5. Что называют вязкостью? Механизм вязкости в газах и в жидкости. Вывод уравнения вязкости, физический смысл входящих в него величин. От чего зависит коэффициент вязкости?

***1)Вязкость*** *– возникновение сил внутреннего трения на границе между смежными слоями движущейся среды (жидкости или газа), которые стремятся выровнять скорости слоев.*

2)Разный характер температурной зависимости вязкости жидкостей и газов указывает на различие *механизмов внутреннего трения* в них. В газах переход импульса осуществляется при переходе молекул из слоя в слой благодаря тепловому движению. В жидкостях большую часть времени молекулы колеблются около положения равновесия, скачкообразные переходы редки. Так как молекулы жидкости находятся близко друг к другу, силы молекулярного сцепления между ними значительны. Поэтому одни слои жидкости увлекают (тормозят) соседние слои в основном за счет сил притяжения. Перенос импульса вследствие скачкообразных переходов молекул не играет решающей роли. С повышением температуры расстояния между молекулами увеличиваются, а силы притяжения уменьшаются и, как следствие, уменьшается вязкость.

3)Рассмотрим поток газа, распространяющийся вдоль оси ОY (рис.5.3). Его скорость изменяется непрерывно от слоя к слою по закону u = u(x). Каждая молекула газа обладает двумя типами движения: упорядоченным со скоростью u и хаотическим тепловым движением со скоростью 〈 v 〉 .

Выделим воображаемую поверхность площадью S, параллельную скорости течения слоев газа. За счет хаотического движения молекулы более “быстрого” слоя, расположенного слева от поверхности, переходят в более “медленный” слой, находящийся справа, и при столкновении передают часть своего “упорядоченного” импульса молекулам “медленного” слоя, ускоряя их движение. Это означает, что слой газа, расположенный справа от поверхности площадью S, будет подвергаться действию силы, направленной вдоль оси OY (по скорости упорядоченного движения слоев газа).

В то же время молекулы “правого” слоя, переходя в левый, при столкновении забирают часть “упорядоченного” импульса у более “быстрых” молекул этого слоя, тормозя их движение. Соответственно на слой газа, расположенный слева от поверхности, будет действовать сила, направленная в сторону, противоположную скорости u упорядоченного движения (то есть противоположно оси OY). Эти силы и являются силами внутреннего трения.

Каждая молекула, проходящая через поверхность площадью S, имеет импульс m0u, определяемый скоростью упорядоченного движения в том месте, где произошло последнее столкновение этой молекулы с другой. В среднем это соударение происходит на расстоянии от поверхности, равном средней длине свободного пробега **λ.**

Поэтому для молекул, движущихся в направлении оси ОХ, примем, что их скорость будет u=ux- **λ** , а для молекул, движущихся в противоположном направлении, - u=ux+ **λ** , тогда импульс, переносимый через поверхность за одну секунду, будет



где N - число молекул, проходящих через поверхность площадью S в выбранном направлении за одну секунду.

Согласно второму закону Ньютона, это и есть сила внутреннего трения, действующая между слоями газа вдоль поверхности площадью S. То есть силу внутреннего трения можно записать следующим образом:

(1.1)



Найдем число молекул, проходящих за одну секунду через поверхность S. Упрощенно представим, что молекулы движутся вдоль трех взаимно перпендикулярных осей ОХ, OY, OZ со средней арифметической скоростью 〈 v 〉 хаотического движения. Так как направления движения равновероятны, то одна треть всех молекул движется вдоль оси ОХ, причем половина из них - в положительном направлении. Соответственно, через поверхность площадью S за одну секунду как справа налево, так и слева направо будет проходить следующее число молекул:

**N=1/6\*n〈v〉S**

(1.2)



Подставляя (1.1) в (1.2), получаем выражение для силы внутреннего трения в виде:

**F=1/6\*n〈v〉Sm0 |u(x-λ внизу) – u(x+ λ внизу)|**

(1.3)



Так как средняя длина свободного пробега молекул очень мала, разность скоростей в выражении (1.3) можно представить через градиент скорости газа du/ dx:

**|u(x-λ внизу) – u(x+ λ внизу)|=2 λ\*(du/dx)**



Учитывая, что произведение nm0 равно плотности газа, можно записать

F=1/3**〈v〉λρ\*|du/dx|\*S**

(1.4)



**η =1/3〈v〉λρ**

Величина (1.5)



называется коэффициентом вязкости (внутреннего трения).

С учетом (1.4) выражение (1.5) принимает вид

F= **η\*|du/dx|\*S**



и называется *формулой Ньютона* для силы внутреннего трения.

Коэффициент динамической вязкости численно равен силе вязкости, возникающей между соприкасающимися слоями жидкости, отнесенной к единице площади соприкосновения (S = 1 м2), при градиенте скорости, равном единице (du/dx=1м/с).

4)Коэффициент вязкости зависит от температуры Т, давления Р и рода жидкости. С ростом температуры вязкость жидкостей уменьшается благодаря снижению энергии межмолекулярных взаимодействий, препятствующих движению молекул. Вязкость же газов, наоборот, возрастает, т.к. с ростом температуры увеличивается интенсивность теплового хаотического движения молекул.