

علم الضوء والحياة

في اليوم العالمي للضوء 2026

د. سمير عبد الحميد

2026-05-16

لم يعد الضوء في عصرنا مجرد ظاهرة طبيعية تبهر العيون، أو مادة شعرية وفلسفية يتأملها الأدباء والمفكرون، بل تحول إلى قوة علمية هائلة تقود واحدة من أعظم الثورات التقنية والطبية في تاريخ البشرية: ثورة التكنولوجيا الحيوية.

وإذا كان القرن العشرون قد ارتبط بالكهرباء والنفط والطاقة الذرية، فإن القرن الحادي والعشرين يبدو أقرب إلى أن يكون "قرن الضوء"، حيث أصبحت الفوتونات وأشعة الليزر وتقنيات البصريات أدوات مركزية لفهم الحياة نفسها، من أعماق الخلية البشرية وحتى أعقد الشبكات العصبية داخل الدماغ.

ورغم أن هذا التحول يبدو حديثاً ومذهلاً، فإن جذوره التاريخية تمتد إلى قرون بعيدة. فالعلاقة بين الضوء والعلوم الحيوية بدأت فعلياً منذ اختراع المجهر الضوئي في القرن السابع عشر، حين نجح علماء مثل روبرت هوك وأنطوني فان ليفينهوك في فتح نافذة جديدة على العالم المجهرى للكائنات الحية. وللمرة الأولى استطاع الإنسان رؤية الخلايا والبكتيريا والكائنات الدقيقة التي كانت خفية عن العين البشرية.

ويمكن القول إن التكنولوجيا الحيوية الحديثة مدينة في أساسها لذلك الاختراع البصري المبكر؛ لأن فهم الحياة على المستوى الخلوي لم يكن ممكناً دون تسخير الضوء للرؤية والتكبير والتحليل.

ومع تطور الفيزياء في القرن التاسع عشر، خصوصاً بعد أبحاث جيمس ماكسويل حول الموجات الكهرومغناطيسية، بدأت النظرة إلى الضوء تتحول من مجرد وسيلة للرؤية إلى ظاهرة فيزيائية يمكن التحكم بها وتسخيرها علمياً. ثم جاءت الثورة الكبرى في القرن العشرين مع تطور ميكانيكا الكم واكتشاف الطبيعة الفوتونية للضوء، ليدخل العلم مرحلة جديدة كلياً.

لكن اللحظة المفصلية الحقيقية جاءت عام 1960م عندما نجح الفيزيائي الأمريكي ثيودور مايمان في تشغيل أول جهاز ليزر عملي في التاريخ، وهو الاختراع الذي وصفه بعض العلماء بأنه "أهم أداة ضوئية منذ اختراع العدسات".

في بداياته بدأ الليزر اختراعًا غريبًا بلا استخدامات واضحة، حتى إن بعض العلماء وصفوه بأنه "حل يبحث عن مشكلة". لكن خلال عقود قليلة فقط، تحول إلى قلب الثورة الطبية والحيوية الحديثة. فداخل المختبرات الطبية الكبرى اليوم لا تكاد توجد تقنية حيوية متقدمة لا يعتمد جزء منها على الضوء أو الليزر.

المجاهر الحديثة التي تراقب البروتينات داخل الخلايا، وأجهزة تحليل الحمض النووي DNA، وأنظمة التصوير الحيوي الدقيقة، كلها تقوم على تقنيات ضوئية معقدة جعلت الضوء شريكًا أساسيًا في فهم أسرار الحياة.

ومع توسع التطبيقات الطبية، ظهر واحد من أكثر الحقول العلمية إثارة في عصرنا: "الفوتونيات الحيوية" أو Biophotonics، وهو المجال الذي يدمج علوم الضوء والليزر مع علوم الأحياء والطب والهندسة الوراثية. وفي هذا العالم الجديد لم تعد أشعة الضوء مجرد وسيلة للرؤية، بل تحولت إلى أدوات للتشخيص والعلاج والتحكم وحتى إعادة بناء الوظائف الحيوية داخل جسم الإنسان.

وفي **عالم السرطان** مثلًا، أصبح الضوء سلاحًا طبيًا حقيقيًا. فبدلًا من الاعتماد الكامل على الجراحات القاسية أو العلاج الكيميائي واسع التأثير، ظهرت تقنيات تعتمد على توجيه أشعة الليزر بدقة هائلة نحو الخلايا السرطانية فقط، مع الحفاظ على الأنسجة السليمة المحيطة بها. كما ظهر ما يعرف بالعلاج الضوئي الديناميكي، حيث يتم حقن المريض بمواد حساسة للضوء تتجمع داخل الورم، ثم تُفعّل بواسطة أشعة ليزرية محددة لتدمير الخلايا السرطانية من الداخل. إنها حرب ضوئية مجهرية تدور داخل جسم الإنسان، وتكشف كيف تحول الضوء نفسه إلى أداة للحياة والموت في آن واحد.

أما في **جراحات العيون**، فقد أصبح الليزر معجزة طبية يومية يعيشها الملايين حول العالم. فعمليات تصحيح النظر التي كانت قبل عقود حلقًا طبيًا معقدًا أصبحت إجراءات سريعة تعتمد على إعادة تشكيل سطح القرنية بأشعة ليزرية محسوبة بدقة ميكرونية. وهنا لا يعمل الضوء كوسيلة علاج فقط، بل كأداة هندسية تعيد تصميم أنسجة الجسم البشري بدقة تتجاوز حدود الخيال العلمي.

وفي **عالم الأعصاب والدماغ** دخل الضوء مرحلة أكثر إدهاشًا مع ظهور تقنية Optogenetics أو "الوراثة الضوئية"، وهي واحدة من أكثر التقنيات ثورية في البيولوجيا الحديثة. تقوم الفكرة على تعديل الخلايا العصبية وراثيًا بحيث تستجيب للضوء، ثم يتم التحكم في نشاطها عبر نبضات ضوئية دقيقة. وبهذه الطريقة أصبح بالإمكان تشغيل مجموعات من الخلايا العصبية أو إيقافها داخل

الدماغ باستخدام الضوء فقط، وهو ما قد يغير مستقبل علاج أمراض مثل الصرع والاكئاب وباركنسون واضطرابات الدماغ المختلفة.

ولم تتوقف العلاقة بين الضوء والتكنولوجيا الحيوية عند حدود الطب، بل امتدت إلى الزراعة والصناعة والأمن الغذائي. ففي المختبرات الزراعية الحديثة تستخدم تقنيات التحليل الطيفي الضوئي لدراسة صحة النباتات وكشف الأمراض الزراعية مبكرًا وتحليل التربة وقياس جودة المحاصيل. كما أصبحت المستشعرات الضوئية الحيوية قادرة على اكتشاف البكتيريا والفيروسات والملوثات الكيميائية خلال ثوانٍ معدودة، وهو ما أحدث تحولًا ضخمًا في مجالات سلامة الغذاء والمياه والبيئة.

ثم جاءت جائحة كورونا لتكشف للعالم بصورة عملية كيف أصبحت تقنيات الضوء جزءًا من منظومة الأمن الصحي العالمي. فالعديد من أجهزة التحليل السريع والكشف الجيني للفيروسات اعتمدت على تقنيات ضوئية متقدمة لرصد التفاعلات البيولوجية داخل العينات المخبرية. كما استخدمت الأشعة فوق البنفسجية في عمليات التعقيم داخل المستشفيات والمطارات والمختبرات. وفجأة أدرك العالم أن الضوء لم يعد مجرد ظاهرة طبيعية، بل أصبح أحد أهم أسلحة البشرية في مواجهة الأوبئة والأزمات الصحية.

ومن أبرز المحطات التي عمقت العلاقة بين الضوء والتكنولوجيا الحيوية ظهور تقنية التصوير الفلوري Fluorescence Imaging، التي سمحت للعلماء بتتبع الجزيئات والبروتينات داخل الخلايا الحية لحظة بلحظة. وقد لعبت هذه التقنية دورًا حاسمًا في فهم العمليات البيولوجية الدقيقة مثل انقسام الخلايا وانتقال الإشارات العصبية والتفاعلات الجينية. كما شهدت العقود الأخيرة تطور المجاهر الليزرية ثلاثية الأبعاد وتقنيات التصوير الحيوي العميق، ما مكّن الباحثين من دراسة الأنسجة الحية دون الحاجة إلى إتلافها أو تشريحها تقليديًا.

واليوم لم تعد الفوتونيات الحيوية مجرد تخصص أكاديمي محدود، بل أصبحت صناعة عالمية ضخمة تتقاطع مع الذكاء الاصطناعي والهندسة الطبية والنانوتكنولوجيا والطب الشخصي. وتشير التقديرات الحديثة إلى أن سوق التقنيات الضوئية الحيوية ينمو بوتيرة متسارعة نتيجة الاعتماد المتزايد عليها في التشخيص المبكر للأمراض وتصميم الأدوية الذكية وتطوير أنظمة العلاج الدقيقة.

والأكثر إثارة أن المستقبل يبدو أكثر ارتباطًا بالضوء مما نتخيل. فهناك سباق عالمي لتطوير "الطب الضوئي الذكي"، حيث يتم تصميم جسيمات نانوية تستجيب لأنواع معينة من الضوء داخل الجسم لتوصيل الأدوية مباشرة إلى الخلايا المستهدفة. كما يجري تطوير روبوتات نانوية حيوية يتم توجيهها ضوئيًا داخل الأوعية الدموية لتنفيذ عمليات علاجية دقيقة. وفي المقابل تتجه الأبحاث

الحديثة إلى استخدام الضوء نفسه في بناء أنظمة حوسبة حيوية فائقة السرعة، بحيث تصبح الفوتونات بديلاً عن الإلكترونيات في نقل المعلومات داخل الأجهزة الطبية والحيوية المستقبلية.

إن ما يحدث اليوم ليس مجرد تطور علمي عابر، بل إعادة تعريف كاملة للعلاقة بين الإنسان والضوء. فالضوء الذي تأمله الفلاسفة قديماً بوصفه رمزاً للحقيقة والمعرفة أصبح اليوم أداة عملية لفهم أسرار الحياة نفسها. ومن المدهش أن التكنولوجيا الحيوية، التي تمثل ذروة التقدم العلمي المعاصر، وجدت في الضوء شريكها الأكثر قوة ومرونة ودقة.

ربما كان عصر الأنوار في أوروبا قد استخدم الضوء بوصفه رمزاً لتحرير العقل من ظلمات الجهل، أما عصرنا الحالي فقد نقل الضوء إلى مستوى آخر تمامًا؛ إذ أصبح الضوء نفسه أداة لتفكيك الجينات، وتشخيص الأمراض، وإعادة برمجة الخلايا، واستكشاف الدماغ، وبناء الطب الحديث. وهكذا يبدو أن البشرية دخلت بالفعل عصرًا جديدًا يمكن وصفه بحق بأنه: “عصر الحياة الضوئية”.

تواصل مع الكاتب: drsamirabdulhamid@gmail.com

References

1. [/https://www.nature.com/nphoton](https://www.nature.com/nphoton) — Nature Photonics
2. [/https://spie.org](https://spie.org) — The International Society for Optics and Photonics
3. <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/18640648> — Biophotonics Journal
4. [/https://www.nih.gov](https://www.nih.gov) — National Institutes of Health (NIH)
5. [/https://www.britannica.com/technology](https://www.britannica.com/technology) — Encyclopaedia Britannica – Laser [laser](#)
6. [/https://www.nobelprize.org](https://www.nobelprize.org) — Nobel Prize – Laser Physics and Optogenetics
7. [/https://www.nature.com/natrevbioeng](https://www.nature.com/natrevbioeng) — Nature Reviews Bioengineering
8. [/https://hms.harvard.edu](https://hms.harvard.edu) — Harvard Medical School – Biomedical Optics