كيمياء النور البارد[1]

لقد توفرتُ على درس طبيعة النور الحيواني (الموصوف في مقالة الاحياء المنيرة) من وجهها الكيماوي . واذ اذكر هذا النور يادرني انتباهي بالسؤال التالي : هل هذا النور تألقٌ فصفوري او لا ؟ ومن السهل الجواب عن هذا السؤال بالنفي اذ ليس لهذا النور علاقة ما بعنصر الفصفور الذي لشدة سُميه لا يوجد في الخلايا الحية حرًّا . ولكن هذا النور من جهة اخرى يشابهُ كل المشابهة تألق الفصفور . فهو في المقام الاول ناتج عن الاكسدة (الاحتراق) فاذا ازلنا الاكسجين من الحيوان المنير او من جوهره زال النور ثم اذا اعدنا الاكسجين عاد النور . هذه تجربة علمية قديمة بل في الواقع هي من اولى التجربات العلمية التي جربها الطبيعي الانكليزي روبرت بويل في الاحياء المنيرة سنة ١٦٦٧ ذلك ان بويل كان حينئذٍ يمتحن مضختهُ الهوائية فوضع قطعة صغيرة من الخشب المتألق بالبكتيريا الحية تحت فم المضخة فوجد انهُ اذا شهق الهواء بمضختهِ من حول القطعة الخشبية زال تألقها واذا زفر الهواء بها عاد التألق . لكنهُ لم يعلم حينئذٍ ان عنصر الاكسجين في الهواء هو السبب في هذا المشهد الغريب . وعليهِ نستطيع ان نُرجع اكتشاف لزوم الاكسجين الطلق لانارة الاحياء المنيرة الى تجربة بويل هذه

والحقيقة الكيماوية الثانية المتعلقة بانارة الاحياء هي قديمة ايضاً كشف عنها سپلانزاني الايطالي سنة ١٧٩٤ وهي ان كل تألق من هذا القبيل لا بدَّ لهُ من الماء . فقد أثبت انه يستطيع ان يأخذ اي حيوان منير ويجففهُ بزيل كل نور منهُ . ولكنهُ اذا احتفظ بهذه المادة المجففة وبلّها بين الفينة والفينة وهي معرضة للاكسجين عاد اليها تألقها الذاهب . فثبت كذلك كما ثبت في تجربة بويل ان الماء من مقومات الانارة الحيوانية لا تتم من دونهِ

وهذه التجربة تدل ايضاً على ان الانارة ليست وظيفة من وظائف بعض الخلايا الحية كما تحسب الانقباض وظيفة من وظائف خلايا العضلات او كما تحسب نقل المؤثرات العصبية وظيفة الخلايا العصبية . فأنت اذا اخذت عضلة وجففتها لم تغير العناصر التي تتألف منها واذ عدتَ فبللتها ظهرت بمظهر العضلة الحية الا انها لا تنقبض اذا نكزتها . فالعضلة قد فقدت قوة الانقباض بالتجفيف . كذلك يفقد العصب قوة نقل المؤثرات العصبية اذا جففتهُ . ففي هذين النسيجين — خلايا العضلات وخلايا الاعصاب — تفقد الخلية القدرة

(١) للدكتور نيوتن هارفي استاذ الفسيولوجيا في جامعة برنستن

على القيام بوظيفتها اذا جففتها . ولكن هذا لا يقع للاحياء المنيرة . فانك اذا جففتها فقدت التألق الى حين ثم اذا بللتها عاد تألقها اليها . اما وقد ثبت انهُ لا بد من الاكسجين والماء لتألق الحيوانات المنيرة فلنرجع ان الحيوانات تولد مادة تتألق اذا اتحدت بالاكسجين في الماء وهذه المادة تدعى باسم عام هو «فوتوجن » وباسم خاص هو « لوسفرين »

والواقع ان هذه المادة مادتان الاولى المادة التي تنير اذا اتحدت بالاكسجين في الماء والثانية تسرع هذا الاتحاد اي انها تفعل فعل الكتاليسن . وهذه هي الحقيقة الكيماوية الثالثة عن انارة الاحياء كشف عنها ديبوى الفرنسوي سنة ١٨٨٧ اذ وجد انهُ اذا استخلص مادة منيرة من احد الحيوانات امكنهُ فصلها الى مادتين منيرتين. وقد دعيت الاولى « لوسفرين» وهي التي تنير والثانية « لوسفراز » وهي التي تساعد على الانارة . ويمكن فصل احداهما عن الاخرى لان الثانية تتلاشى بالاحماء واما الاولى فلا . كذلك يسهل حل المادتين بالماء وترسيبها بمرسبات مختلفة . ويمكن تنقيتها وتجربة التجارب الكيماوية بها . ولكن لا يعلم حتى الآن تركيبها الكيماوي مع ان اللوسفرين يتبع المواد البروتينية البسيطة التركيب بوجه عام واللوسفراز المواد الزلالية

هل نستطيع ان نولد نوراً على نسق هذا النور الحي في الحيوانات ؟ الجواب عن هذا السؤال مرهون بمقدرتنا على تركيب المواد البروتينية . وانا اعتقد ان ذلك مقدور لنا في المستقبل . فنحن نركب الآن الادهان والسكر وبعض انواع المواد البروتينية البسيطة التركيب فالمسألة مسألة متى نتقدم تقدماً كافياً حتى نستطيع ان نركب المواد البروتينية الاخرى التي منها اللوسفرين هذا

ثم هناك سؤال آخر يتبادر الى الذهن . ماذا يحدث للوسفرين اذ تأكسد . هل يتحول الى اكسيد الكربون الثاني كالمواد الغذائية التي تأكلها ؟ اذا تأكسد السكر والدهن تحولا الى ماء واكسيد الكربون الثاني . فهل يجري اللوسفرين مجراها ؟ ان مباحثي تدلني على ان تأكسد اللوسفرين ليس من هذا القبيل. فقد اثبتت التجارب ان الحيوانات المنيرة لا تولد اكسيد الكربون الثاني . وعندي ان ما يحدث هنا هو من قبيل اكسدة الهموغلوبين في الدم . فدارسو علم وظائف الاعضاء يعلمون ان في الدم مادة تدعى هموغلوبينا حمراء اللون تتحد بالاكسجين في اثناء نقله من الرئتين الى الاعضاء المختلفة . فانت اذا اخذت مقداراً من هذا الهموغلوبين وهززتهُ في الهواء اتحد بالاكسجين واصبحت المادة تعرف باكسي هموغلوبين . فاذا وضعنا هذه المادة تحت آلة وامتصصنا الهواء منها عادت هموغلوبيناً طبيعيًّا . فتأكسد اللوسفرين من هذا القبيل . اي اننا اذا اخذنا مقداراً من اللوسفرين وجعلناهُ يتحد بالاكسجين تكوَّنت لدينا مادة تختلف عن المادة الاساسية وقد دعوناها

« اكسي لوسفرين » . ثم اذا اخذنا هذه المادة الجديدة وعالجناها بالوسائل الصحيحة لازالة الاكسجين منها تمكنا من الحصول على مادة اللوسفرين الطبيعية التي بدأنا بها تجربتنا. والطرق الصناعية لتحويل « الاكسي لوسفرين » دقيقة ومعقدة. فالجاحب اذ تمص في الظلام تحول مادة اللوسفرين فيها الى مادة الاكسي لوسفرين . وفي الفترة بين اللمعة والاخرى تتحول مادة الاكسي لوسفرين الى اصلها وهكذا تكون الجاحب مستعدة للمعة التالية

ولا اقصد بذلك ان كل ما في الجاحب من اللوسفرين يتأكسد في لمعة واحدة ولكن جانباً منهُ يفعل ذلك وفي الفترة بين اللمعة والاخرى يتحول هذا القدر المتأكسد الى ما كان عليه قبلاً — اي الى لوسفرين طبيعي . اي ان هذا الفعل ذو وجهين وهو من الوجهة الكيماوية غريب كل الغرابة . فكان لدينا حيواناً لهُ مصباح يحترق فيهِ الزيت لينير فاذا انار عاد من تلقاء ذاتهِ فاستخرج الزيت الطبيعي من تائج الزيت المحروق ليستعملهُ من جديد وهكذا دواليك . وعليهِ فالجاحب من الوجهة الطبيعية والكيماوية حيوان مقتصد كل الاقتصاد . اللوسفرين فيهِ كالفيكس في الاساطير القديمة يخلق من رماده ليحيا حياة جديدة

ومن المستطاع صنع مصباح يتحول اللوسفرين في جانب منهُ الى اوكسي لوسفرين فينير ثم في جانب آخر منهُ يتحول الاكسي لوسفرين الى لوسفرين فيعاد استعمالهُ في الجانب الاول للاضاءة من جديد . ولا بدَّ ان يكون النور في هذا المصباح ضئيلاً . ولا بدَّ ان تعترض الصعابُ تطبيقَ هذا المبدأ العلمي تطبيقاً عمليًّا موفقاً ولكن المبدأ هناك وقد يصبح في المستقبل معتمداً في ابداع طرق جديدة للانارة

من المعلوم ان كل جسم اذا رُفعت حرارتهُ الى درجة معينة توهج وانبعث منهُ نورٌ. هذا هو النور الكهربائي المستعمل ويعرف بنور التوهج incandescence اما نور الحيوانات الذي وصفناهُ فيعرف بنور التألق luminescence وهو نور بارد . اما النور الاول فيكون احمر اذا كانت حرارة الجسم حوالي ٥٠٠ درجة بميزان سنتغراد فاذا زادت درجة الحرارة انبعث من الجسم نور اصفر فاذا بلغت درجة ٥٠٠٠ بميزان سنتغراد انبعث نور ابيض كنور الشمس والمبدأ في ذلك انهُ كلما ارتفعت حرارة الجسم زاد بهاؤهُ . وهذا هو المبدأ الذي يجري عليهِ الصنّاع في صنع المصابيح الكهربائية . ذلك ان السلك في المصباح الكهربائي يحمى بمقاومتهِ للتيار الكهربائي . فاذا بلغت درجة حموّهِ نحو الفي درجة بميزان سنتغراد انبعث منهُ النور الكهربائي المعروف . وليس في استطاعتنا ان نرفع درجة حرارتهِ اكثر من ذلك حتى تقارب درجة حرارة الشمس من غير ان يحل السلك بتطاير الذرات منهُ . ولسوء الحظ ان معظم قوة التيار الكهربائي المستعملة ينفق في احماء السلك فما ينبعث منهُ قوةً

٢ في المائة منهُ نور و٩٨ في المائة حرارة . أي اذا استعملنا تياراً كهربائيًّا ثمنهُ مائة مليم في انارة سلك أنفقنا ما قيمتهُ ٩٨ مليماً في احماء السلك وما قيمتهُ مليمان فقط من هذا التيار في الانارة . فالانارة بطريقة التوهج فيها اسراف عظيم . لانهُ اذا استنبطنا طريقة تمكننا من استعمال جانب اكبر من التيار الكهربائي للانارة بدلاً من انفاق معظمهِ في احماء السلك قبل الانارة وقرنا جانباً مما تنفقهُ على النور الكهربائي

والنسبة بين القوة المستعملة والنور الحاصل في السلك تعرف بنسبة الكفاءة الضوئية وهي في المصابيح الكهربائية المتوهجة معروفة لا تزيد على نصف في المائة . اي اننا اذا اخذنا افضل المصابيح التي من هذا القبيل سلكُها من معدن التنغستن وانبوبها المنتفخ مملوء بغاز النتروجين وقابلنا النور الذي يحصل فيها بالقوة اللازمة لاخراج هذا النور وجدنا انهُ نصف واحد في المائة . اي اننا نحرق مثلاً طنًّا من الفحم فيولد لنا حرقهُ قدراً معيناً من القوة الكهربائية . هذا القدر اذا أُستعمل للانارة لم يولد لنا الا نوراً يوازن نصف جزء من مائة جزء منهُ

فهل تفوق الاحياء المنيرة المصابيح المتوهجة في نسبة الكفاءة الضوئية فيها ؟ الموضوع من حيث القياس العلمي دقيق ومعقد كل التعقيد . فقياس النور في الحباحب متعذر لان نورها ومضة وتليها فترة من الظلام . لذلك يعمد الباحث الى البكتيريا المنيرة وهي كائنات مكرسكوبية لأن قياس النور في الواحد منها مستطاع ولكن بوسائل دقيقة تحتاج الى صبر ومثابرة . ولما كان طعام البكتيريا مصدر كل اشكال القوة التي تتولد فيها فيجب ان يعرف مقدار الطعام الذي تتناولهُ ثم يحوَّل ذلك الى وحدات حرارية . ولكن هذا الطعام لا يستعمل كلهُ في توليد النور بل يستعمل جانب كبير منهُ في اعمال الكائن الحيوية . فاذا حددنا مقدار الطعام — وما يقابله بالوحدات الحرارية في الثانية — الذي ينفقهُ البكتيريوم الواحد في توليد نوره — وهذا يقاس ايضاً بوحدات حرارية في الثانية — امكننا معرفة نسبة الكفاءة الضوئية فيه بالموازنة بين قيمة الطعام التي تنفق في الانارة وقيمة النور الحاصل . وذلك بتحويلهما الى وحدات حرارية . على ان القارىء يدرك مقدار التعب الذي يعانيه الباحث الذي يود ان يكون لنتائجه قيمة علمية في فصل هذه المسائل المعقدة التي يسهل تطرُّق الخطإ اليها

وقد قضى الاستاذ نيوتن هارفي عمرهُ في درسها سنين وخرج منها بنتيجة ملخصها ان نسبة الكفاءة الضوئية في الاحياء المنيرة تبلغ واحداً في المائة اي ضعف نسبة الكفاءة الضوئية في المصابيح الكهربائية المتوهجة . فما يقال عن نسبة الكفاءة الضوئية العالية في الحباحب لا يؤيدهُ البحث العلمي وانما يسوغ الانفاق على التوسع في البحث للكشف عن اسرارهِ