

# Seyreltik Gaz Dinamiđi



# AKIŞ BÖLGELERİ

- Gaz akışlarında seyreltilik  $\lambda$  (ortalama serbest yol) ve  $L$  (karakteristik boyut)'un oranı olan Knudsen sayısı ile tanımlanır.

- $Kn = \frac{\lambda}{L}$

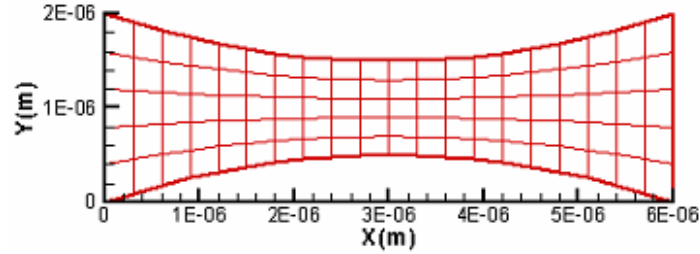
Kn Sayısı	Akış Bölgesi	Çözüm Yöntemleri
$Kn < 0.01$	Sürekli Ortam	Navier-Stokes Denklemleri
$0.01 < Kn < 0.1$	Kayma	Kayma hızı/sıcaklık atlaması uygulanan Navier-Stokes Denklemleri
$0.1 < Kn < 10$	Geçiş	Burnett Denklemleri veya Moleküler Yöntemler
$Kn > 10$	Serbest Molekül	Moleküler Yöntemler

# DOĞRUDAN BENZETİM MONTE CARLO (DSMC) YÖNTEMİ

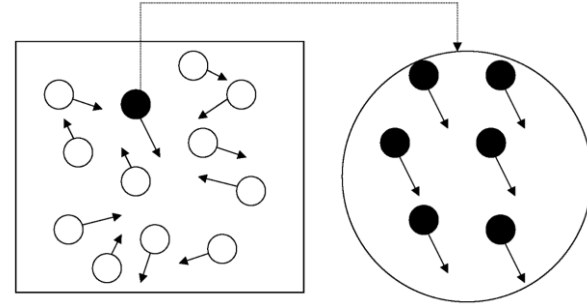
- Yüksek Kn sayılı gaz akışlarında kullanılan moleküler temelli bir yöntemdir.
- Seyreltik gaz koşullarının oluşması için gereken yüksek Kn sayıları
  - Gaz yoğunluğunun az olduğu bölgelerde örneğin atmosferin üst katmanlarında veya
  - Karakteristik boyutun küçük olduğu mikro-nano gaz akışlarında görülür.
- DSMC yöntemi sadece seyreltik gaz akışları ile kısıtlı olmamakla birlikte, düşük Kn sayılarında yüksek hesaplama maliyeti sebebiyle tercih edilmemektedir.
- Fiziksel bir model olduğu için, matematiksel modellerde mevcut yapay kararsızlık problemlerini içermez.
- Gaz-duvar etkileşimi, gaz karışımları, kimyasal reaksiyonlar ve yüklü parçacıklar kolayca modellenenir.

# Doğrudan Benzetim Monte Carlo (DSMC) Yöntemi

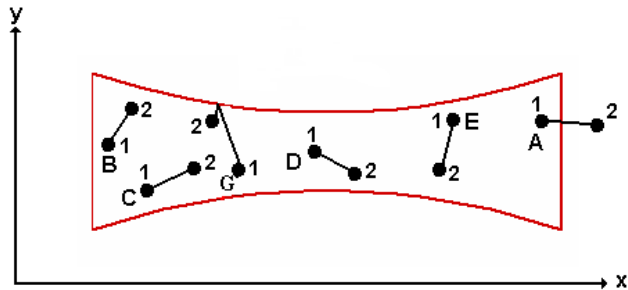
Akış alanı ortalama-serbest-yol ölçüğünde hücrelere bölünür.



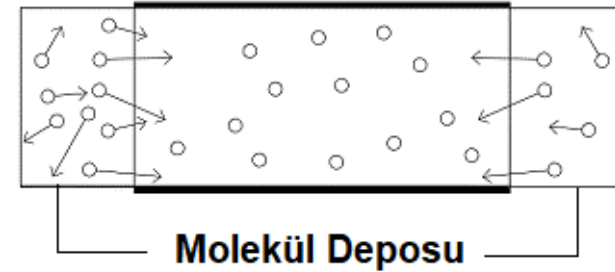
Basınç ve sıcaklık değerleri göz önüne alınarak, hücrelere moleküller yerleştirilir. Bir DSMC molekülü aslında çok sayıda fiziksel molekülü temsil eder.



Moleküller bir zaman adımında hareket ederler. Önlerine duvar çıkarsa yansımaya tabi tutulurlar. Açık sınıra gelirse sınırdan dışarı çıkarlar.

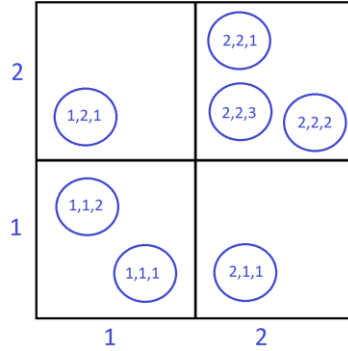


Bu arada açık sınırdan bulunan bölgelerden içeriye molekül aktarımı gerçekleştirilir.

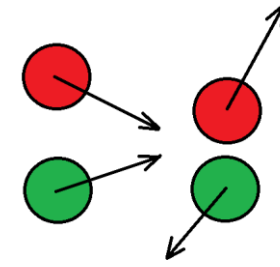


# Doğrudan Benzetim Monte Carlo (DSMC) Yöntemi

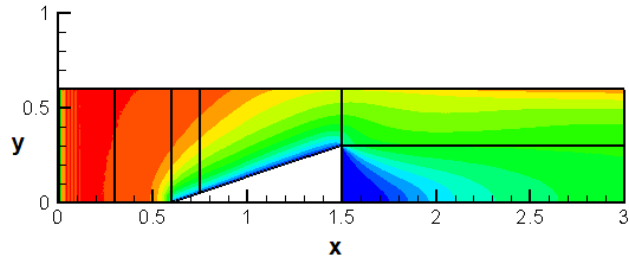
Molekül hareket safhasının tamamlanmasını takiben hangi hücrede hangi moleküllerin olduğu belirlenir.



Bir sonraki adımda aynı hücrede yer alan moleküller birbirleri ile ikili çarpışmaya tabi tutulurlar. Çarpışan moleküllerin konumları değişmez.



En son aşamada hücrelerde bulunan moleküllerin kütleleri, hız bileşenleri ve sayı yoğunluğu bilgilerinden yola çıkılarak hücrelerin sıcaklık, yoğunluk ve akış hızı bilgileri hesaplanır.



Doğrudan Benzetim Monte Carlo yönteminin Boltzmann Denklemini çözdüğü gösterilmiştir.

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{c} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} + \mathbf{F} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{c}} = \left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)_{coll}$$

$$\rho(\mathbf{x}, t) = m \int f(\mathbf{x}, \mathbf{c}, t) d\mathbf{c}$$

$$u(\mathbf{x}, t) = \frac{m}{\rho} \int \mathbf{c} f(\mathbf{x}, \mathbf{c}, t) d\mathbf{c}$$

$$T(\mathbf{x}, t) = \frac{m}{3 n k_B} \int \mathbf{c}^2 f(\mathbf{x}, \mathbf{c}, t) d\mathbf{c}$$