

Jak pozytony mierzą rozmiary atomów i molekuł

K. Fedus

*Institut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń
e-mail: kamil@fizyka.umk.pl*

Albert Einstein w drugim z serii czterech artykułów z 1905 roku, „które zmieniły świat” [1], tym na temat ruchów Browna [2] pytał o „dokładne rozmiary atomów” (*eine exakte Bestimmung der wahren Atomgröße möglich*). W kilka lat później Jean-Baptiste Perrin, wykorzystując analizę Einsteina, oszacował po raz pierwszy eksperymentalnie wymiary drobin materii przy pomocy ultramikroskopu optycznego. Rozmiary pojedynczych atomów można wyznaczyć metodami, jak dyfrakcja rentgenowska, badania lepkości, równanie stanu van der Waalsa [3]. Elektrony (o „klasycznym” promieniu rzędu 10^{-15} m) mogły by być idealnym „pociskiem” dla pomiaru rozmiarów (*ca.* 10^{-10} m) atomów. Niestety, kwantowy charakter rozpraszania, w szczególności występowanie minimum Ramsauera, czyni nieoczywistym wyznaczenie rozmiarów atomów dla gazów innych niż He, zob. np. [4].

Pomiary przekrojów całkowitych na rozpraszanie pozytonów na atomach większości gazów szlachetnych i prostych molekułach [5] wykazały stałe wartości (tj. niezależne od energii) w zakresie od około 1 eV aż do progu na tworzenie pozytonium. Karwasz w 2005 r. zauważył, że przekroje te skalują się jak spodziewane rozmiary atomów i molekuł [6]. Taki rezultat byłby przewidziany przez klasyczną teorię rozpraszania na twardych kulach. Niestety, rozkłady kątowe rozpraszania hipotezy nie potwierdzają.

Mechanika kwantowa, a dokładniej analityczne rozwiązania równania Schrödingera, opisujące rozpraszanie na potencjale polaryzacyjnym z krótko-zasięgowym oddziaływaniem odpychającym, znakomicie oddaje przekroje czynne w granicy zerowej energii dla elektronów i pozytonów [7-10]. W serii prac z 2015 r. wykazaliśmy, że szczególnie uproszczona postać potencjału krótko-zasięgowego – półempiryczny kwantowy model „sztywnej kuli” [11] także pozwala na odtworzenie rozpraszania pozytonów aż do progu na tworzenie pozytonium dla większości gazów szlachetnych i prostych molekuł [12]. Wyznaczone rozmiary atomów w ramach modelu doskonale pokrywają się z pozycjami głównych maksimów w radialnym rozkładzie gęstości elektronów walencyjnych, które obliczono metodami mechaniki kwantowej. Dalsze prace pokazały, że również przekroje nieelastyczne na rozpraszanie pozytonów można modelować za pomocą relatywnie prostych modeli półempirycznych [13, 14]. Pozostaje pytanie, dla czego rozpraszanie pozytonów, z natury kwantowe, można przybliżyć klasycznie [15].

Bibliografia

- [1] Karwasz G., Na ścieżkach fizyki współczesnej, Zjazd PTF Gdańsk, 2003.
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl>
- [2] Einstein A., Ann. Phys. 17, 549 (1905).
- [3] Karwasz G., Rozprawa doktorska, Uniwersytet Gdańsk, 1991.
- [4] Borghesani A. F., Atoms 9 (3), 52 (2021).
- [5] Karwasz G. P., Eur. Phys. J. D 35, 267 (2005).
- [6] G. Karwasz, 13th General Conference European Physical Society, Bern Switzerland, 11-15 July 2005, p. 107.
- [7] Idziaszek Z., Karwasz G., Phys. Rev. A 73, 064701 (2006).
- [8] Fedus K., Karwasz G. P., Idziaszek Z., Phys. Rev. A 88, 012704 (2013).
- [9] Fedus K., Franz J., Karwasz G., Phys. Rev. A 91, 062701 (2015).
- [10] Fedus K., Braz. J. Phys. 44, 622 (2014); Braz. J. Phys. 46, 1 (2016); Phys. Scr. 89, 105401 (2014).
- [11] Fedus K., Eur. Phys. J. D 70, 261 (2016).
- [12] Franz J., Fedus K., Karwasz G., Eur. Phys. J. D 70, 155 (2016).
- [13] Fedus K., Karwasz G., Phys. Rev. A 100, 062702 (2019).
- [14] Franz M., Wiciak-Pawłowska K., Franz J., Atoms 9 (4), 99 (2021).
- [15] Karwasz G. P., Eur. Phys. J. D 37, 153 (2006).