

Задача 1. Нелинейность колебаний молекул.

Рассмотрим полярную молекулу H^+Cl^- . Минимум потенциала взаимодействия между атомами $U(r)$ находится при $r = r_0 = 1.5 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$, глубина минимума потенциала $U_0 = 4 \text{ eV}$, частота колебаний $f_0 = 9 \cdot 10^{13} \text{ Hz}$. Масса атома водорода $m_{\text{H}} = 1.67 \cdot 10^{-24} \text{ g}$, масса атома хлора $m_{\text{Cl}} = 35m_{\text{H}}$.

Оценить коэффициент нелинейности квантовых (нулевых) колебаний расстояния между атомами в молекуле. Затем выяснить, как меняется этот результат в последовательности молекул $\text{H}^+ \text{Cl}^-$, $\text{H}^+ \text{Br}^-$, $\text{H}^+ \text{I}^-$, предполагая что потенциал взаимодействия ионов в молекуле один и тот же во всех этих случаях.

Задача 2. Тепловое расширение молекул.

Для газа тех же молекул H^+Cl^- оценить (в %) изменение среднего расстояния между ионами при нагревании от комнатной температуры до 700 градусов Цельсия.

Задача 3. Движение в потенциале “стиральной доски”.

Частица находится в периодическом потенциале $U(x) = -\cos(x) + \beta \cos(2x) + \gamma \cos(3x)$ Затем включается еще однородная сила F , добавляющая к потенциалу член $-Fx$. С превышением величины F некоторого критического значения F_c , (равного 1 при $\beta = \gamma = 0$), частица начинает двигаться с некоторой средней скоростью $V(F)$, которая обращается в нуль степенным образом при F , стремящемся к F_c . Найти вид зависимости $V(F)$ при F очень близком к F_c , для двух случаев:

- а) $\beta > 0, \gamma = 0$
- б) $\beta = 0, \gamma > 0$

Исследовать для каждого из этих случаев зависимость $V(F)$ при произвольном β или γ .