الجزء الثاني

الكيماويون

ما فتئت الكيمياء فى هذا القرن تبدو فى مجموعة العلوم الطبيعية وهى توطد صلتها وتزيد فى تغلغلها المطرد فى الفيزيقا الحديثة من جهة ، وفى علم الحياة أو البيولوجيا من جهة أخرى . وقد أصبح الآن واضحاً أن الكيمياء تمسك بالمفتاح الموصل إلى علوم الحياة كما تقبض فى نفس الوقت على مفتاح رئيسى للقدرة الصناعية . ذلك لأن الكيمياء هى علم المواد ، علم التغير فى المواد والتبادل المستمر بينها ، وهما اللذان بدونهما لا يمكن تصور ولا تجسيد أو تجسيم الحياة أو الإنتاج أو الممكنية لو أى واحد من معالم الكون . فالواقع أن الكيمياء اليوم هو الوسيط العظيم بين كل العلوم ، يغذيها بالمتقدم المحسّن من المواد ومن المدركات فى جميع الاتجاهات .

ومع ذلك وصلت الكيمياء بحكم خطواتها الواسعة العظيمة فى السنوات الحديثة إلى مفترق طرق عظيم الأهمية ، فهى تواجه أزمة تختلف تماماً عن التى تواجهها الفيزيقا النووية ، ذلك أن الكثرة الهائلة . التى لم تُفسّر بعد للجسيمات أو الدقائق « الأساسية » هى والغموض والخفاء اللذان يحوطان قلب الذرة تتنبآن لنا باكتشافات لا تزال منتظرة عن الطبيعة النهائية المادة . والمعضلة بالنسبة للكيمياء هى أنها تبدو لكثير من الكيماويين مجالا يكاد يكون مستقراً ، مجالا استكشفت كل أساسياته ، والتنبؤ بما سيجرى فيه ممكن ، وإن كان لا يزال يفتقر إلى تهذيب كثير . ولكن لا يحتمل أن يحتوى على مفاجآت جديدة أساسية أو فى الصميم ، اللهم إلا عند الأطراف أو الحواف حيث تصطدم الكيمياء بعلوم أخرى وتتحد معها . وهذه كما يدرك الكيماويون حالة عقلية خطيرة فى أى علم من العلوم .

وإلى عام ١٩٢٠ لم تكن أمريكا قد حصلت إلاّ على واحدة فقط من جوائز نوبل فى الكيمياء ، نالها عام ١٩١٤ المرحوم تيودور رتشاردس

(Theodore Richards) من جامعة هارفارد على براعته فى حساب الأوزان الذرية للعناصر بدقة إلى ثلاثة أرقام عشرية . وفى نفس الفترة منذ عام ١٩٠٠ كان الألمان قد حصلوا على ٨ جوائز ، والفرنسيون على٣ ، والبريطانيون على ٢ . ومنذ عام ١٩٢٠ بينما حصل الألمان على ١١ من جوائز نوبل فى الكيمياء والبريطانيون على ٨ ، تقدمت الولايات المتحدة إلى الأمام وانتزعت رقماً محترماً هو٧ ولم يحصل الفرنسيون إلا على واحدة فقط . أما الروس فلم يحصلوا على جائزتهم الأولى إلا فى عام ١٩٥٦ وقد اشترك فيها مع نيكولاى سيانوف الروسى Nikolai N. Semenov السير سريل هنشلوود Cyril Hinshelwood البريطانى ، منحت لهما من أجل عمل فى اتجاه واحد فى مجال الكنيتيكا أو معدلات سرعة التفاعل ، التى لها صلة بكل منطقة الاحتراق والوقود والتفجرات ضمن غيرها من الأشياء .

فعام ١٩٢٠ إذن يمكن اتخاذه كنقطة بداية لها خطرها فى استعراض الكيمياء الأمريكية اليوم ، كما أمدنا هذا العام نفسه بنقطة لها خطرها أيضاً فى تقييم الفيزيقا الأمريكية . لقد تميز عام ١٩٢٠ بظهور جيل نابه من شباب الكيماويين الأمريكيين كان من أثر الجهود التى بذلوها أن تبوأت أمريكا لأول مرة مكاناً بين قادة العالم فى هذا العلم . ومن بين العشرة الواردين فى هذه الدراسة ينتمى نحو الثلثين إلى الجيل الخلاق الذى نشأ فى العشرينات والثلاثينات ، وقد ظفر ستة منهم بجوائز نوبل . وهم يختلفون عن أعظم فيزيقيينا تميزاً ، ومنهم نسبة مئوية كبيرة من أصل أجنبى أو تلقوا تعليما وتدريباً أوربياً ، إذ أن هؤلاء الكيماويين معظمهم من أصل أمريكى بحت . قدم عدد منهم ، تدهشنا كثرته ، من مدن صغيرة من الغرب أو الوسط الغربى لها أسماء مثل ردجفيل ، وإنديانا ، واشبمنج ، ومتشيجان ، وهم بوجه عام من أسر لها تراث ضئيل من الاحتراف أو التجارة ، ولعل ذلك راجع إلى أن النواحى

الحديثة العهد بالتعمير تبدت للغرب أكثر بريقاً ولمعاناً ، وكانت الكيمياء قد ظهرت فجأة فى الضوء الساطع للحرب العالمية الأولى كناحية جديدة تنادى طالباً للنمو والتقدم .

ويتميز عام ١٩٢٠ بأمور نافعة أخرى ، فهو يؤرخ بالضبط تقريباً وبأكثر من مجرد الصدفة البدايات الحقيقية للصناعات الكيماوية الأمريكية . فكل إنسان يعرف أن هذه الصناعات كانت فى هذه البلاد كمية مهملة قبل الحرب العالمية الأولى ، وتكاد تكون مفتقرة تمام الإفتقار إلى الكيمياء العضوية التى تتناول الحشد الهائل من المركبات الكربونية التى كان الألمان على علم تام بها ، والتى بنت عليها الولايات المتحدة بعد هذا التاريخ أكبر الصناعات الكيماوية فى العالم. فالاكتشافات الأساسية فى الكيمياء كانت تتخذ طريقها بأسرع ما يمكن إلى الصناعات ؛ لأن كليهما يشتغل بتناول المواد . وعلم الكيمياء قد أخذ يصير شيئاً فشيئاً وباطراد المحور الذى يتوسط كل تقدم صناعى . ولكن الفكر الأساسية يجب أن تأتى أولا . وعام ١٩٢٠ يكاد يؤرخ بدايات الانتقال العظيم البارع من الآراء المأثورة لكيمياء القرن التاسع عشر إلى مايصح أن يسمى الكيمياء الحديثة التى تدفعها وتستحثها الفيزيقا الجديدة . وقد أسهم فى هذا الانتقال ، كما سنرى فيما بعد . رجال العلوم الأمريكيون المتميزون الذين استعرضوا هنا ، باكتشافات بارعة مشهورة وبفكر ومدركات أساسية بالغة الدقة وحاسمة .

وقد أنجبت الولايات المتحدة كيماويين يضارعون أعظم الكيماويين الأوربيين فى الماضى ، ولكن قادة العلوم بوجه عام يقلقهم ، إلا فيما يتعلق بالكيمياء الحيوية ، ما يبدو من أنه لا توجد اليوم كثرة من عقول فنية من الطراز الأول فى الكيمياء كالتى تفخر وتزهو بها فيزيقا الولايات المتحدة ،

كما تقلقهم وتزعجهم أمور أخرى كناخنا التربوى والعقلى ، وتخلفنا فى الأبحاث الأساسية . وظاهر أن الولايات المتحدة متفوقة ومتقدمة على روسيا ، ولاسيما فى الكيمياء الحيوية ، ولكنها متخلفة إلى حد بعيد عن بقية البلاد الأوربية فى توليد الآراء والفكر الابتكارية .

وحين ظهر شباب الأمريكان على المسرح فى بواكير العشرينات كان العصر العظيم للكيمياء قد مضى وولى منذ زمن بعيد . ومن المؤكد أن معظم الاكتشافات الخالدة الارتيادية كانت قد تمت كلها تقريباً فى أوربا . ففى القرن والنصف التاليين لتعرف أنطوان لا فوازييه (Antoine Lavosier) على الأكسجين وبدء الفكرة الحديثة عن العناصر ، كانت الصور العظيمة لعلم الكيمياء قد وضعت بكامل نظامها وجلالها وعظمتها بعد جهود مضنية . وفى بواكير نهاية هذا القرن كان علم الكيمياء قد تشكل إلى نسيج من الاكتشافات الأساسية كالأبلكاش السميك تغشاه فوق ذلك خيال الفيزيقيين المذهل وتصورهم للذرة العنصرية كمركب من كتلة طاقة ضئيلة معقدة لها نواة كثيفة فى الوسط تكملها حاشية من الإلكترونات تدور فى أفلاك حولها .

وتختلف الكيمياء عن الفيزيقا الحديثة فى أن هذه نمت وتحسنت وتطورت فى خط واحد مستقيم تقريباً من البحوث الذرية فى عصرنا بينما نمت الكيمياء وتطورت فى عدة خطوط أو اتجاهات ، الأساسية منها هى : أولا خلق فكرة جديدة أساسية للكيفية التى بها تترابط الذرات لتكون الجزيئات ، تسمى النظرية الإلكترونية للرباط الكيماوى . وثانياً موالاة هذه النظرية عملياً وتطبيقها على تكوينات واستعمالات كيماوية يتزايد تعقدها شيئاً فشيئاً . وأخيراً ازدياد انغمار البحث الكيماوى وإندماجه مع البحوث الفيزيقية والبيولوجية وغيرهما من العلوم الأخرى المتصلة بالحياة والتى تكمن فيها احتمالات للمستقبل عديدة وكبيرة .

الرباط العظيم

تبدأ القصة فى بواكير العشرينات عند ماكان فى المعهد التكنولوجى بكاليفورنيا طالب شاب ذكى نابه أزرق العينين من ولاية أوريجون يدعى لينوس كارل بولنج (Linus Carl Pauling) . ولد فى بورتلند بأورجون عام ١٩٠١ لأب صيدلى مات عندما كان سن ابنه تسع سنوات . قضى بولنج صباه مستغرقاً فى جمع المعادن . وفى سن مبكرة تصدى لبعض التجارب الكيماوية ، والتحق بقسم الكيمياء الهندسية بكلية ولاية أوريجون « بدا لى أنها الطريقة الوحيدة لكسب عيشى مع الاستمرار فى معالجة الكيمياء » . وبعد أن حصل على درجته الجامعية عام ١٩٢٢ ظفر بالدكتوراه فى كالتك عام ١٩٢٥ ، وواصل الدراسة العالية بعد الدكتوراه على منح ظفر بها فى ميونخ وزيورخ وكوبنهاجن ليكون لنفسه معرفة متينة فى الفيزيقا ، وكان ذلك بالضبط فى وقت امتلأ فيه جو الكيمياء بالآراء الجديدة : وكانت الشرارة التى أطلقت بولنج للعمل الجدى ورقة بحث كتبها عام ١٩١٦ كيماوى جامعة كاليفورنيا العظيم جلبرت نيوتن لويس (Gillert Newton Lewis) . ويقول بولنج « عندما قرأتها أيقنت أننى قد صرت منذئذ أهتم قبل كل شىء بالعمل فى التنقيب عن طبيعة الرباط الكيماوى أو فطرته » .

ومنذ اكتشاف الإلكترون والقشرة المدارية للإلكترونات حول الذرات تملكت الكيماويين شكوك قوية بأن هذه الجسيمات تلعب بكيفية ما دوراً نشيطاً فى كل تفاعل أو إتحاد أو تغير كيماوى . وتقدم كثير من رجال العلوم بآراء عن كيفية حدوث الاتصال الإلكترونى بين الذرات ولكن نواة الفكرة الحقيقية تبدت فى بحث لويس . كان معلماً بارعاً فذا ، لعله هو وروجر أدامز (Roger Adams) من جامعة إلينوى اللذان

بثا الحمية والحماس فى عدد من الكيماويين الناشئين فى تلك الفترة بقدر يربو على الذى حسهم غيرهم به . كان لويس رجلا من رجال العلوم يضعه البعض فى مرتبة تسمو على مرتبة القليلين من الذين كللوا بالغار فشرفوا بجائزة نوبل . لقد اقترح أن المكنية[1] الرئيسية لاتصال الذرات معاً هى الاشتراك فى إلكترونين بين ذرتين بحيث تندمج قشرة إحداهما فى قشرة الأخرى مكونين رباطاً إلكترونياً قوياً سماه الرباط الكيماوى .

لقد قدر لكل تقدم تقريباً أحرزته الكيمياء العضوية ولازدياد ما فيها من دقة تكوينه فى الثلاثين سنة التالية أن يكون ثمرة لفكرة الرباط الكيماوى هذه ، وسرعان ما أضاف إليها آخرون . وكان من المساهمين الأساسيين الأوائل المرحوم ارفنج لانجموير (Irving Langmuir) الباحث العظيم فى شركة جنرال إلكتريك الذى مات عام ١٩٥٧ ، وأحد رجال العلوم القليلين الصناعيين الذين ظفروا بجائزة نوبل . على أن نظرية الرباط الكيماوى لم تستطع التقدم بخطى بعيدة إلا بعد عام ١٩٢٥ بقليل ، ففى ذلك الوقت وضع الفيزيقيون نظرية الكمة لتخدم بالرياضة ما يحدث داخل الذرة من حوادث صغيرة غير متوقعة الخدمة التى قامت بها الميكانيكا النيوتونية لأضفاء النظام على المجموعة الشمسية . وكان بولنج هو النجم الذى قدر له أن يربط ميكانيكاً الكمة بالكيمياء .

وفى خلال العشر السنوات بين ١٩٢٨ و ١٩٣٨ ، بعد عودته إلى كالتك ليصبح عضواً ثابتاً فى هيئة التدريس بها وسع بولنج فكرة لويس توسيعاً عظيما ، فى سلسلة من أوراق بحوث بدأت عصراً جديداً متناولا كذلك طرازات أخرى من مكنيات الرباط الإلكترونى ، ومطبقاً النظرية

---

(١) Mechanism

الإلكترونية لا على تكوين الجزيئات فحسب بل كذلك على البلورات وعلى الأشكال الهندسية التى تتخذها الذرات فى المعادن وفى غيرها من المواد الصلبة . وكانت إحدى براءاته تطبيق فكرة ميكانيكا الكمة عن الرنين على تحليل التكوينات الجزيئية ممثلا الحالة الإلكترونية للجزىء بواسطة تراكب عدد من حالات أبسط لتتكون منها صورة مركبة شاملة ، وبمثل هذه الوسيلة ، وبمساعدة أجهزة جديدة أمدتنا بها الفيزيقا ، من الخيود الشعسينى (أى خيود الأشعة السينية) إلى تعيين الأطياف النووية المغنطيسية ، حصل بولنج على صورة أوفى وأكمل لتكوينات الجزيئات ، وبذا وضع الأساس الذى بنى عليه التقدم والتطور التالى فى الكيمياء الصناعية . واستمرت بعض المقاومات للآراء الجديدة الغريبة قائمة ، وحدثت مهاجمة على بعض معالمها « الاعتباطية » . وفى الواقع لم يكن قد تم بعد وضع معادلات الكمة كاملة إلا للأيدروجين وحده . وأما باقى المعادلات فكانت تقريبية فقط . ولكن فكرة الرباط الكيماوى سرعان ما ظفرت باعتراف الجميع بها (وظل الكيماويون الروس عدة سنوات حوالى عام ١٩٥٠ مضطرين إلى رفض نظرية الرباط الكيماوى لعدم تمشيها مع المادية الجدلية[1] ، وهى تدخل سياسى تخلفت بسببه الكيمياء الروسية عن باقى العالم سنوات ، ولم تتحرر منه لتلحق بالركب إلا الآن فقط) . ومن أجل هذا العمل الضخم العظيم الذى جمع عام ١٩٣٩ فى الكتاب المأثور المعترف به الآن وهو « طبيعة الرباط الكيماوى » تلقى بولنج جائزة نوبل عام ١٩٥٤ .

واصل بولنج متابعة آرائه بنشاط فى اتجاهات عديدة . وكان يقول : إن خير وسيلة للحصول على فكرة جيدة هى أن يكون لدى المرء أفكار كثيرة » .

---

(١) dialectical materialism

وفى عام ١٩٣٤ بدأ دراسة هموجلوبين الإنسان أى جزىء البروتين المارد الذى يحمل الأكسجين فى الدورة الدموية ، لكى يبدأ حملة على تكوين البروتينات التى طالما جد وراءها الباحثون ، والتى هى القوام الأساسى للمادة الحية كلها ، كما بدأ دراسة المعادن والسبائك ، وأنشأ نظرية للتكوين الإلكترونى كانت موضع جدل ونقاش ، ووضع كذلك نظرية جديدة المغنطيسية . وفى عام ١٩٤٠ طلع على الناس بنظرية عن تكوين الأجسام الضديدة[١] — وهى بروتونات يصنعها كائن حى للتغلب على الأمراض التى تغزو جسمه — مفسراً طبيعة رد فعل السِّيرم . وبعد خدمة استشارية ثقيلة أثناء الحرب العالمية الثانية ، بشأن المواد والأجهزة الجديدة ، بما فيها المفرقعات نال من أجلها « مدالية الرياسة للاستحقاق » سرعان ماعاد إلى آرائه الخاصة عن التكوين .

وفى عام ١٩٤٩ وضع بولنج ومجموعة الباحثين معه إصبعهم على شذوذ تكوينى يظهر فى بعض جزيئاته الهموجلوبينية ، ربطوا بينه وبين أنيميا السقم ، وهى مرض دموى وراثى يسبب الضعف والوهن . وكان هذا أول ربط مباشر بين أحد الأمراض وبين عيب جزيئى معين . وهو الآن يتابع فكرته مركزاً تمام التركيز تقريباً على محاولة اقتفاء أثر الرباطات الجزيئية ليصل بها إلى أمراض عقلية وراثية . وفى عام ١٩٥٣ استطاع هو وأحد صحابته ، روبرت كورى (Robert B. Corey) الذى يشتغل فى بحث الفضلات البروتونية فى العضلات ، أن يبنيا أول نموذج لجزىء البروتين ، وهو لولب محكم أومتين لمجموعات الأمينات الحمضية فى طول وحدات كثيرة ومئات الآلاف من الذرات ، ومن هذا سرعان ماقفزا إلى اقتراح أن البنية الداخلية

---

(١) antibodies

لحامض الديا كسيريبونيوكليك أو (ح . ر . ن) التى لم يسبق لأحد أن يتصورها ، وهى المادة التناسلية التى يعتقد أن الحياة كلها تتوالد من جديد وفقاً لسننها السرى — لابد أن تكون حلزوناً ثلاثياً معقداً ، هو ما كان القدماء يسمونه « لولب الحياة » [١] وقد تصحح هذا الحدس العنيف تصحيحاً جوهرياً فى نفس العام على يد شابين من رجال العلوم يعملون فى بريطانيا ، هما كرك (F. H. C. Crick) وجيمس وطسن (James D Watson) الأمريكى (الذى يعود إلى الظهور فى الجزء الرابع من هذا الكتاب) اللذان وصلا إلى اكتشاف أن الجزىء حلزون مزدوج [٢] .

كانت اهتمامات بولنج الواسعة المدى ، ذات الطابع الإنسانى والنزعة الفلسفية والتى تمرق مسرعة من الفيزيقا عبر الكيمياء إلى البيولوجيا ، تمثل خير تمثيل طراز اهتمامات العلامة البحاثة الذى كانت أوربا تنتجه بكثرة تفوق إنتاج الولايات المتحدة له . كان بولنج واسع الاطلاع والقراءات (بما فى ذلك كثير من القصص « المذهل ») . يهتم بالتراسل والتحدث (« أحب الكلمات وأستخدمها استخداماً دقيقاً مضبوطاً ») عن الفن (الرسوم الزيتية للجزيئات ، والتجريدات التخيلية ، والموقف [٣] الذى حول مكتبه الذى يسبق عصره بحداثته) ، ويستطيع التجول بسهولة بين قصص سنو وآرائه وبين السلم وحالة العالم وألبرت شفايتزر (Albert Schweitzer) وقد زاره فى العام الماضى — ثم يعود ثانية إلى نظرية جديدة له عن الخدر والتخدير مفسراً لأول مرة كيف تؤثر المخدرات على الشعور ، كل ذلك على أساس جزيئى » .

وبعد الحرب العالمية الثانية أحس بولنج فجأة ، كما أحس كثير غيره من رجال العلوم ، بوخز الضمير بسبب أسلحة التدمير ومعدات الأفناء التى ابتدعتها

---

(١) Spiral of life (٢) double heli (٣) Stand

العلوم فنصب نفسه من بداية عام ١٩٤٥ للدفاع عن كل حركة تقريباً تستهدف السلم العالمى وتعضيدها والسماح بذكر اسمه فى تأييدها . وحين أعلن فوزه عام ١٩٥٤ بجائزة نوبل ، وكانت السلطات قبلها ببضعة أشهر قد رفضت إعطاءه جواز سفر إلى الهند وغيرها من بقاع الأرض التى كانوا يرون أن زيارته لها غير مرغوب فيها . تغيرت المعاملة بسرعة بصدور قرار من السلطات بالسماح له بالذهاب إلى ستكهلم لتقبل الجائزة . وكان كثير من الحركات التى يؤيدها يسارية ، إن لم تكن لها صبغة شيوعية . وقد دافع عن رجال علوم آخرين اتهموا بأنهم هدامون مدمرون ، واشتبك مع لجنة المناشط غير الأمريكية (أو اللاأمريكية) . وفى عام ١٩٥٧ هبت عاصفة أعتى من هذه حين أشعل بولنج حرباً صليبية شعواء ، وهو سادر وماض فى معتقداته العنيدة ، من أجل وقف تجارب القنابل النووية وفى عام ١٩٥٨ حشد ٩٢٣٥ توقيعاً لرجالات علوم علميين ، ومنهم ٣٦ ظفروا بجائزة نوبل ، على التماس لوقف تلك التجارب ، بل وحض بنفسه على إقامة دعوى « مواطن » لم يسبق لها مثيل ضد موظفى الحكومة الأمريكية تستهدف منع هذه التجارب ، دعوى اعتادت المحاكم رفض مثيلاتها منذ ذلك الحين .

الجزيئات تصبر عمالقة :

بينما كان بولنج وآخرون يحسّنون ويطورون نظرية الرباط الكيماوى العظيمة كان هناك اتجاه آخر لتطور كيميماوى قوى يحدث بالفعل ، وكان لهذا الاتجاه أهمية صناعية مباشرة لأنه كان هجوماً على تكوين الجزيئات المركبة التى منها تتألف مواد طبيعية مثل السليلوز والمطاط ، وانتهى بالصناعة إلى مجال تخليق بحت لألياف النسيج وللدائن وللمواد المرنة . وقد جاءت معظم البذور التى تحمل الآراء التى فى هذا المجال من أوربا ، ومن رجلين هما : هرمان

شتاودنجر (Staudinger) الألمانى الذى ظفر بجائزة نوبل عام ١٩٥٣ من أجل نظريته عن الجزيئات الكبيرة[١] . وهرمان مارك(Herman Mark) النمساوى الأصل الذى وضع تكوين جزيئات السليلوز والمطاط على أساس مستقر ، وابتكر معادلات وأساليب فنية تستخدم فى التطبيق الاقتصادى لنظرية شتاودنجر فى الصناعة .

كانت العقبة الرئيسية التى لا مناص من التغلب عليها لضمان تطور الجزيئات الكبيرة هى فكرة القرن التاسع عشر القديمة التى تصور الجزيئات كتكوينات صغيرة دقيقة مقفلة يعبر عنها بصيغ جبرية بسيطة ، وانتهى هذا بالكيماويين إلى بحث غير مثمر عن أصغر « جزيئات أساسية » للسليلوز والمطاط وما أشبه . كانت نظرية شتاودنجر تقول بأن هذه المواد مؤلفة من جزيئات كبيرة تتكون من مجموعات أو وحدات صغيرة متكررة من الذرات مترابطة بعضها مع بعض فى سلاسل غير محددة الطول الذى يقدر بمئات أو آلاف من الذرات ، ولم يكن فى الاستطاعة تدوين صيغ جبرية مقفلة لها ، وكان هذا التكوين الطويل الشبيه بالسلسلة هو الذى أكسب تلك المواد خواصها المميزة لها بوصفها أليافاً أو لدائن أو مواد مرنة .

وباتباع هذه النظرية ، وبالاستعانة بتفاعلات كيماوية جديدة معينة ، عثر مارك عام ١٩٢٩ على طريقة لوصل وحدات مادة كيماوية وعضوية بسيطة هى الأستيرين حتى تصير جزيئات طويلة التسلسل تكون أحد اللدائن المتينة المسمى بوليستيرين . وكان هذا أول اللدائن الذى تم تخليقه عمداً ليحاكى التكوينات الطبيعية .

وقد استطاع مارك الذى لا يزال إلى الآن فواراً دائب الحركة برغم سن

---

(١) Macromolecules

الخامسة والستين ، أن يفلت من سلسلة مطاردات طويلة من تدبير هتلر ، وانتهى به المطاف إلى الولايات المتحدة عام ١٩٤٠ . وفيها أسس معهد الأبحاث البليميرية فى معهد بروكلن البوليتكنيكى . ويلعب مارك اليوم فى الولايات المتحدة دور ناقل الآراء العظيم .

وفى السنة السابقة لابتداع مارك للبوليسترين بدأ د يبونت (du Pont) فى الولايات المتحدة حملة دراسية لبحث أساسى معظمه على الجزيئات الكبيرة مستأجراً له قائداً هو الكيماوى الهارفاردى الشاب النفاذ والاس هيوم كاروذرس (Wallace Hume Carothers) ، وهو نتاج إلينوى التى درس فيها على روجر أدامز . كان هو البادىء بتكوين قدر عظيم جديد من المعلومات المتصلة بتكون الجزيئات الكبيرة ، ساعدت فى ابتداع النيوبرين ، وهو أول مطاط مخلق أو تخليق ناجح ، وخلق ادائن أخرى . وأبهر عمل بارع قام به هو اكتشاف مجموعة من البلياميدات صارت فيما بعد النايلون ، وهو أول ألياف مخلقة صرفة : وقد انتهى الأمر بكاروذرس الرجل العجيب المتقلب المزاج الذى كانت تعتريه نوبات حزينة عميقة الأثر ، إلى أن وضع بالانتحار حداً لسيرة حياة كان يقدر لها أن تبلغ العظمة .

إن تصميم الجزيئات الكبيرة لتتحول إلى مواد ذات خواص معينة قد بلغ اليوم مرحلة عظيمة من المهارة والتنويع . فلدينا الآن مالا يقل عن دستة من الادائن والألياف الرئيسية . وهذا التفصيل نفسه للجزيئات (حسب الطلب) قد امتد فى اتجاهات باهرة أخرى ، إحداها كيمياء السطح التى تتناول التفاعلات عند الأوجه المتلاقية (أو السطوح المتلامسة) للمواد .

ومن أجل عمله فى هذا المجال منحت عام ١٩٣٢ جائزة نوبل لإرفنج لانجمويز (Irving Langmuir) الذى اتسع مدى دراساته من تأثير

الغازات فى المعادن (الذى انتهى إلى المصباح الكهربائى المملوء بالغاز) وتأثير شرائح الجزيئات على السوائل (الذى أوصلنا إلى أساليب فنية بيولوجية جديدة) ، إلى تكثيف البخار على بلورات معدنية ضئيلة الحجم (الذى قادنا إلى التجارب الشهيرة لتكوين المطر) . وتكمن كذلك كيمياء السطح هى والجزيئات الكبيرة وراء المجال المزدهر لكل من المطهرات ورشاشات الشعر ومواد اللصق القوية الجديدة المستخدمة فى وصل الأشياء كلها بعضها ببعض ، من المنازل إلى الطيارات النفاثة والصواريخ .

وأشهر المعماريين فى الإنشاءات الجزيئية هو روبرت بيرنز وودوارد (Robert Burns Woodward) الذى ولد فى بوسطن من أسرة متوسطة ليس لها اهتمامات علمية لكنه لما بلغ الحادية عشرة كان له معمل فى بيته ، وسرعان ما استهواه اللغز الطويل الأمد ، لغز تخليق الكينين . « لقد تعلمت معظم كيميائى من ذلك » . كانت له فى مساشتس سيرة حياة لامعة بالمعهد التكنولوجى ، وسرعان ما حصل على دكتوراه الفلسفة فى الكيمياء فى أربع سنوات لا أكثر ، انغرست فيها أثناءها اهتمامات جانبية فى الرياضة وفى فقه اللغة . وفى عام ١٩٣٧ وهو فى سن العشرين التحق بهيئة التدريس بجامعة هارفارد ولا يزال بها إلى الآن .

كان أول عمل بارع قام به وودوارد هو إتمام مشروع صباه لتخليق الكينين عام ١٩٤٤ ، وبعدها بسرعة خلق الكورتيزون والكولستيرول وغيرهما من الاستيرويدات والاستركنين وحامض الليسيرجيك والرسربين (المهدىء المشتق من جذر نبات هندى) — وكلها جزيئات بيولوجية كبيرة الحجم ومرعبة التعقيد . وبعقل له من الهدوء والنظام ما لمكتبه ذى الألوان الزرقاء البادئة والرمادية والبيضاء أنشأ نظرية التكوين العضوى كما تطبق

على التخليق بكيفية جعلت من معمله كعبـــة يحج إليها الطلاب الأجانب (فمن ١٥ طالب دكتوراه يدرسون تحت إشرافه لم يكن فيهم سوى أمريكى واحد) . وآخر عمل بارع قام به ، وقد يكون أخطر ما حدث فى التخليق الكيماوى فى هذه البلاد ، هو التخليق الكامل للكلوروفلا — الجزىء المارد الأخضر المعقد بدرجة هائلة الموجود فى النباتات الحية والذى يقوم بالعملية الحيوية الرئيسية ، عملية التخليق الضوئى — وهى مهمة تصدى لها وظل يشتغل بها منذ عام ١٩٥٦ . وهذا بالتخليق يعتبر براعة عملية بحتة ، إذ لا يوجد أحد يبغى صنع الكلوروفلا ما دامت النباتات الخضراء تصنعها بهذا الرخص . ولكن وجود نسخة أخرى من تكوينها قد تتقدم بفهمنا للكيفية التى تعمل بها هذه الخلايا الخضراء ، وهو تقدم له خطره العظيم جداً من الناحيتين الصناعية والغذائية .

ومن الخطأ أن نظن أن كل المعضلات فى التخليق وفى الانتاج للجزيئات الكبيرة بالجملة قد حلت . ويرى ودوارد مكاناً فسيحاً لتقدم أبعد من هذا فى النظرية الكيمياوية البحتة . وعلاوة على هذا فإن غير المتوقع يجب دائماً أن يتوقع . ومثال ذلك الظهور المفاجىء عام ١٩٥٣ لفكرة جزىء ذى وضع تجسيمى معين[١] أى أن له ترتيباً محكماً أو نظاماً مضبوطاً ذا أبعاد ثلاثة فى الفضاء لجزيئات طويلة التسلسل ليحقق للدائن خواص أفضل من السابقة . كان معظم ذلك من عمل جوليليوناتا (Guilio Natta) الإيطالى الذى استخدم حفازات أو عوامل مســـاعدة من اكتشاف كارل تسايجلر Karl Ziegler الألمانى . وقد كان هذا بالنسبة لصناعة الولايات المتحدة للدائن التى كان تفوقها فى هذا الميدان واضحاً ، مفاجأة صدمتها ، ولم تكن

---

(١) Stereospecific .

الولايات المتحدة أسرع بكثير من الاتحاد السوفييتى فى الوصول إلى هذه المواد الجديدة وائتلافها .

رداء العلوم الذى لا ينفصل :

إن أبعد نواحى العلوم الكيماوية مدى اليوم هو تحول قادة العقول فيها نحو الجانب البيلوجى أو الجانب الفيزيقى من العلوم ، القائم على أساس عظيم من الكيمياء . فى كل مكان نجد انصرافاً عن مقاصير القرن التاسع عشر القديمة ، انصرافاً يصعّب بل يحول دون وضع خطوط فاصلة بين مختلف العلوم لأنها تقترب شيئاً فشيئاً من الرداء المحبوك الذى لا ينفصل .

نجد فى الجانب الفيزيقى أبرز شخصية فى البلاد هو الهولندى المولد بيتر ديبى (Peter. W. Debye) الأستاذ غير المتفرغ بجامعة كورنيل . فر عام ١٩٤٠ إلى الولايات المتحدة من ألمانيا وكان يرأس ببرلين معهد القيصر ولهلم القديم الشهير للفيزيقا حيث كانت له سيرة حياة طويلة أوصلته إلى جائزة نوبل عام ١٩٣٦ ، منحها من أجل تحسين وتطوير آلات قوية للفيزيقا التخيلية أو التصورية ، وأهمها الأشعة السينية لسبرغور الحالة التى عليها الجزيئات من ناحية بنيتها ، وكذلك وضع اسمه على قانون جديد للتحاليل . ومع أنه أساساً فيزيقى فقد أسهم مساهمات أساسية أخرى فى الكيمياء . وكان له فى الولايات المتحدة نفوذ واسع المدى كمدرس وكأستاذ قديم محترم فى الكيمياء الفيزيقية .

وعالم آخر كان له نفوذ فى الجانب الفيزيقى من الكيمياء هو وليم فرانسن جيوك (Willam Francis Giauque) الذى ينتمى إلى جامعة كاليفورنيا فى بركلى ، وقد ظفر بجائزة نوبل عام ١٩٤٩ . كان فى عام ١٩٢٤

حديث عهد بالخروج من تحت وصاية جلبرت لويس التى فطمته عن دراسة الهندسة إلى دراسة الديناميكا الحرارية عندما تملكته فكرة أن المادة التى تسخن تحت المغطسة قد تساق إلى ما يقرب من الصفر المطلق (٦٧ ر ٤٥٩° فهرنهيتية) إذا ما نزعت منها أو سلبت مغطستها فجأة . ولضآلة ميزانية البحث التى كانت تحت تصرفه أمضى جيوك عشر سنوات كلها معوقات فى تجميع مغنطيس نحاسى صغير ذى ٨٠٠٠ جاوس للبرهنة على هذه الفكرة ، كما صرف ٢٥ سنة أخرى — إلى عام ١٩٥٨ حين صارت الميزانية أفسح وأروح — حتى حصل على مغنطيس بالحجم الذى كان يرغب فيه أصلا ، مغنطيس ١٠٠ر٠٠٠ جاوس ، تكلف نحو مليون دولار . وفى البرودة الخيالية السائدة فى تجويفه البالغ ٤ بوصات أبرد ألف مرة وأقرب إلى الصفر المطلق من أى برودة تحققت قبل ذلك صارت الغازات جامدة ، وإذا بالمواد التى تبدو عديمة الجدوى من حيث التوصيل والمغطسة تصير مفرطة التوصيل والمغطسة (موصلة وممغطسة فوق العادة) وأمكن دراسة الجزيئات عند القاع الصخرى ذى النهاية الصغرى للإنتروب[1] (درجة الفوضى) ومن هنا يستطاع عمل رسم بيانى للخواص الحرارية الأساسية للتركيبات تصاعدياً عبر جميع الحالات ، كما يستطاع القيام بتنبؤات دقيقة مضبوطة عما إذا كان تفاعل ما مرغوب فيه سيحدث أم لا ، وهى معلومات عظيمة القيمة للبحث العلمى وللصناعة فى النهاية .

على أن الاهتمام الأساسى لجيوك لم يكن منصرفاً إلى رسم الخرائط بل إلى التعمق فى دراسة المواد فى درجات حرارة منخفضة ؛ مستبعداً بذلك طبقة أخرى كانت تحجب الفطرة الأساسية للمادة . ومن بين اكتشافاته الأولى ملاحظته أن خطوطاً طيفية ثلاثة باهتة يبديها الأكسجين ويعرف أنها تظهر فى ضوء الشمس فى الجو ، وهى تشير فى الواقع إلى وجود صورتين ثقيلتين

---

(١) entropy .

غير معروفتين (أو نظيرين) للأوكسجين وقد أدت هذه الملاحظة برجل آخر إلى اكتشاف آخر شهير .

كان هارولد كليتين يراري (Harold Clayton Urey) عندئذ بجامعة كولمبيا ، وهو الذى انتفع بهذه الإشارات (أو الإيعازات) وغيرها من الإشارات إلى وجود النظائر . وفى عام ١٩٣١ نجح بعد لأى فى فصل نظير للأيدروجين ثقيل على صورة « ماء ثقيل » ، ومنح من أجله جائزة نوبل عام ١٩٣٤ . كان ابناً لأحد رجال الكنيسة ، ولد وترعرع فى ووكرتن بإنديانا ، ثم انتقل فى سن التاسعة عشر إلى منتانا ، وهناك فى جامعة الولاية تفوق فى علم الحيوان بإيحاء من أحد علمائه الذى تعلم فى كمبردج ولم يتفوق فى الكيمياء . تخرج فى الوقت المناسب بالضبط للقيام بخدمة محدودة ككيماوى صناعى فى الحرب العالمية الأولى . وبعد انتهاء الحرب هرع يورى إلى التدريس بمنتانا ومنها إلى كاليفورنيا ليتتلمذ للويس ، ثم إلى الدانمارك ليتتلمذ للعالم الفيزيقى العظيم نيلزبور ، ومنذ ذلك الحين أخذ يشعر بأنه قريب جداً من الفيزيقا .

وبعد أن تبين أن الماء الثقيل مهدىء لا يقدر بثمن فى عملية تحسين تطوير القنبلة الذرية ازداد يورى قرباً من الفيزيقا ، وترأس جماعة ذرية فى القمة أثناء الحرب العالمية الثانية ، وفى نهايتها ، وقد تعب من فصل النظائر ، قفز إلى خليط عجيب من الفلك الفيزيقى الكيماوى . ومنذ عام ١٩٥٦ وضع نظرية جديدة عن تكون السيارات والمجموعة الشمسية — « لا على سبيل الاستجابة لخيال كان تصوره من قبل عن الكون » ، وإنما كمحاولة حذرة مرتابة لترضى الحقائق وإشباعها ، كما أنه قفز أيضاً إلى السياسة كدمقراطى مُصِرٍّ يتبع آراء كلارنس ستريت (Clarense Streit) الخاصة بالاتحاد الأطلنطى ، وصدرت منه تعبيرات حرة راديكالية سببت له متاعب واشتبكات مع لجان

التحقيق والاستقصاء مع جماعات وطنية .

وهناك من ذهب إلى مدى أبعد من يورى فى الفيزيقا ومن نال عام ١٩٥١ جائزة نوبل فى الكيمياء ، وهو جلين تيودور سيبرج . اكتشف هو ومصاحبوه البلوتونيوم وثمانية عناصر مشعة اصطناعية أخرى فوق اليورانيوم . رجل طويل خشن مشعث حاد ، نصب نفسه فى تواضع كمثل لصبي متوسط الحال ليس له سند أو خلفية علمية ، بل ولا موارد فى إشبمنج التى يسكنها بمتشجان ، ومع ذلك استطاع أن يشق طريقه إلى العلى فى العلوم . وفى عام ١٩٥٨ نصب مديراً لجامعة كاليفورنيا ببركلى . وفى عام ١٩٥٩ كان أول كيماوى ظفر بمنحة فرمى التى تبلغ ٥٠٠ر٠٠٠ دولار والتى رصدتها وكالة الطاقة الذرية و . ط . ذ .

وقد يكون اسم سيبرج فى آخر قائمة عظماء المكتشفين للعناصر الذين يمتد بهم العهد إلى تاريخ بالغ القدم . وفى قمة نهاية الجدول الذى ، فيما وراء اليورانيوم نجد العناصر الجديدة وهى تزداد عدم استقرار وقصراً فى العمر بحيث لا ينتظر أسر كثير منها والتعرف عليها قبل أن تنفتت . ومع ذلك فإن لدراستها أهمية أساسية فى الفيزيقا النووية . وتتضمن هذه الدراسة الكثير من الكيمياء الصعبة ، وتصل بنـــا إلى إمكانيات جديدة غريبة فى التفاعل الكيماوى .

الكيمياء ومشاكل الحياة :

ظلت الكيمياء فى طريق الانغمار والاندماج فى البيولوجيا إلى أعمق حتى من انغمارها فى الفيزيقا . ويقول بولنج « إن أكبر المشاكل الباقية لدى الكيمياء متصلة بالحياة أى بالنظم البيولوجية » . ثم إن ماتحدثه الفتوحات أو الاقتحامات

العلمية العظيمة من إثارات وتوقعات وشبكة يحتذب كثيراً من العقول التى فطرت على أقصى حد من الإقدام والمخاطرة — ورجال الكيمياء البيولوجية موقنون بأن مثل هذه الفتوحات والاقتحامات فى ميدانهم ستفوق فى القريب العاجل أى شىء مما ينتظر حدوثه من مثيلاتها فى ميدان البحوث الفضائية .

ومن القادة بين الشبان المخاطرين ذوى الأقدام ملفن كلفن (Melvin Calvin) الذى يبلغ التاسعة والأربعين من العمر والذى يتزعم جماعة عددها نحو الأربعين بجامعة كاليفورنيا ببركلى ملحقة بمعمل الإشعاع العظيم بالمدرسة حيث يجرى إنشاء وتحسين وتطوير مقتنى الأثر الإشعاعى ، وغيره من الوسائل الفنية المتصلة بالنظائر . تضع هذه الجماعة نواحى نشاطها المتنوعة فى فصيلة الديناميكا البيولوجية الكيماوية ، وهى عبارة عن خليط لا سبيل لفصله مكون من الفيزيقا والكيمياء وعلم الحياة . وناحية اختصاص عمل الجماعة ليست التكوينات الاستاتيكية بل الكيفية التى بها تعمل الجزيئات أو النظم البيولوجية وتستجيب للدوافع أو المثيرات .

كان لويس هو الذى جاء بكلفن المولود بسانت بول بمينيسوتا ، إلى كاليفورنيا ، وبعد أن بدأ كلفن تعليماً فنياً فى كلية متشجان للتعدين والتكنولوجيا تحول إلى دراسة الكيمياء بجامعة مينيسوتا . ولما ذهب للدراسات العليا بانجلترا تحضيراً للدكتوراه انتقل إلى الكيمياء البيولوجية ، ثم تقلب بعدها فى اتجاهات للأبحاث عديدة ، من اكتشاف أن « الماء الثقيل » يضعف أو يقلل التوالد فى خلايا الطحالب ، ومن جعل خلايا السرطان عميقة عاقرة ووقف نموها ، إلى أحدث اكتشاف له وهو أن جسيمات الحامض النيوكليكى ، وهى المركبات الأولى (الرائدة) للجزيئات الحية ، موجودة فى الشهب المنتشرة فى الفضاء . ولكن معظم عمل جماعته كان متصلا بالتخليق الضوئى النباتى . وربما كان معمله

قد اقترب — اقتراب أى معمل آخر — من إتمام الخطوتين أو الثلاث النهائيتين فى إنجاز هذه العملية الكيماوية المعقدة وإكالها .

ومن الرواد المشتغلين على الحد الفاصل بين الكيمياء والبيولوجيا ، بين الجزيئات الحية وغير الحية ، وندل مريديث ستانلى (Wendell Meredith Stanley) الذى ظفر بجائزة نوبل عام ١٩٤٦ . كان أول من بلورفيروساً — فسيفساء التوباكو (أو الدخان) الشهير ، وبين أن ناشر المرض هذا الذى لم يره أحد قبله ، له خواص مميزة عجيبة حين يعزل ، فيكون بلورة ميتة كأية بلورة ملح عادية ثم يقفز وتدب فيه الحياة عند ملامسته أو ملاصقته لمضيف معين ، ويتكاثر بسرعة وحشية على خلية المضيف نفسه وعلى البلازما الجرثومية

كان ستانلى بمثابة هوزيير (Hossier) آخر فى قائمة عظماء كيماوى الولايات المتحدة ، قاده إلى الكيمياء العضوية روجـــر أدمز فى إيلينوى . كان أول عمل له عن المعالجة الكيماوية للبرص ، ومنه انتقل إلى دراساته الفيروسية فى معهد ركفلر . كان معمله الكبير الحسن النظام والتشغيل ، فى المعهد أولا ثم فى جامعة كاليفورنيا منذ عام ١٩٤٨ ، تظهر له أهمية خاصة فى جميع الحملات تقريباً التى تهاجم الأمراض الفيروسية من أنفلونزا الحرب العالمية الثانية إلى بلورة مرض شلل الأطفال[1] أول فيرس حيوانى بشرى يفصل بهذه الطريقة على صورة نقية . وهو أيضاً من القادة فى محاولة إيجاد رباط فيروسى مع السرطان البشرى .

إن اهتمامات ستانلى ، التى لاتزال مركزة على فيروس فسيفساء التوباكو ، أعمق وأدنى إلى الأساسيات من مجرد العثور على عوامل المرض . وقد عرف الآن أن الفيروس هو نيوكليوبروتين عار[1] ، من نفس الطراز العام الذى

---

(١) Poliomyelitis

تنتمى إليه الجينات[1] المنظمة للنمو والتكاثر فى جميع الخلايا الحية ، ومن ثم يمكن اعتبار الفيروس أمارة عادية مناسبة يستدل بها على الحياة . وقد أمكن لمعمل ستانلى حديثاً جداً أن يوفق ، كمقدمة للتخليق ، أن البنية التفصيلية للوحدة الدنيا الأساسية لردائها البروتونى عبارة عن لولب طوله ١٦٤ وحدة من الحامض الأمينى . وقلب الفيروس ، وهو المادة الداخلية المعدية التكاثرية هو حلزون مزدوج من حامض الريبونيوكليك (ح . د . ن .) ويبلغ طوله حوالى ٦٠٠٠ وحدة من حامض النيوكليك . ويظن ستانلى أن هذا قد يستغرق نصف قرن آخر لحل لفائفه أو فكها بالتفصيل .

« كستى » والقشيلة

الولايات المتحدة بلا نزاع فى مقدمة الصف فى الكيمياء الحيوية والكيمياء العضوية وكيمياء الجزيئات الكبيرة ، وهاتان الأخيرتان مهمتان صناعياً ، أما فى المجالات الأخرى التى لها أهمية أساسية فهى متخلفة . ومن هذه المجالات الكيمياء غير العضوية التى تشمل كل العناصر الخارجة عن مركبات الكربون بما فيها ثلثاً ما بالجدول الدورى من عناصر بعنوان المعادن . ومن العجيب أن البحوث الصناعية تحرز فيها تقدماً أكثر — كنمو وتطور نصف الموصلات والمواد التى فى حالة الصلابة والجمودة مثلا — من الذى تحرزه البحوث الكيماوية البحتة . والذين عندنا من رجال الكيمياء غير العضوية « البحتة » من القلة بحيث أن كثيراً من الجامعات المتقدمة على غيرها اضطرت إلى الاكتفاء بالكيمياويين الفيزيقيين عندما تنشد التدريس والبحث فى هذه الساحة . على أن هذا المجال يحاجه ملحة إلى نظريات على نطاق واسع وإلى

---

(١) Genes .

اكتشافات أساسية شبيهة فى وقعها بنظرية الرباط الكيماوى فى الكيمياء العضوية .

وهناك ساحة مشتتة فى البحث العلمى بالولايات المتحدة هى الكينتيكا الكيماوية ، أى دراسة التفاعلات فى الزمن وفى التدفق الديناميكى ، بما فى ذلك الانفجارات وبعض أمور أخرى كوقود الصواريخ . ومن القادة القلائل فى الكينيتيكا بالولايات المتحدة الرجل العالمى جورج بجدان كستيا كفسكى (George Bogdan Kistiakowsky) بهارفارد الذى شغل منصب المساعد الخاص للرئيس أيزنهاور للشئون العلمية والتكنولوجية . وهو مواطن لكييف نزح عن روسيا بعد الثورة ، ودرس الكينتيكا متتلمذاً على ماكس بودنشتين (Max Bodenstein) البرلينى العظيم . صار مواطناً أمريكياً عام ١٩٣٣ . وفى خلال الحرب العالمية الثانية كانت مسئوليته الرئيسية هى عن نبيطة قدح زناد التفجير فى القنبلة الذرية . وتختلف خلفية كستى عن خلفية الكيماويين المولودين بأمريكا . فهو ينتمى إلى جيل رابع أكاديمى . انحدر من سلسلة بدأت بأستاذ فى علم اللاهوت ، وشملت أستاذاً فى القانون وآخر فى الفلسفة ، وعماً فى الكيمياء الفيزيقية . وابنته فيرا (Vera) ، الفيزيقية النووية متزوجه من فيزيقى حفيد للكيماوى الألمانى الذائع الصيت إميل فيشر (Emil Fisher) .

اللغز الرهائى :

كان الرأى الذى أجمع عليه الكيماويون الذين حادثناهم بشأن هذه الدراسة هو أن الولايات المتحدة لا تنشىء عقولا خلاقة بقدر يتناسب مع حجمها ومواردها ومعداتها العلمية التى لا تجارى أولا تبارى ولا تقارن ببلاد أصغر منها بكثير كانجلترا وألمانيا . وقائمة جوائز نوبل فى الكيمياء ، وإن كانت

غير معصومة من الخطأ ، تعكس هذه الحقيقة تقريباً ، كما تعكس كيف أن مراكز القيادة فى هذا الصدد يمكن أن تتزحزح بسرعة كبيرة لا تزيد فى بعض الأحيان إلا قليلا عن جيل واحد . ونجد ألمانيا قد احتفظت بالسبق والسطوة فى الكيمياء مدة طويلة ، نتيجة لما كانت تحلم به عند تحول القرن من قدرة وتفوق حربيين ، مما حفزها على جعل العلوم الأساسية هدفاً فكرياً عميق الجذور ، وسورة وطنية مفعمة بالحماسة . ولكن لعل هذا التفوق وتلك السطوة آخذان الآن فى التضاؤل والاضمحلال . وانجلترا بعد أن فتحت مجال الكيمياء العضوية التخليقية على مصراعيه فى القرن الأخير ، ثم فقدت زمام القيادة الذى انتزعته منها ألمانيا ، عادت أخيراً إلى الميدان بقوة وبأعمال ابتكارية . أما فرنسا فحالها يرثى له ، ففيها بدأ علم الكيمياء الحديثة عام ١٧٧٧ بلافوازييه ، ويعزى أفول نجمها عادة لا إلى اختفاء العبقرية فجأة من بين مواطنيها بل إلى إضعاف نظام التعليم فيها بعد عام ١٩٠٠ بما طرأ عليه من توسع وتضخم ، وإلى ميزانياتها الشحيحة ، وإلى الفوضى السياسة التى لا تزال فرنسا بحاجة ملحة لأن تشفى منها .

وموقف روسيا الآن يقرب من موقف الولايات المتحدة عام ١٩٢٠ . لكن روسيا أمامها اليوم كل ما ظهر ونشأ من تحسينات وتطورات ازدحمت بها الأربعون سنة الأخيرة ، وتستطيع أن تقتبس منها وتستفيد فى نهضتها . ثم إن لها كذلك تقاليد هائلة فى الكيمياء القديمة — ونجمها الأعلى هو ذو اللحية العظيم ديمترى إيفانوفتش مندلييف(Dimitri Ivanovich Mendelyeev) واضع جدول العناصر عام ١٨٦٩ — فى استطاعتها أن تتقدم بخطى سريعة فى ظل برنامج تعليمها الحالى الضخم .

إن أسهل ما يكون — وأخطره — أن يبهر الإنسان عظم الثلاثة والعشرين بليون دولار المخصصة للصناعات الكيميائية فى الولايات المتحدة ومقدرتها

المادية ، أو يبهر بمبلغ ١٣ بليون دولار الذى تصرفه سنوياً على ما يسمى بالبحث العلمى والنمو والتقدم — يصرف منه ما يربو قليلا على ٥٪ على العلوم الأساسية حقاً ، ويذهب الباقى إلى التكنولوجيا . واللغز النهائى الخطير ، الذى لا يزال بعض الأمريكيين يجدون صعوبة فى أن يفهموه حق الفهم ، هو أن كل ما تنتجه الكيمياء من منتجات نافعة ومن صناعة ثقيلة ضخمة وقدرة قومية ، يقوم على أساس فكر وآراء قليلة غير محسوسة يتابعها ويجدّ فيها رجال لا يخطر على بالهم تحقيق الأرباح المباشرة وإنما يعملون بدافع من إشباع حب الاستطلاع واجتلاء العجائب والرغبة فى أن يزيدوا أفهام البشر .

وللكيماويين الذين نستعرض أعمالهم هنا اقتراحات عملية تستهدف أن تزيد فى إنتاج رجال مبدعين خلاقين . ومن هذه الاقتراحات : تهيئة الفرص للشباب للتعرف على الآراء والفكر العلمية فى أبكر وقت ممكن ، ومد جميع الشبان الفقراء ذوى الاستعداد الفكرى بالمال اللازم لشق طريقهم فى التعليم العالى بنجاح ، والتخفيف عن الأساتذة الجامعيين من واجب التدريس المرهق لإتاحة الفرصة لهم للعناية بواجب البحث العلمى الأساسى نفسه ويتمنى سبورج أن تمر فى اللجنة زيادات كبيرة فى الأموال المخصصة للبحث . ويقترح ودوارد الأخذ بخطته التى تقضى بالاستمرار فى رفع ميزانيات البحث الأساسى سنة بعد أخرى إلى أن يأخذ مستوى المعيشة فى الانخفاض ، وهو متأكد بطبيعة الحال أن هذا لن يحدث .

ولو أنه يستحب رفع المشتغلين بالعلوم الأساسية إلى المستوى الاقتصادى لسائقى الأسراب أو لموظفى النقابات ، فإن ذلك ليس موضع الخلاف ولا بيت القصيد كما يراه الكيماويون ، وإنما ترجع متاعبهم الأساسية إلى الجو الاجتماعى والفكرى السائد فى الولايات المتحدة ، والذى يشعرون بأنه لا يرحب الترحيب

الكافى بالعقل العلمى ولا يكرهه . « فما لم نغير من نظرتنا واتجاهنا » كما يقول كستيا كفسكى « فلا أظن أننا نستطيع البقاء » . وهو يشير بهذا إلى انعدام التحمس للفتوحات الفكرية ، وإلى الكلف لدرجة العبادة بالأميين الذين يظهرون على شاشة التلفزيون وغيرها ، وإلى الإكبار من شأن الألعاب الرياضية إكباراً يكاد يكون مرذولا ومتجاوزاً الحدود المقبولة كما اكتشف جيمز برايانت كونانت James Bryant Conant ، وهو كيماوى آخر ، فى دراساته لبعض مدارس أمريكا ، وفوق هذا وذاك الصورة التى لا تزال باقية فى الأذهان والتى تمثل « رجل العلوم كالمنبوذ » ، ويعتبرها كستيا كفسكى تراثاً ثقيلا خلفه ماك كارثى (Mc Carthy) .

إن الوطنية المفرطة غريبة على العلوم ، ولكن جميع الذين يتمنون لوطنهم العظمة ، لا مجرد البقاء ، يجب أن يستشعروا اهتماماً يتغلغل فى نفوسهم من أجل قوة وطنهم وعظمته فى ميادين العلوم .

الخالدون
من رجال الكيمياء الحديثة

كان عميد الكيمياء الحديثة هو الفرنسي لوران لافوازييه . ففي عام ١٧٧٧ تبين له أن هواة جوزيف بريستلي الخالي من الفلوجستون هو عنصر الأكسجين ، وأرسى قواعد فكر العناصر التي تقول بأنها جسيمات أساسية ، لا يمكن تحليلها كيماوياً ، وتتكون منها كل الأشياء . وعثر بعده على نحو تسعين عنصراً بواسطة سلسلة طويلة من التقصي . وفي عام ١٩٢٠ كان قد تم عزل معظم العناصر ودرست خواصها الأساسية .

أعقب لافوازييه مباشرة ثلاثة رجال عظماء بينوا وأوضحوا الفطرة الأساسية للعناصر وللمركبات الكيماوية . وفي عام ١٨٠٨ تصور جون دالتن البريطاني العناصر على هيئة كرات ضئيلة لا ينفذ فيها شيء ، هي ذرات مختلفة الأحجام والأوزان كلها غير قابلة للانقسام كيماوياً . وفي عام ١٨١١ كان أماديو أفوجادرو (Amadeo Avogadro) الإيطالي ، الرياضي الفيزيقي النابه ، أول من وضع بعض قوانين عامة ، بواسطتها نظر الذرات فيما بعد على أنها تتصادم أو تتلاحم بتأثير الحرارة والضغط ، إما مع ذرات من نوعها أو مع ذرات أخرى مكونة مركبات أو جزيئات متميزة . وفي عام ١٨٥٢ صاغ السير إدوارد فرانكلاند البريطاني أول نظرية عامة عن الكيفية التي يحدث بها هذا التلاحم بعدد معين من نقط ربط أو كفاء[١] على سطوح الذرات .

ومن ثم نظر للكيمياء من زمن بعيد على أنها معمار الجزيئات ، وكان

---

(١) Valence .

أول معمارى الكيمياء العظام فردريش أوجست كيكوليه (Friedrich August Kekulé) الألمانى الذى توصل عام ١٨٥٨ إلى أن عنصر الكربون له أربع نقط كفاء (ووصل إلى هذه النتيجة أيضاً مستقلا عنه أرشبلد كوبر Archibald Couper الإسكتلندى) . واستمر كيكوليه يتخيل أن ذرات الكربون مترابطة فيما بينها فى تسلسلات طويلة ، رأى واحدة منها تلتف حول نفسها لتكون حلقة البنزين الشهيرة التى صارت فيما بعد العنصر الأساسى فى قطران الفحم الكثير المنتجات أو فى الكيمياء العضوية التخليقية . وبناء عليه مضى الكيماويون ينتجون أو يبتدعون مئات من الجزيئات النافعة — وعلى الأخص البسيطة منها التى لا تتألف من أكثر من بضع عشرات من الذرات — فى سيل منهمر من مواد ثورية جديدة ، كالأصباغ والعقاقير والمذيبات والمفرقعات والألياف نصف المخلقة وبواكير الدائن .

اتفق معظم الكيماويين الذين تحدثت إليهم « فورتشن » على أن الثلاثة الأول ممن ظفروا بجائزة نوبل كانوا عمالقة كل فى ناحية اختصاصه : الهولاندى يعقوب فانت هوف (Jacobus H. vant Hoff) (١٩٠١) لوضعه قوانين عامة عن التفاعلات والمحاليل والضغط الأزموزى ، علاوة على فكرة جزيئات الكربون التى فى منشآت ذات أبعاد ثلاثة . وإميل فيشر الألمانى (١٩٠٢) لتقصيه تكوين السكريات ، وعمل أول مقارنة للجزيئات « الحية » المركبة أو البروتينات المعقدة . وسفانت أرهينياس (Svante A. Arrhenius) السويدى (١٩٠٣) لنظريته عن التحلل الكهربائى (أو التفكك الإلكتروليتى) فى المحاليل . أما بعد ذلك ، فتظهر قمم أو ذرى قليلة مثل ولهلم استفالد (Wilhelm Ostwdld) (١٩٠٩) وألفريد ڤرنر (Alfred Werner) (١٩١٣) ووالثرنرست (Walther Nerst) (١٩٢٠) وهذا الأخير لاكتشافه للقانون الثالث الديناميكا الحرارية الذى هو المفتاح الرئيسى

للتفاعلات الكيماوية . وكان كل هؤلاء إلى حد بعيد يتوسعون ويمدون فى قوانين أفوجادرو ، وفى تكوينات كيكوليه .

وإذ كان هناك واحد فقط من الخالدين فى عصرنا هذا ، فإن الكل يجمع على أنها مارى كورى (Marie Curie) التى نالت عام ١٩١١ جائزة نوبل فى الكيمياء (وكانت قبل ذلك شاركت فى جائزة عام ١٩٠٣ فى الفيزيقا) من أجل اكتشافها للعنصرين المشعين الراديوم والبولونيوم . وبهذا الاكتشاف ، الذى لعله أهم اكتشاف حدث بعد اكتشاف الأكسجين ، تبين أن الذرة ، التى كان يظن أنها حصينة منيعة ، قابلة لأن تتفجر متصاعدة ، وترمى بجسيمات دقيقة على صورة إشعاع عالى الطاقة . وهكذا قدم أحد الكيماويين مادة للفيزيقيين يستكشفونها وهؤلاء بدورهم قدموا لنا من بين هذه الجسيمات وتلك الإشاعات آلات وأفكاراً جديدة نهذب بها ونصقل فكرتنا عن تكوين الجزيئات . ولم تقدر لأى من هذه المدفعية الضاربة على نطاق واسع أن تقلب رأساً على عقب ما ابتكره عظماء الكيماويين القدامى من تصورات وحقائق ألهموها . وتصورات وأحلام لهم أنشئوها ، ولكنها ألقت ضوءاً نفاذاً كشف بدقة وضبط عن الكيفية التى تتجمع بها الجزيئات ، وأدى هذا بدوره إلى التقدم العظيم التالى فى الكيمياء ألا وهو نظرية الرباط الكيماوى التى روينا لك قصتها فيما سبق .