


 جامعة الجزيرة الخاصة
 ALJAZEERA PRIVATE UNIVERSITY

الفيزياء الطبية

كلية الصيدلة

التقانات النانوية والفوتونيات الحيوية

الدكتور المهندس يحيى لحفي

15

المحتوى

- ▶ تعاريف
- ▶ التقانة النانوية والفوتونيات الحيوية
- ▶ الكروموفور أو حامل اللون Chromophore
- ▶ الفلورة Fluorescence
- ▶ النقاط الكمومية
- ▶ النقاط الكمومية والتحليل الجراثومي
- ▶ الفسفرة Phosphorescence
- ▶ الفلورة والكشف عن الأورام
- ▶ التصوير بالفوتونات المتعددة

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

2

تعريف

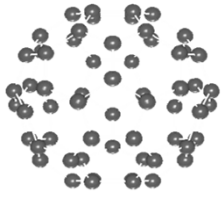
- ▶ الفوتونيات: هو علم فيزياء توليد وكشف ومعالجة الضوء (الفوتوني) من خلال انبعائه ونقله وتعديله ومعالجة اشارته وتضخيمه وتحسسسه.
- ▶ تمتلك الفوتونيات الخصائص الموجية والجسيمية معاً.
- ▶ تشمل الفوتونيات كامل الطيف من الأشعة فوق البنفسجية مروراً بالطيف المرئي إلى الأشعة تحت الحمراء.
- ▶ الفوتونيات الحيوية: هو اختصاص من الفيزياء الحيوية يقوم بدراسة تقنيات الإنتاج والتحكم والاستشعار الفيزيائي للفوتونات بهدف سبر المادة الحية وتفاعلاتها الكيميائية، حيث أنها:
- ▶ تصف تفاعل المادة الحية مع الفوتونات الضوئية بالانعكاس أو الامتصاص أو الانتشار.
- ▶ تسمح بتطوير وتطبيق التقنيات الضوئية وبخاصة التصوير في دراسة الجزئيات البيولوجية والخلايا والنسج.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

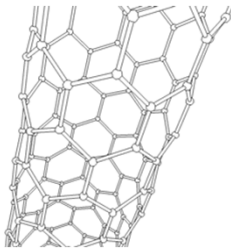
3

تعريف

- ▶ التقنيات النانوية: هو العلم الذي يهتم بدراسة ومعالجة المادة على المقياس الذري والجزئي.
- ▶ ابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر.
- ▶ تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلى ألف ذرة وهي أبعاد أقل بكثير من أبعاد البكتريا والخلايا الحية.



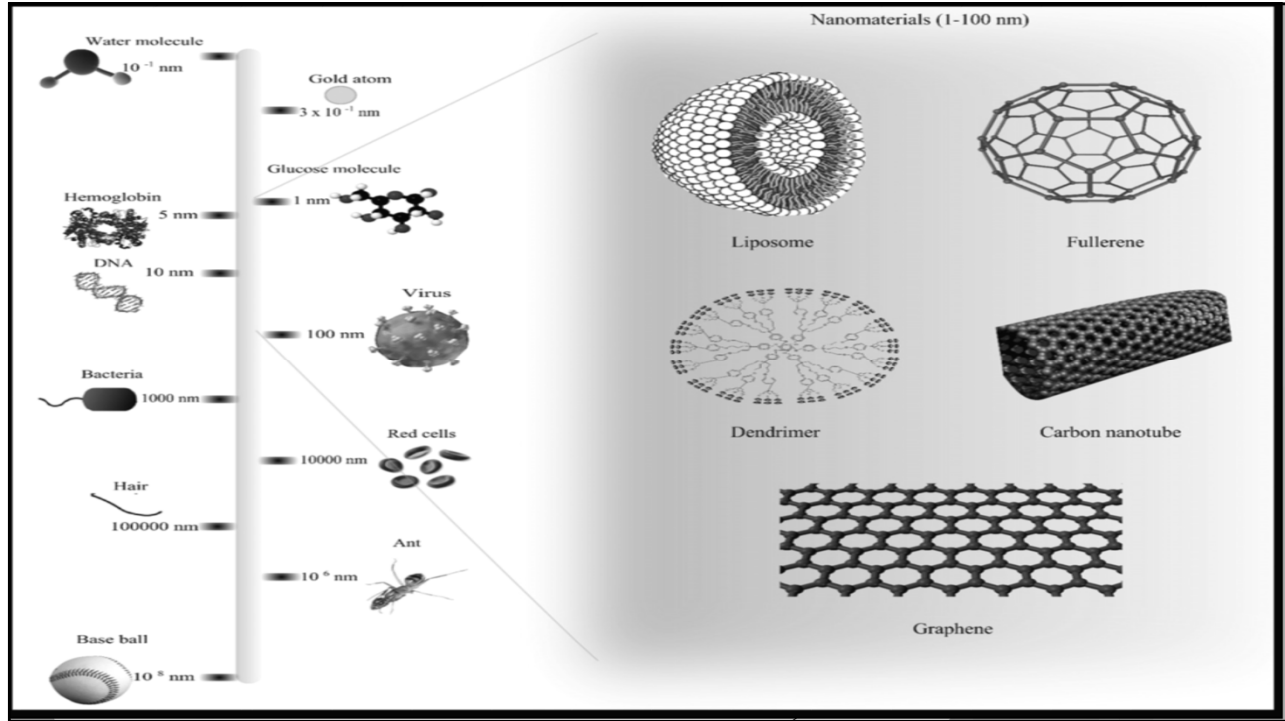
بنية كربونية fullerenes



أنبوب كربوني

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

4



التقانة النانوية والفوتونيات الحيوية

- ▶ أحدثت التقانة النانوية مؤخراً قفزات مهمة في الفوتونيات الحيوية الطبية، وبخاصة في التحليل والتشخيص والمعالجة على المستوى الجزيئي والخلوي.
- ▶ أدى الجمع بين التقانة النانوية الجزيئية والفوتونيات الحيوية إلى فتح المجال أمام:
- ▶ استخدام أدوات نانوية في الكشف عن الذرات والجزيئات وتداولها في مجموعة كبيرة من التطبيقات الطبية على المستوى الخلوي.
- ▶ ظهور جيل جديد من أدوات الكشف عن الآليات الخلوية وعمليات حياتها الأساسية التي تحدث على المستوى الجزيئي.
- ▶ تعقب العمليات الكيمياءحيوية في الأوساط داخل الخلية في الجسم الحي باستخدام مجسات جزيئية متفلورة ومحسات نانوية.
- ▶ ابتكار حوامل نانوية للدواء تقترب أغلفتها بأجسام مضادة antibodies لاستهداف مولدات الأضداد antigens، والكروموفورات المتفلورة fluorescent chromophores للتعقب في الجسم الحي.

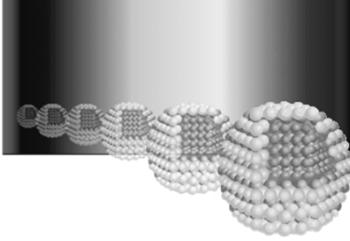
الكروموفور أو حامل اللون Chromophore

- ▶ هو الجزء من الجزيء المسؤول عن لون هذا الجزيء.
- ▶ ينشأ اللون عندما يمتص جزيء أطوالاً موجية معينة من الضوء المرئي ويمرر أو يعكس أطوالاً موجية أخرى.
- ▶ حامل اللون هو منطقة في الجزيء، حيث يقع فارق الطاقة بين مدارين جزيئيين مختلفين فيه ضمن مجال الطيف المرئي.
- ▶ يمكن للضوء المرئي الذي يسقط على الكروموفور أن يمتص بإثارة إلكترون من حالته المستقرة إلى الحالة المثارة.
- ▶ مثال: هيموغلوبين الدم الذي يمتص كل الألوان من الضوء ويمرر اللون الأحمر.

الفلورة Fluorescence

- ▶ هي إصدار الضوء من مادة سبق لها أن امتصت الضوء أو أي إشعاع كهربائيسي آخر.
- ▶ هي شكل من أشكال التألق.
- ▶ يكون للضوء الصادر، في معظم الحالات، طول موجة أطول من الإشعاع الممتص (وَمِنْ ثَمَّ طاقة أخفض).
- ▶ تحدث الأغلبية الساحقة لأمثلة الفلورة عندما يقع الإشعاع الممتص في مجال الأشعة فوق البنفسجية من الطيف، ثم يصدرها في المجال المرئي.
- ▶ مثال:
- ▶ الحساسات الكيميائية (مطيافية الفلورة).
- ▶ تتفلور بعض المواد لدى إضاءتها بالأشعة فوق البنفسجية وتستخدم في الكشف عن بصمات الأصابع وعن تزوير العملة.

النقاط الكمومية



جسيمات نقاط كمومية تصدر ضوء لذي إنارتها بمنبع طاقي



كرويّة من السيليس مغلّفة بغشاء من الذهب قطرها 100nm

▶ جسيمات نانوية تبدي بعض الخصائص الكمومية وهي نوعان:

▶ جسيمات صغيرة نصف ناقلة تتراوح أبعادها بين 2 و 5 نانومتر تتصف بالتألق لذي إضاءتها بضوء ليزر (أي تصدر الفلورة لذي تعرضها لحزمة ليزرية) والقطر النموذجي للنقاط الكمومية المصدرة للضوء هو 5 نانومتر.

▶ يمكن لكرويّة من السيليس (ثاني أكسيد السلكون) مغلّفة بغشاء من الذهب قطرها 100 نانومتر إذا تعرضت لطول موجة ليزرية مناسب أن يتولد على سطحها أمواج بلازمونية (أمواج كثافة إلكترونية) ترفع درجة حرارته إلى 45 درجة مئوية، وبالتالي يمكن أن تستعمل في معالجة الأورام.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

9

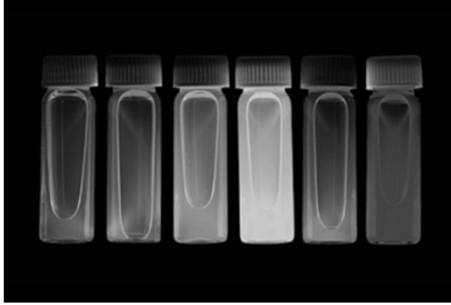
النقاط الكمومية والتحليل الجراثومي

- ▶ عند إثارة النقاط الكمومية التي تقدر أقطارها من 2 حتى 5 نانومتر بضوء ليزري طولاه الموجي $\lambda=365\text{ nm}$ ، فإنها تصدر الفلورة على الشكل التالي:
- ▶ النقاط الكمومية ذات القطر (5 nm) تصدر الطول الموجي الموافق للون الأحمر
- ▶ النقاط الكمومية ذات القطر (4 nm) تصدر الطول الموجي الموافق للون الأصفر
- ▶ النقاط الكمومية ذات القطر (3 nm) تصدر الطول الموجي الموافق للون الأخضر
- ▶ النقاط الكمومية ذات القطر (2 nm) تصدر الطول الموجي الموافق للون الأزرق
- ▶ فإذا وضعت أضداد لجراثيم معينة على هذه النقاط وبحيث يوضع ضد لجراثوم معين على نقاط بقطر معين فإنه يمكن باستخدام مجموعة من النقاط الموسومة بالأضداد الكشف عن جراثوم معين لذي إضاءتها بضوء الليزر، إذ لن يتفلور من النقاط إلا تلك التي وجدت المستضد الذي تحمل أضعاده.

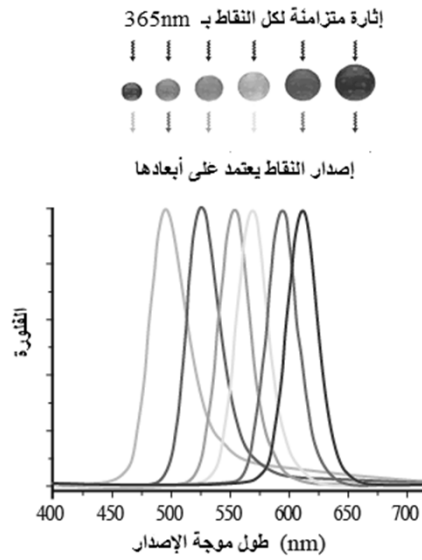
الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

11

النقاط الكمومية والتحليل الجراثومي



الفلورة الصادرة من النقاط الكمومية



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

الفسفرة Phosphorescence

- ▶ الفسفرة نوع خاص من التألق الضوئي يرتبط بالفلورة.
- ▶ لكن المادة التي تبدي الفسفرة، خلافاً للفلورة، لا تعيد إصدار الإشعاع الممتص فوراً ولكن بعد فترة زمنية معينة وبأطوال موجية مختلفة.
- ▶ من الأمثلة على المواد المتفسفرة تلك الألعاب التي تتألق في الظلام، والطلاءات، وعقارب الساعة التي تتألق لبعض الوقت بعد إثارتها بضوء أبيض.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

13

الفلورة والكشف عن الأورام

- ▶ يمكن الكشف عن الأورام بتعريضها عملياً لإشعاع منابع ليزرية يتكون وسطها الفعال من صباغ منحل في مادة سائلة يمكن تكيف طوله الموجي مع القيمة المطلوبة. تقدر استطاعة هذه المصادر حوالي 2 واط.
- ▶ يستمر التعرض لإشعاع الليزر لبضع عشرات من الدقائق، فإذا صادف ذلك وجود مادة متحسسة لضوء الليزر في الورم (كالهيماتوبرفرين) والتي تتميز بإصدار إشعاع فلورة فيمكن إظهار وجود أورام صغيرة في وقت مبكر جداً.
- ▶ بالإضافة إلى إمكانية تخريب الورم بالاستفادة من خاصية الامتصاص كأسلوب معالجة فوتوديناميكية للأورام.
- ▶ يمكن للفلورة الداخلية المنشأ المتحررة بالليزر في مختلف الأصبغة الطبيعية للنسج أن تسهم في تعيين هوية هذه النسج.
- ▶ تكون الفلورة الذاتية في الخلايا الورمية أضعف منها بكثير في الخلايا السليمة (تهبط إلى النصف في أورام القصات وأضعف بعشرين مرة في أورام المثانة).
- ▶ تستخدم مواد نانوية لتحسين التباين بين الخلايا الورمية والخلايا السليمة.

التصوير بالفوتونات المتعددة

- ▶ يمكن أن تحدث الإثارة بعدد من الفوتونات للانتقال من مستوى أول إلى مستوى ثانٍ بدلاً من استخدام فوتون واحد وتتميز بالتالي بعدد من الميزات:
- ▶ في الحالة العادية: (فوتون واحد) نحصل على فلورة.
- ▶ في الحالة الثانية: يستخدم ضوء طويل الموجة لأن طاقة الفوتونات تكون أخفض بحيث لا يثار الجزيء الواحد إلا عند اصطدامه بعدة فوتونات في آن معاً.
- ▶ لا تظهر الإثارة متعددة الفوتونات إلا باستخدام ضوء الليزر.
- ▶ تكفل الليزر ذات النبضات الفائقة القصر تأمين الشدات المطلوبة، وذلك بتحرير استطاعة وسطية ضعيفة إلى حد كاف لتجنب إتلاف الأنسجة فضلاً عن أن الأطوال الموجية الطويلة تخترق النسج بشكل أفضل وذات ضرر أقل منه في حالة الأطوال الموجية الأقصر.
- ▶ تولد هذه التقنيات صوراً ثلاثية الأبعاد للنسج الحية بوضوح ودقة عالية.

المراجع

- ▶ الفيزياء للسنة التحضيرية في الكليات الطبية، وزارة التعليم العالي، د.سهام طرابيشي وآخرين، 2016
- ▶ محاضرات الفيزياء للسنة التحضيرية. د. سهام طرابيشي
- ▶ محاضرات فيزياء التصوير التشخيصي، د.م. يحيى لحفي، ماجستير الفيزياء الطبية، قسم الفيزياء، كلية العلوم ، 2017