Le contact à trois corps du gaz de Fermi unitaire

A trois dimensions, pour une interaction attractive d'intensité accordée, l'énergie d'un état lié à deux corps s'annule, et la longueur de diffusion diverge. Un gaz de fermions de spin $1/2$ avec une telle interaction résonnante est universel dans la limite de basse densité ($i.e.$, la limite de portée nulle). C'est le gaz de Fermi unitaire.

Dans ce gaz, le nombre de *paires* de particules séparées par une distance $< \epsilon$ se comporte en $C_2\,\epsilon$ pour $\epsilon \to 0$, où C_2 est le "contact à 2 corps". C_2 a fait l'objet de nombreux travaux expérimentaux et théoriques dans le domaine des atomes froids (avec également des développement reliés en physique nucléaire).

Considérons maintenant le nombre de *triplets* de particules séparées par des distances $< \epsilon$. Il se comporte en $C_3\,\epsilon^{2s+2}$, où C_3 est le "contact à 3 corps", et l'exposant $s = 1.772724267$ provient de la solution du problème à 3 corps unitaire [1].

Nous avons déterminé expérimentalement C_3 en fonction de la température [2]. Dans le régime non-dégénéré, nos résultats sont en accord avec le développement du viriel [3]. A basse température, nous observons une diminution de C_3 très forte et inattendue. Comprendre cet effet et le reproduire par le calcul sont des défis théoriques ouverts.

Je présenterai également les deux ingrédients nous ayant permis d'effectuer cette détermination de $C_3(N)$ pour un nombre d'atomes N grand:

- la mesure expérimentale du taux de pertes à 3 corps $\Gamma_3(N)$ pour N grand
- dans le cas de $N = 3$ atomes piégés, la mesure de $\Gamma_3(3)$ et le calcul de $C_3(3)$, dont nous déduisons le ratio $\dfrac{\Gamma_3(3)}{C_3(3)} = \dfrac{\Gamma_3(N)}{C_3(N)}$.

---

[1] FW et X. Leyronas, Comptes Rendus Physique **25**, 179 (2024)

[2] C. Heintze, P. Lunt, M. Galka, S. Jochim, K. Oi, S. Endo, D. Blume, FW, *en préparation*

[3] X. Leyronas et FW, *en préparation*

Three-body contact of the unitary Fermi gas

In 3D, for an attractive fine-tuned interaction, the energy of a two-body bound state vanishes, and the scattering length diverges. A gas of spin $1/2$ fermions with such a resonant interaction is universal in the low-density limit ($i.e.$, in the zero-range limit). This is the unitary gas.

In this gas, the number of $pairs$ of particles separated by a distance $<\epsilon$ behaves as $C_2\,\epsilon$ for $\epsilon \to 0$, where C_2 is the "2-body contact". C_2 was the subject of numerous experimental and theoretical studies in the field of cold atoms (with related developments in nuclear physics).

Now consider the number of $triplets$ of particles separated by distances $<\epsilon$. It behaves as $C_3\,\epsilon^{2s+2}$, where C_3 is the "3-body contact", and the exponent $s = 1.772724267$ comes from the solution of the unitary 3-body problem [1].

We have experimentally determined C_3 as a function of temperature [2]. In the non-degenerate regime, our results agree with the virial expansion [3]. At low temperature, we observe an unexpected strong decrease of C_3. Understanding this effect and reproducing it by a computation are open theoretical challenges.

I will also present the two ingredients which allowed us to perform this determination of $C_3(N)$ for a large number of atoms N:

- the experimental measurement of the 3-body loss rate $\Gamma_3(N)$ for N large
- in the case of $N=3$ trapped atoms, the measurement of $\Gamma_3(3)$

  and the computation of $C_3(3)$, from which we deduce the ratio $\dfrac{\Gamma_3(3)}{C_3(3)} = \dfrac{\Gamma_3(N)}{C_3(N)}$.

---

[1] FW and X. Leyronas, Comptes Rendus Physique **25**, 179 (2024)

[2] C. Heintze, P. Lunt, M. Galka, S. Jochim, K. Oi, S. Endo, D. Blume, FW, *in preparation*

[3] X. Leyronas and FW, *in preparation*