**7. Явления переноса в газах. Длина свободного пробега. Теплопроводность: уравнение теплопроводности, физический смысл входящих в него величин.**

***Явления переноса обусловлены хаотическим движением молекул газа, которые, переходя из одних точек пространства в другие, переносят присущие им импульс, энергию и массу.*** К таким явлениям относятся: **внутреннее трение или вязкость** (обусловленная переносом импульса), **теплопроводность** (обусловленная переносом энергии) и **диффузия** (обусловленная переносом массы вещества).

*Определяющую роль в явлениях переноса играют столкновения молекул в процессе их хаотического движения*, вследствие чего все явления переноса протекают со скоростями, существенно меньшими скорости теплового движения.

**Эффективным диаметром**  *молекул газа называют минимальное расстояние, на которое сближаются при столкновении центры молекул.* При увеличении температуры газа эффективный диаметр молекул несколько уменьшается, однако в первом приближении можно считать величиной постоянной для данного газа.

Величина  **= (d(эф))^2**

называется **эффективным сечением взаимодействия молекул**, и определяет сечение, внутри которого нельзя пренебречь силами отталкивания молекул.

***Средняя длина*** ***свободного пробега молекул газа*** *– это среднее расстояние, которое молекулы пробегают между двумя последовательными столкновениями.* Её величина определяется **концентрацией молекул газа** и **эффективным сечением их взаимодействия.** При достаточно высоком давлении газа средняя длина свободного пробега много меньше размеров сосуда и определяется формулой:

**λ = 1/[sqrt(2)\*\*n]**

Пробег

где n = N/V - **концентрация молекул** (число молекул в единице объема), которая может быть определена из **уравнения состояния идеального газа**():

**n = P/(kT) (1.1)**

*При значительном разрежении (вакуум)* средняя длина свободного пробега вместо формулы (1.1) будет определяться характерным размером сосуда L:

- ***среднеарифметическая скорость теплового движения молекул газа.***

**〈v〉=sqrt(8kT/πm0)=sqrt(8RT/πμ)**

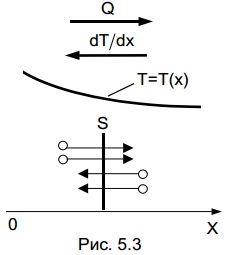
***Скорость***

**Явления переноса возникают при нарушении равновесия в системе и стремятся привести систему в равновесное состояние.** *Они вызваны неодинаковыми значениями какой-либо величины в различных частях системы.* Так, внутреннее трение вызвано разными скоростями течения слоев газа, теплопроводность - разностью температур, диффузия - переменной концентрацией частиц вещества.

Неоднородность в пространстве значений величины может быть задана с помощью ее **градиента** - *вектора, характеризующего изменение этой величины при перемещении на единичную длину и направленного в сторону наиболее быстрого возрастания рассматриваемой величины.* При записи уравнений переноса будем полагать, что изменение этой величины происходит только вдоль одной из координат, например, вдоль оси ОХ.

***Теплопроводность*** *– процесс передачи теплоты от более нагретого слоя вещества к менее нагретому.*

На рис.5.3 показано изменение температуры некоторого вещества вдоль оси ОХ.



***Закон Фурье*** *определяет количество тепла Q, переданного за счет теплопроводности через площадку S за время*

Q= -k\*(dT/dx)\*S , (1.2)

где dT,dx – *градиент температуры*, k – *коэффициент теплопроводности вещества*.

*Формула (1.2) справедлива для теплопроводности как в жидких, газообразных, так и твердых телах.*

Знак минус в уравнении (1.2) обусловлен тем, что *перенос количества теплоты всегда осуществляется в сторону уменьшения температуры, а градиент направлен в сторону увеличения температуры* (см. рис.5.3).

Из закона Фурье (1.2) следует, что ***коэффициент теплопроводности численно равен количеству теплоты, проходящему через единицу площади поверхности за единицу времени при единичном градиенте температуры.***

*В случае теплопроводности газов перенос теплоты осуществляется в результате обмена молекулами кинетической энергией при их соударениях в процессе хаотического движения.* Тогда для газов коэффициент теплопроводности может быть определен по формуле :

**k=1/3()**

где **c(v-снизу, уд-сверху)**– *удельная теплоемкость газа при постоянном объеме.*

*Если разность температур* ***ΔТ*** *не очень велика, то при расчете коэффициента теплопроводности* ***k*** *обычно среднеарифметическую скорость молекул и плотность газа определяют по среднеарифметическому значению температуры.*