Задания в 2021 г. по курсу «Молекулярная физика»

<u>Задание 1</u> (Срок сдачи 31 марта)

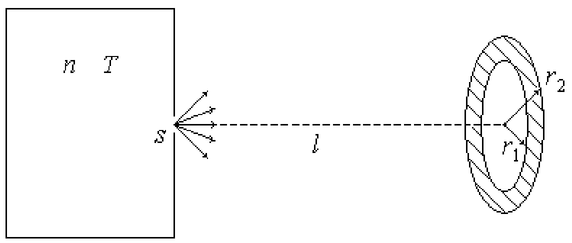
1. В сосуде находится идеальный газ. Масса молекул равна m, температура газа T. С каким абсолютным значением скорости молекулы наиболее часто ударяются о стенку? Объяснить разницу с наиболее вероятной скоростью v_m молекул в газе.

2. Найти число молекул, ударяющихся о единицу площади поверхности сосуда в единицу времени и имеющих абсолютное значение скорости большее, чем некоторая заданная величина v_0.

3. Идеальный двумерный газ находится в неравновесном состоянии, в котором все молекулы имеют одинаковые по модулю скорости v и изотропно распределены по направлениям движения в плоскости, в которой газ находится. Найти распределение для проекций скоростей на некоторую ось в плоскости. Рассчитать давление газа и число ударов молекул о единичный отрезок ограничивающей газ границы. Двумерная концентрация газа n, масса молекулы m.

4. В боковой стенке сосуда с идеальным газом (концентрация n, температура T, масса молекулы m) имеется отверстие, закрытое заслонкой. В момент времени $t = 0$ заслонку открывают на короткое время τ. Найти в момент времени $t >> \tau$ функцию распределения вылетевших частиц по расстоянию x от стенки и среднее значение этого расстояния.

5. Рассчитать силу, с которой вытекающий из малого отверстия в вакуум молекулярный пучок давит на кольцеобразную пластинку с внутренним радиусом r_1 и внешним r_2, расположенную на расстоянии l от отверстия и центрированную с ним. Площадь отверстия s.



6. Для падающих на стенку единичной площади в единицу времени молекул массы m идеального газа плотности n при температуре T найти их число с абсолютной скоростью от v до $v+dv$ и определить полную кинетическую энергию молекул.

7. В ступенчатой модели бимолекулярной химической реакции в газе принимается, что вероятность реакции при столкновении равна p_0 при скорости относительного движения молекул выше некоторого порогового значения u_0 и нулю при меньших значениях этой скорости. Найти константу скорости для этой модели. Даны температура T, приведенная масса μ, сечение реакции σ, стерический фактор считать равным единице.

8. Два полых цилиндра с поперечными сечениями S и $2S$ и одинаковой высоты h соединены встык и образуют замкнутый сосуд. В его объем закачан идеальный газ при температуре T. Найти относительное изменение давления в нижней части сосуда при его переворачивании, возникающее при учете неравномерности распределения газа по высоте. Оценить его для условий Земли.

9. Определить, на какой угол φ повернется диск, подвешенный на упругой нити, если под ним на расстоянии h = 1 см вращается второй такой же диск с угловой скоростью ω=50 с$^{-1}$. Радиус дисков R = 10 см, модуль кручения нити f = 100 дин·см/рад. Между дисками находится аргон (газокинетический диаметр атома 3,6 Å). Построить график зависимости угла поворота φ от давления P.

10. Для измерения теплопроводности газа им заполняется пространство между двумя длинными коаксиальными цилиндрами радиусами r_1 и r_2. Заполнение производится при невысоком давлении (~ 10 мм рт. ст.), чтобы исключить конвекцию. Внутренний цилиндр нагревается источником тепла с удельной мощностью Q, установившиеся температуры цилиндров t_1 и t_2 измеряются. Рассчитать коэффициент теплопроводности и газокинетический диаметр молекулы для азота, если r_1 = 0,5 см, r_2 = 2 см, Q = 0,038 вт/см, t_1 = 93 ºC t_2 = 0 ºC

11. В сферическом реакторе радиусом R, заполненном газообразной смесью реагентов, идет химическая реакция. Тепловой эффект реакции в расчете на единичный объем равен Q. Какой поток тепла следует снимать с поверхности реактора, если ее температура поддерживается равной T_0? Найти распределение температуры в реакторе. Учесть зависимость коэффициента теплопроводности от температуры.

12. Для одномерных случайных блужданий в рамках модели одинаковых шагов пройденный путь определяется разницей n между числом шагов вправо и влево. С использованием формулы Стирлинга $\ln(L!) \cong L\ln L - L + \ln\sqrt{2\pi L}$ показать, что при полном числе шагов N величина n распределена по закону $p_N(n) \cong \frac{1}{\sqrt{2\pi N}}\exp(-\frac{n^2}{2N})$ (для интервала разбиения по n, формально равного 1). Ввести величину шага a и среднее время между шагами τ, перейти к непрерывным переменным, и получить отсюда выражение для вероятности нахождения частицы в момент времени t в интервале расстояний от x до $x + dx$.