٧ . فتوحاته العلمية هى : أول إنتاج للجزىء العملاق ح . د . ن خارج خلية حية . هو الآن بمدرسة الطب بجامعة ستانفرد حيث يعمل كثيراً من الأحيان مع زوجته سلفى المتخصصة فى الكيمياء الحيوية . لهما ثلاثة أولاد .

سيمور بنزر (Séymore Benzer) فى التاسعة والثلاثين . يشبه دلبروك فى أنه نشأ فيزيقياً بالمران والتدريب . درس على الوراثة والفيروسات فيما بين عامى ١٩٤٧ و ١٩٥١ ، وهو فى إجازة من بيرديو ، بالاشتغال فى عدة معامل بما فيها معمل دلبروك فى كالتك : ولما عاد إلى بيرديو طبق على الجينات نفس الأساليب الفنية التى ابتكرها استورتيفانت عام ١٩١٣ لرسم خرائط الكروموسومات . أمدنا عمله فى صبر ودأب على ترليونات من الفيروسات بخرائط مفصلة إلى درجة بديعة لجزيئات ح . د . ن . التى تهيمن على وظائف الفيروسات .

يوشع ليدربرج (Yoshua Lederberg) فى الخامسة والثلاثين . من أشهر وأبرز جيولوجي عصره . كان يدرس الطب فى كولمبيا حينما رآه وعنى به إدوارد تاتم ، الذى كان يدرس عند ذاك فى ييل ، وغير مجرى حياته فتحول إلى البيولوجيا . اكتشف ليدربرج فى سن الواحد والعشرين مع تاتم الذكورة والأنوثة فى البكتريا ، وتلى ذلك أن أنتج ، بالتعاون مع زوجته إستر مرات عديدة ، تتابعاً أو تسلسلا من الابتكارات أو الاختراعات الهامة ، كما شارك فى جائزة نوبل عام ١٩٥٨ كلا من تاتم وبيدل . هو الآن بمدرسة الطب بستانفرد .

جيمس وطس (James Watson) ، فى الثانية والثلاثين . موجود الآن بهارفارد . ظفر بالتهليل والإكبار العلمى عام ١٩٥٣ حينما اقترح بالاشتراك مع فرانسز كرك(Francis H. Crick) الإنجليزى نموذجا عبقرياً لبنية ح . د . ن . كان هذا النموذج مثمراً بالنسبة للبيولوجيا بقدر إثمار نموذج « بور — رذرفورد » للذرة بالنسبة للفيزيقا منذ نحو أربعين سنة مضت . كان شغوفاً وهو صبي بمراقبة العصافير ، وهى « طريقة مبهجة للحصول على قبس من العلوم عندما يكون الإنسان صغيراً لم يثب عن الطوق » . حصل على دكتوراه الفلسفة فى إنديانا ودرس فى كالتك قبل أن يذهب إلى هارفارد .