البلازمونات تُحول الضوء إلى جهد

طوَّر باحثون أمريكيون وأوروبيون طريقة جديدة من أجل خلق **فرق الكمون** عبر تسليط ضوء على مادة صلبة. على النقيض من الأجهزة الفولتضوئية، لا يعتمد النظام الجديد على أنصاف النواقل وإنما على بلازمونات (**plasmons**) سطحية موجودة ضمن بُنى نانوية معدنية صغيرة؛ ويعمل الفريق الآن على خلق أنواع جديدة من الأجهزة التي تُحول الضوء إلى طاقة كهربائية.

البلازمونات السطحية عبارة عن حالات إثارة جماعية للإلكترونات الموجودة على سطح معدن يتفاعل بشكلٍ قوي مع الضوء؛ كنتيجة لذلك، تتمتع البلازمونات بأهمية تقنية كبيرة لكونها واجهة واصِلة بين الالكترونيات والفوتونيات؛ تكون تلك التفاعلات أقوى ما يُمكن عند ترددات رنين البلازمون والتي تُحدد بحجم الجسم وشكله وكثافة شحنته.

في العام 2009، طبق باول مولفاني (**Paul Mulvaney**) وزملاؤه من جامعة ميلبورن في استراليا كموناً كهربائياً على جسيمات ذهب نانوية ووجدوا بأنه بإمكانهم تعديل تردد رنين البلازمون عبر حقن أم إزالة إلكترونات.

● الليزر الجارف

في العمل الجديد، بيَّن هاري اتواتر (**Harry Atwater**)، وزملاؤه من جامعة كاليفورنيا للتكنولوجيا مع باحثين من هولندا، أنه يُمكن كذلك الحصول على الأمر المعاكس لما سبق:

يُمكن تحفيز كمون سطحي عبر استخدام الضوء من أجل تعديل كثافة الشحنة في **الجسيم النانوي**. قام الفريق بصناعة مادته البلازمونية عبر وصل قضبان ذهبية نانوية، يبلغ طول موجتها ذات رنين بلازمونية **550** نانومتر، مع ركيزة من الأكسجين–القصدير–الإنديوم؛ وبعد ذلك أطلق الفريق ليزر قابل للتقسيم والضبط على البنية المصنوعة وغيروا تردد الطول الموجي لليزر على طول المجال الممتد من **480** نانومتر إلى **650** نانومتر. خلال عملية **تسليط الليزر** هذه، تمت مراقبة الكمون فوق سطح المادة عبر استخدام الطرف الموصل لمجهر القوة الذرية.

عندما وصل الليزر إلى تردد الرنين الخاص بـ**البلازمون السطحي**، لم يُحفز أي جهد. لكن الإشعاع الذي تعرضا له جانبي السطح عند تردد الرنين أدّى إلى إنتاج جهد. عندما كان الطول الموجي أقل من **550** نانومتر، تم قياس كمون سالب في القضبان الذهبية، في حين أدت أطول الأمواج إلى إنتاج فرق كمون موجب. وجد الفريق أن قيمة فرق الكمون تتعلق بالمعدل الذي يتم عنده تغير امتصاص الضوء بالنسبة لتردده؛ وتم الوصول إلى الكمون الأكبر، عبر الإضاءة بالليزر، عند الطول الموجي **500** نانومتر. يُقدم أتواتر شرحاً دينامي–حراري لهذه المراقبة:

"إذا قمت بتسليط الضوء على البنية، فإن تخفيض الطاقة الحرة سيتسبب في محاولة البنية التوافق مع كثافة الشحنة من أجل جلب نفسها نحو حالة الرنين مع الضوء المثار". أطلق الباحثون على هذه الظاهرة اسم المفعول البلازمو–كهربائي (**plasmoelectric effect**).

● نموذج ناجح

استخدم الفريق بعد ذلك هذا النموذج من أجل التنبؤ بالتردد المولِد لفروق الجهد الأعظمية عند ضبطه؛ ووجد الفريق تطابقاً كبيراً مع النتائج التجريبية. تحقُّق الباحثون أيضاً من إمكانية تطبيق ذلك النموذج بشكلٍ عام؛ تم ذلك الفحص بالاعتماد على نوع مختلف من المواد البلازمونية: صفيحة ذهبية رقيقة وتمتلك نمط دوري مكون من ثقوب بأبعاد **10** ميكرون مثبتة على دعامة زجاجية. فضلا على ذلك، برهنت هذه الصفيحة على وجود مفعول **بلازمو–كهربائي** عند فروق جهد موجبة وسالبة كما تنبّأها النموذج سابقا.

في الوقت الذي تُنتج فيه الأجهزة، التي ذكرها الفريق، فرقاً في الجهد ناتج عن إضاءتها، يقوم الفريق حالياً بالعمل على جهاز سيقوم بإيصال طاقة كهربائية مفيدة وبالتالي يعمل بشكلٍ مشابه للخلية الشمسية.

يعتقد اتواتر أنه بإمكان مثل هذا الجهاز التكامل مع الخلايا الفولتضوئية التقليدية والمصنوعة من أنصاف النواقل، ويُضيف "يُمكن لأي خلية شمسية مؤلفة من مادة وحيدة أن تحول فقط الطاقة من الفوتونات التي تمتلك طاقة أكبر من طاقة نطاق–الفجوة. يُمكن استخدام جهازنا خلف **خلية فولتضوئية** تقليدية قصد عزل مجال الأشعة تحت الحمراء من الطيف، لأنه بإمكاني تصميم بنية بلازمونية تتجانس مع حالة الرنين الموجودة عند أي تردد كان ".

- **فيزياء مذهلة**

يقول توماس إبزين (**Thomas Ebbesen**) من جامعة ستراسبورغ "أجد هذا العمل مؤثراً جداً. إذا كان ممكن لمثل هذا الشيء أن يُصبح فعالاً كطريقة لتحويل الطاقة، سيكون حينها أمراً مهماً من الناحية التقنية. لكن بصرف النظر عن ذلك، أجد الفيزياء التي يعتمد عليها ذلك العمل مثيرة جداً للاهتمام من وجهة نظر دينامية حرارية ".

أورتن هيس(**Ortwin Hess**)، من الكلية الملكية في لندن، مُعْجَب أيضاً ويريد معرفة المزيد:

"يبدو أن الديناميكا الحرارية تدعم عملهم التجريبي والمحاكاة التي أجروها؛ وأنا في الحقيقة سعيدٌ جداً بذلك. غير أنه، من وجهة نظر مجهرية، تتألف البلازمونات من الالكترونات وأود معرفة كيف يجري الأمر في النهاية".

'يعمل الباحثون الآن على الإجابة عن هذا السؤال، ويقول اتواتر بأنه ستصدر وثيقة علمية تعرض هذه النظرية في المستقبل القريب".

- التاريخ: 2015-03-17
- التصنيف: فيزياء

#تكنولوجيا #ميكانيك الكم #الليزر #الأجهزة الفولتضوئية #نانو تكنولوجي

المصطلحات

- **البلازمون (plasmons)**: هو "كم" الاهتزاز في البلازما، ويُمكن النظر إليه على أنه شبه جسيم لأنه ينتج عن "تكميم" اهتزازات البلازما، بشكلٍ مشابه لتكميم الفونونات في الاهتزازات الميكانيكية.

المصادر

- physicsworld.com

المساهمون

- ترجمة
  - همام بيطار
- مُراجعة
  - إيمان العماري
- تحرير
  - مي الشاهد
- تصميم

- نادر النوري

- نشر
  - يوسف صبوح