

Задание 1 по курсу «Молекулярная физика» в 2024 г.

(Срок сдачи 31 марта)

1. Для двумерного идеального газа (например, газ, адсорбированный на поверхности твердого тела или жидкости) определить среднюю силу q , действующую на единицу длины периметра границы (аналог давления на стенку в трехмерной задаче). Поверхностная концентрация молекул σ (размерность в частицах на 1 см^2), температура T .
2. По плоской поверхности из точечного источника разлетаются молекулы массой m и оседают на окружности радиуса R , расположенной концентрически с источником. Число молекул, вылетающих в единицу времени равно Q . Распределение молекул по скоростям имеет экспоненциальный характер:

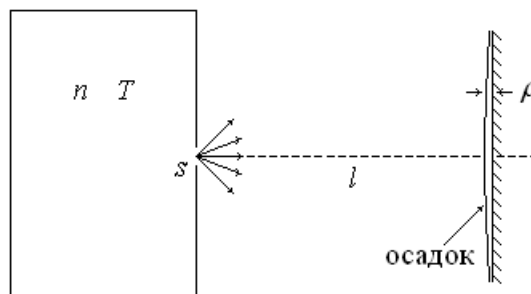
$$dW(v) \sim \exp(-v/v_0)dv.$$

Найти двумерное давление q на внешнюю окружность. Столкновениями молекул между собой пренебречь.

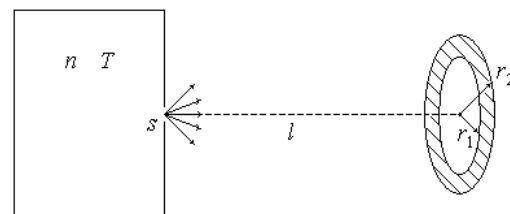
3. Идеальный газ в сосуде находится в неравновесном состоянии, в котором все молекулы имеют одинаковые по модулю скорости v_0 и изотропно распределены по направлениям движения. Написать функцию распределения для вектора \mathbf{v} скорости движения в сосуде и для молекулярного пучка, выходящего из малого отверстия в сосуде, найти давление и поток молекул газа на поверхность сосуда. Концентрация газа n , масса молекул m . Как изменятся эти формулы при переходе к двумерному газу на поверхности (поверхностная плотность σ , двумерное давление обозначить как q , двумерный поток как I , угол полярной системы координат обозначить φ).

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 $t \gg \tau$ функцию распределения вылетевших частиц по расстоянию x от стенки и среднее значение этого расстояния.

5. В сосуде находятся пары металла (плотность частиц n) при температуре T . Вылетая через малое отверстие площадью s , атомы металла оседают на экране, поставленном параллельно плоскости отверстия на расстоянии l от него. Определить, с какой скоростью увеличивается плотность осадка в различных точках экрана.

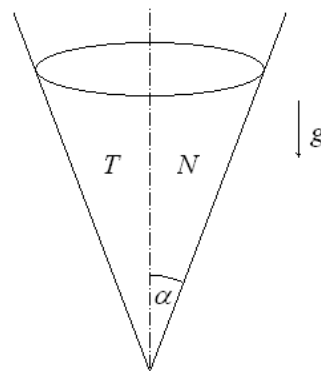


6. Рассчитать силу, с которой вытекающий из малого отверстия в вакуум молекулярный пучок давит на кольцеобразную пластинку с внутренним радиусом r_1 и внешним r_2 , расположенную на расстоянии l от отверстия и центрированную с ним. Площадь отверстия s .



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. Найти давление газа в вершине бесконечной воронки, стоящей вертикально в однородном поле силы тяжести с ускорением g . Масса молекул m , их число в воронке N , угол раствора конуса 2α , температура T . Какова средняя потенциальная энергия частицы газа?



9. Газ из полярных молекул со значением дипольного момента q находится в электрическом поле напряженности E . Найти связанный с потенциальной энергией вклад в теплоемкость моля газа $c_{\text{пот.энерг.}}$.

10. Для идеального газа в цилиндрическом сосуде радиуса R и высоты h , вращающегося с частотой ω вокруг своей оси, найти полную энергию во вращающейся системе координат. Число частиц N , температура T .

На усмотрение преподавателя: найти также полную энергию в лабораторной системе координат. Использовать соотношение $E_{\text{лаб.сист}} = E_{\text{вр.сист.}} + I\omega^2$, где I – момент инерции.

11. 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 $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$. Радиус дисков $R = 10$ см, модуль кручения нити $f = 100$ дин·см/рад. Между дисками находится аргон (газокинетический диаметр атома $3,6 \text{ \AA}$).

12. 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, $t_1 = 93^\circ\text{C}$, $t_2 = 0^\circ\text{C}$.