

Лекция №15

Термодинамические потоки. Явления переноса в газах: диффузия, теплопроводность и вязкость. Зерновое движение в разреженном газе. Физический вакуум. Броуновское движение. Производство энергии в небр. процессах

Явления переноса

Термодин. потоки, переносимые вез.-во, возникают из-за неравновесия соизмещ. среды/газа. Явления переноса переносятся микрогос. частицами и-длина свободного пробега молекул.

Поток кол-ва вещества

Плотность потока вещества в направлении X : $j_x = \frac{N}{S_{\perp} dt} = n \bar{v}_x$

N - кол-во вещества

S_{\perp} - перп. площадь, перпендикулярная направлению потока

dt - время за которое переносится вещество

\bar{v}_x - ср. скорость

n - концентрация вещества

Плотность потока вещества в направлении X может быть выражена:

$$j_x = \frac{1}{6} \langle v \rangle n$$

$\langle v \rangle$ - ср. скорость движения молекул

Поток диффузионной величины

Поток диффуз. величины отпр. векторной величиной потока этой величины в разн. направлениях.

Поток величины F (диф. вел.) переносимый веществом через площадь S_{\perp} в направлении x ($j_F = j_x \cdot S$):

$$j_F = -\frac{1}{6} \langle v \rangle n \cdot S \frac{dF}{dx} \Big|_x$$

Примеры процессов переноса

1) Диффузия - процесс самопроизвольного выравнивания концентраций веществ в смеси.

• $D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \lambda$ - коэф. диффузии

Поток плотности: $J_D = -D \frac{d\rho}{dx}$ (1^{ый} закон Фика)

2) Теплопроводность - процесс выравнивания температур в разл. точках среды

• $F = \frac{3}{2} kT$ - энергия тепл. движения, уходящая с молекулы

• $\alpha = \frac{1}{3} \langle v \rangle \rho \cdot c_{\text{ср}} \cdot \lambda$ - коэф. теплопроводности

• $J_{\alpha} = -\alpha \frac{dT}{dx}$ - плотн. потока теплоты

• $\dot{Q}_{\alpha} = -\alpha S \frac{dT}{dx}$ - поток теплоты

3) Вязкость (внутр. трение) приводит к появл. сил сопротивления при движении тела в жидкости/газе

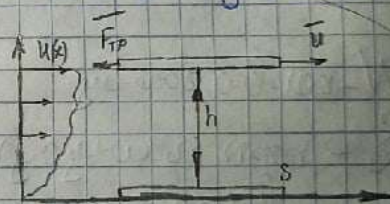
• $F_{\text{вп}} = \eta S \frac{u}{h}$

η - коэф. вязкости

h - расстояние между пластинами

S - площадь пластины

u - скорость пластины



Замечания:

1) $\alpha = \eta c_{\text{ср}} \cdot \lambda = D \rho c_{\text{ср}} \cdot \lambda$

2) Вакуум - состояние газа, где p сравнима с давлением

если $\lambda \ll h$ - низк. вакуум

$\lambda \gg h$ - высок. (выб. вакуум)

$\lambda \sim h$ - средн. вакуум

3) Эффузия - явление медленного истечения газа из малого отверстия

Эффузия
свободное
Температура
поток и
температура

Узость
резьбы
через отверстие

Без
влияния
давления
При

• $D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \lambda$

а - р

При ме

$\sigma_z = \sum$

$X_i =$

Возраст

1. Дл

ниже

т.е. не

Узость

Прим

Диффузия в разреженном газе

Диффузия, где отверстие много меньше длины свободного пробега молекулы.

Тепловая диффузия - явление, при котором поток молекул направлен в сторону газа с большей температурой.

$$j = \sqrt{\frac{2}{9\pi mb}} \left(\frac{P_1}{\sqrt{T_1}} - \frac{P_2}{\sqrt{T_2}} \right) - \text{плотность потока}$$

Изотермическая диффузия - явление, при котором молекулы с большей массой в меньшей кол-ве проходят через отверстие, чем молекулы с меньшей массой.

Броуновское движение

- беспорядочное движение малых частиц, взвешенных в жидкости или газе, происходящее под действием молекул окружающей среды.

Причина такого движения в тепл. движ. молекул

• $D = \frac{kT}{6\pi\eta a}$ - коэф. диффузии Броуновского движения

a - радиус частицы η - коэф. вязкости

Производство энтропии в необратимых процессах

Пример: термодинам. процессы энтропия возрастает

$\sigma = \sum_{i=1}^n X_i J_i$ - пр-во энтропии в единичном объеме в течение времени Δt разл. пр-ду.

X_i - термодинам. сила

J_i - об-т. плотности потоков

Вопросы, темы на вопросы:

1. Для диффузии газ. в газ, что такое вакуумное явление, определение вакуума, газ. в, жидкост. и тверд. тела

Из-за разл. температур с собой молекулы, пр-во пр-ду в единич. время, кин. энергия молекул

Т.е. процесс расширения темп, т.е. пространственная скорость
 Вязкость воздуха. Вязкость темнее воздуха. И вязкость
 жидкостей или газов. Вязкость темнее приводит к
 переносу импульса.

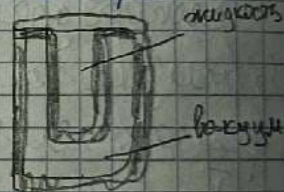
2) Диффузия в разреженных газах - это медленнее движение
 газа из области меньшей плотности в область большей
 плотности. Закон равновесия газа: $\frac{P_1}{\sqrt{T_1}} = \frac{P_2}{\sqrt{T_2}}$

Тепловая диффузия - явление, при котором поток молекул
 направляет в сторону газа с большей температурой.

Изотермическая диффузия - явление, при котором молекулы
 с большей массой в меньшем количестве проходят через сев., чем
 молекулы с меньшей массой.

3) Вакуум - состояние газа, где давление свободно. Процесс
 перехода с равновесия с разн. сосуда

Вакуум: высокий, средний (вакуум), средний
 Процесс работы термостата



для сравнения вязкости. Нужно, чтобы создавалось явление
 для диффузии - вакуум, т.е. пр-во, где не никаких
 изменений в состоянии газа.

4) Процесс Броуновского движения - темп. движение молекул

5) Процесс Энтропии: $\sigma = \sum_{i=1}^n X_i \cdot j_i$

Процесс энтропии в равновесии со средой = 0

Процесс изотермического равновесия - процесс, где
 каждый элемент объема в любой момент времени
 находится в равновесии