

Impureza en un gas granular bajo flujo laminar de Couette no lineal

Francisco Vega Reyes, Vicente Garz3 y Andr3s Santos

Departamento de F3sica, Universidad de Extremadura, 06071 Badajoz

El estudio de los procesos de transporte de medios granulares tiene un obvio inter3s cient3fico, motivado en gran parte por las innumerables aplicaciones pr3cticas que su control tiene. El l3mite de gas granular (baja densidad, flujos r3pidos) es una de las situaciones m3s estudiadas tanto a nivel experimental como te3rico. El modelo colisional m3s usado es el de esfera dura, en el que la inelasticidad de las colisiones viene caracterizada por el coeficiente de restituci3n normal α . Extendiendo los resultados de la teor3a de Chapman–Enskog a gases granulares, es posible calcular los coeficientes de transporte de Navier–Stokes, tanto para el gas monocomponente como para mezclas binarias y polidispersas. Esto permitir3a en principio describir fen3menos de transporte en diversos sistemas granulares. Sin embargo, el hecho de que, en situaciones de flujo estacionario, el m3nimo del n3mero de Knudsen asociado crezca muy r3pidamente con la inelasticidad hace que estos coeficientes no sean en general de gran utilidad pr3ctica. Para empezar, no son adecuados para el an3logo en medios granulares de muchos problemas cl3sicos de mec3nica de fluidos. Un ejemplo b3sico son los flujos laminares unidireccionales a presi3n constante (el flujo de Couette).

ria en el l3mite de muy baja fracci3n molar de una de las componentes (impureza). Demostramos adem3s que en este sistema siempre se tiende a la soluci3n especial $\mathbf{u}_1 = \mathbf{u}_2$ (la velocidad de flujo para la impureza y el ba3o son iguales). Para ello, usamos un modelo cin3tico del tipo BGK, recientemente extendido a mezclas de gases granulares¹ y resolvemos te3ricamente los perfiles y los flujos hidrodin3micos para la impureza. Esta soluci3n te3rica se obtiene haciendo uso, para el gas en exceso, de la soluci3n del flujo de Couette no lineal para un gas granular monocomponente, encontrada en un trabajo previo². Posteriormente, comprobamos que la soluci3n te3rica hallada coincide con los resultados obtenidos de la simulaci3n Monte Carlo del modelo cin3tico utilizado y que, en efecto, las simulaciones remiten siempre a soluciones del tipo $p_1 = \text{cte}$, $p_2 = \text{cte}$, $\mathbf{u}_1 = \mathbf{u}_2$ (figura 1). Por 3ltimo, calculamos los coeficientes de transporte asociados al tensor de tensiones y al flujo de calor de la impureza y comprobamos que para todos ellos el acuerdo entre la soluci3n te3rica y la simulaci3n es excelente. A modo de ejemplo, mostramos en la figura 2 los resultados para la viscosidad.

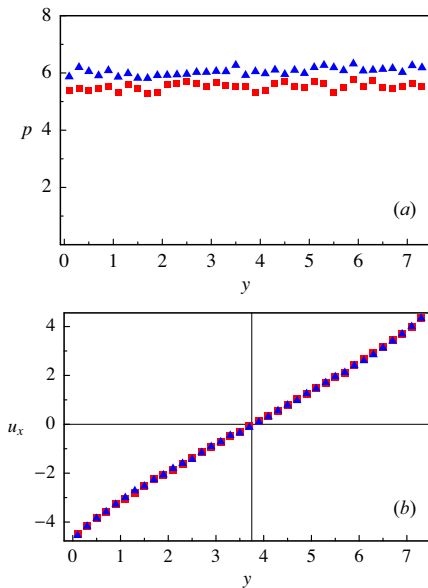


Figura 1. Perfiles de presi3n (a) y velocidad de flujo (b) para una simulaci3n de Monte Carlo con $\alpha = 0.9$, y masa y radio relativos $m_1/m_2 = 2.0$ y $\sigma_1/\sigma_2 = 1$, respectivamente. Los cuadrados y los tri3ngulos corresponden a los resultados para el ba3o y para la impureza, respectivamente.

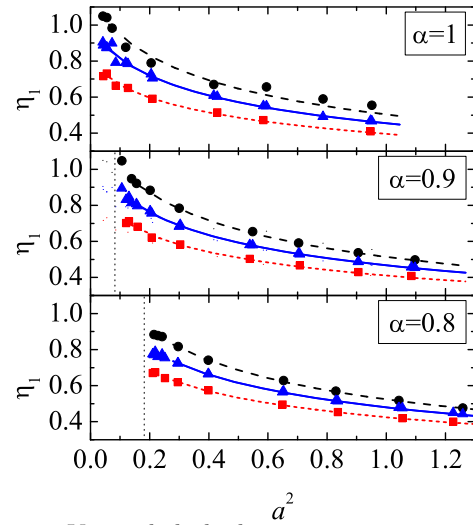


Figura 2. Viscosidad de la impureza, para valores de masa relativa $m_1/m_2 = 2$ (l3neas discontinuas y c3rculos), $m_1/m_2 = 1$ (l3neas continuas y tri3ngulos) y $m_1/m_2 = 0.5$ (l3neas de puntos y cuadrados). Las l3neas se refieren a los resultados te3ricos y las series de s3mbolos a los de simulaci3n. En todos los casos, $\sigma_1/\sigma_2 = 1$.

En el presente estudio mostramos que, en geometr3a plana, el flujo de Couette admite una descripci3n hidrodin3mica no lineal para una mezcla granular bina-

¹ F. Vega Reyes, V. Garz3, and A. Santos, Phys. Rev. E **75**, 061306 (2007).

² M. Tij *et al.*, J. Stat. Phys. **103**, 1035 (2001).