

Cálculo dos Coeficientes de Arrasto e Sustentação em uma Placa Imersa em um Gás no Regime de Moléculas Livres

Juan Felipe Cardoso Elias¹ and Denize Kalempa²

Escola de Engenharia de Lorena USP, Lorena, SP

O objetivo do presente trabalho é calcular os coeficientes de arrasto e sustentação para uma placa infinita e plana imersa em um gás rarefeito. Os coeficientes aerodinâmicos dependem de vários parâmetros, especificamente, do número de Knudsen, que caracteriza o grau de rarefação do gás, do número de Mach, do ângulo de ataque e da temperatura da placa. Neste trabalho assumimos que o número de Knudsen, definido como a razão entre o livre caminho médio molecular e um comprimento característico do sistema gasoso em estudo, é muito grande. Isso equivale a dizer que o sistema gasoso em estudo tem um alto grau de rarefação tal que a interação intermolecular pode ser desprezada em comparação com a interação gás-superfície (regime de moléculas livres). Nessa situação, encontrada em muitos problemas que envolvem a aerodinâmica de veículos espaciais e satélites, tecnologias de vácuo, microssistemas eletrônicos e mecânicos, transporte de aerossóis na atmosfera, entre outros, as equações da mecânica dos meios contínuos não são válidas e outras abordagens devem ser utilizadas, e.g. métodos de teoria cinética dos gases, baseados na solução da equação de Boltzmann. No problema proposto, a equação integro-diferencial de Boltzmann se reduz a uma equação diferencial cuja solução pode ser obtida analiticamente. De fato, o problema é resolvido utilizando uma relação entre as funções de distribuição de velocidades moleculares das moléculas incidentes e refletidas na placa [1] e um modelo de interação gás-superfície apropriado para analisar a influência da interação gás-superfície nos coeficientes aerodinâmicos. A hipótese de espalhamento difuso das moléculas na superfície sólida é muito utilizada devido à sua simplicidade matemática. Entretanto, há situações em que essa hipótese não é válida. No presente trabalho, o modelo de interação gás-superfície proposto por Cercignani e Lampis [2] é utilizado na condição de contorno. Apesar da complexidade matemática, esse modelo de interação gás-superfície é considerado mais apropriado para descrever a física da interação gás-superfície pois nele são introduzidos dois coeficientes de acomodação, um para momentum tangencial e outro para energia das moléculas na superfície. A força na placa é calculada usando conceitos estatísticos para encontrar a pressão e a tensão cisalhante do gás na placa. Como resultados, expressões para os coeficientes de arrasto e sustentação são obtidos como funções do ângulo de ataque, do número de Mach e dos coeficientes de acomodação que caracterizam a interação gás-superfície.

Referências

- [1] F Sharipov. **Rarefied Gas Dynamics. Fundamentals for Research and Practice**. Berlin: Wiley-VCH, 2016.
- [2] C Cercignani e M Lampis. “Free Molecular Flow Past a Flat Plate in the Presence of a Non-trivial Gas-Surface Interaction”. Em: **J. Appl. Math. Phys. (ZAMP)** 23 (1972), pp. 713–728.

¹juan.elias@usp.br

²kalempa@usp.br