

La spectroscopie à deux photons

Escabeau vers le laser

Une combinaison des radiations du laser et de celles d'une source de micro-ondes donne un spectroscopie de grande puissance et de grande souplesse d'utilisation pour étudier les molécules.



Herzberg Institute of Astrophysics

Institut Herzberg d'astrophysique

Grâce à la spectroscopie, il est possible de "prendre les empreintes digitales de la matière". Le Dr Takeshi Oka, de l'Institut Herzberg d'astrophysique du Conseil national de recherches a récemment perfectionné une technique qui augmente considérablement la précision et la sensibilité de cette importante méthode de sondage de la nature. En combinant des radiations émanant d'un laser et d'une source de micro-ondes dans un spectroscopie à deux photons, il a pu rendre possible l'étude précise des vibrations et des rotations de petites molécules.

La configuration des raies qui constitue un spectre est caractéristique de la molécule particulière étudiée et peut par conséquent être utilisée pour l'identifier. De connaître son spectre permet de détecter une molécule dans un échantillon de laboratoire ou, en examinant les radiations qui atteignent la Terre, dans les atmosphères planétaires, les comètes ou l'espace interstellaire. Puisque les raies spectrales sont sensibles à l'environnement moléculaire, il devient possible en examinant l'apparence et le décalage de ces raies, de déduire les propriétés physiques de l'environnement et les réactions chimiques auxquelles la molécule participe.

Une molécule qui a absorbé de l'énergie est dite dans un état excité; on dit aussi qu'elle a subi une transition vers un niveau d'énergie plus élevé. Cet état excité peut impliquer, par exemple, les vibrations et les rotations de la molécule et même certains réarrangements internes des atomes qui la constituent. Puisque chacun de ces processus est associé à une quantité définie d'énergie, de savoir avec précision quels sont les niveaux d'énergie moléculaire permet aux savants d'obtenir des renseignements précieux sur la structure et le comportement des molécules.

La spectroscopie permet de mesurer l'énergie sous la forme d'un rayonnement électromagnétique nécessaire pour exciter les molécules et fournir des informations sur les niveaux particuliers d'énergie impliqués grâce à l'enregistrement des fréquences auxquelles ces radiations sont

absorbées. Cependant, la source des radiations employée dans les instruments traditionnels de spectroscopie possède une stabilité et une intensité qui ne satisfont pas les besoins rigoureux des scientifiques d'aujourd'hui. Avec l'avènement du laser, la spectroscopie a pu utiliser une source de radiation d'une puissance et d'une stabilité exceptionnelles, ce qui permet de faire des expériences d'une précision à laquelle on ne s'attendait pas jusqu'à maintenant. Malgré ces avantages, le laser présente un inconvénient pour les spécialistes de la spectroscopie en ce sens que son rayonnement est mis sur une seule fréquence. Pour une molécule donnée, c'est par hasard que cette fréquence coïncide avec celle des transitions moléculaires. Comme le Dr Oka nous l'a dit: "Le laser infrarouge est une source merveilleuse de radiations intenses, monochromatiques et stables mais leur fréquence n'est tout simplement pas réglable."

Dans le domaine du visible, le développement des lasers réglables à colorants a permis d'obtenir des radiations dans une grande gamme de fréquences. Le Dr Oka toutefois, pour étudier les vibrations moléculaires, a besoin de disposer de radiations variables dans l'infrarouge et il ne dispose d'aucune machine réglable. Il nous a dit: "Les experts en laser travaillent sur ce problème mais nous ne pouvions tout simplement pas attendre leurs résultats." Le problème, comme il le voit, consistait à exploiter les avantages du laser sans être gêné par son manque de souplesse d'utilisation en raison de sa fréquence unique. Mais comment pouvait-il adapter cette fréquence unique à la couverture d'une gamme d'énergies moléculaires? Écoutons-le: "Je me trouvais un peu dans la position de celui qui essaie d'attraper quelque chose sur un rayon élevé mais qui n'est pas tout à fait assez grand pour l'atteindre. Il faut donc monter sur un escabeau." L'escabeau que le Dr Oka a trouvé se présente sous la forme de radiations émanant d'une source de micro-ondes. Ces radiations ont une fréquence plus faible que celle du laser infrarouge et peuvent être produites facilement sous une forme réglable à l'aide d'appareils traditionnels.