

Estados hidrodinámicos no estacionarios en el flujo longitudinal uniforme de un gas granular. Cumulantes y función de distribución

Antonio Astillero* y Andrés Santos^{†,‡}

Departamento de Tecnología de Computadores y Comunicaciones
Universidad de Extremadura, 06800 Mérida

Un gas granular es un tipo particular de sistema complejo en el que una de las características más sobresalientes que lo definen es la disipación de energía que se produce cuando tiene lugar una colisión entre partículas. Además de su interés en aplicaciones industriales y tecnológicas, los gases granulares son importantes desde un punto de vista fundamental, teniendo en cuenta que se trata de sistemas físicos inherentemente alejados del equilibrio y, por tanto, mostrando un rico comportamiento complejo.

Una de las maneras más sencillas de modelizar un gas granular es suponer que está formado por un conjunto de esferas duras inelásticas lisas con un coeficiente de restitución normal α . En el régimen diluido, una aproximación a este tipo de sistemas físicos utilizando la teoría cinética (basada en las ecuaciones de Boltzmann y Enskog convenientemente adaptadas a la inelasticidad de las colisiones entre partículas) ha resultado ser muy eficaz¹.

En este trabajo, partimos de un gas granular sometido a condiciones de flujo longitudinal uniforme² (ULF) y estudiamos la evolución temporal de la función de distribución de velocidades de una partícula y de sus momentos en la etapa *hidrodinámica*³, que comienza una vez que la etapa cinética inicial (muy sensible por cierto a las condiciones iniciales) ha comenzado a decaer. Los elementos básicos que definen este flujo^{2,3} son un campo de velocidades longitudinal y lineal $u_x(x, t) = a(t)x$, donde $a(t) = a_0/(1 + a_0t)$ es el gradiente de velocidad, una densidad uniforme $n(t) \propto a(t)$ y una temperatura granular $T(t)$ también uniforme. En un gas granular caracterizado por un coeficiente de restitución normal constante α , el parámetro de control relevante del problema es el gradiente de velocidad reducido $a^*(t) = a(t)/\nu(t)$ (que representa el papel de número de Knudsen), donde $\nu(t) \propto n(t)\sqrt{T(t)}$ es una frecuencia de colisión efectiva.

En un trabajo reciente³, se presentaron resultados de simulaciones DSMC⁴ correspondientes a la evolución hidrodinámica de la viscosidad tangencial no newtoniana (reducida) $\eta^*(a^*) = \frac{3}{4}(1 - T_x/T)/a^*$, donde T_x es la temperatura parcial a lo largo de la dirección x , en función de a^* . El objetivo del presente trabajo es extender aquel análisis a los momentos de orden superior, tales como el segundo (a_2) y tercer (a_3) cumulantes, así como a la función de distribución de velocidades.

A modo de ejemplo, en la figura 1 se representa a_2

frente a a^* para $\alpha = 0.5$. El círculo abierto representa el estado estacionario, el cual juega el papel de atractor en la evolución cuando $a^* < 0$. El punto negro en $a^* = 0$ corresponde al estado de enfriamiento homogéneo, que hace de repulsor en la evolución, tanto para $a^* < 0$ como para $a^* > 0$. Observamos que tras la etapa cinética, que dura apenas unas pocas colisiones por partícula, las curvas correspondientes a condiciones iniciales diferentes tienden a colapsar todas en una curva común.

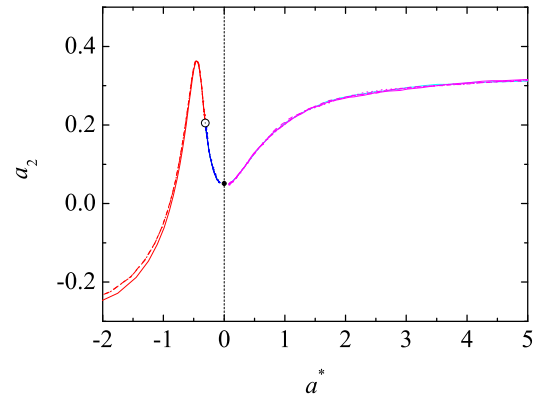


FIG. 1. Representación del segundo cumulante de la velocidad $a_2(t)$ frente al gradiente de velocidad reducido $a^*(t)$ para $\alpha = 0.5$.

* aavivas@unex.es

<http://www1.unex.es/eweb/fisteor/antonio.astillero>

[†] Departamento de Física, Universidad de Extremadura, 06071 Badajoz

[‡] andres@unex.es

<http://www1.unex.es/eweb/fisteor/andres>

¹ N. Brilliantov and T. Pöschel, *Kinetic theory of granular gases* (Oxford University Press, Oxford, 2004).

² A. Santos, in *Rarefied Gas Dynamics: Proceedings of the 26th International Symposium on Rarefied Gas Dynamics*, Takashi Abe, ed. (AIP Conference Proceedings, vol. 1084, Melville, NY, 2009), pp. 93-98.

³ A. Astillero and A. Santos, *Phys. Rev. E* **85**, 021302 (2012).

⁴ G. A. Bird, in *Molecular gas dynamics and the direct simulation of gas flows*, Oxford Science Publications, Oxford (1994).