

Литература

- [1] Н. Г. Басов и др. Труды ФИАН, 116, 146 (1980).
- [2] Н. Г. Басов и др. Препринт ФИАН, № 6, М. (1978).
- [3] С. О. Мачерет, В. Д. Русанов, А. А. Фридман и др. ЖТФ, 50, 705 (1980).
- [4] Н. Л. Александров, Ф. И. Высикайло, Р. Ш. Исламов и др. ТВТ, 19, 22 (1981).
- [5] Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Муллер. Машинные методы математических вычислений. «Мир», М. (1980).
- [6] В. Н. Кондратьев. Константы скорости газофазных реакций. «Наука», М. (1970).
- [7] Р. Ш. Исламов, И. В. Кочетов, В. Г. Певгов. Препринт ФИАН, № 169, М. (1977).
- [8] А. И. Максимов, В. М. Менагаршвили, В. В. Рыбкин. Физика плазмы, 7, 109 (1981).
- [9] Б. М. Смирнов. Отрицательные ионы. Атомиздат, М. (1978).

Поступило в Редакцию
1 декабря 1982 г.

О СВЕТОИНДУЦИРОВАННОМ ДРЕЙФЕ ЧАСТИЦ В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛАХ

В. В. Левданский

В [1, 2] предсказано явление светоиндуцированного дрейфа частиц в смесях газов (СИД). Суть явления состоит в том, что под действием лазерного излучения, возбуждающего резонансные частицы в смеси газов, происходит изменение сечения рассеяния этих частиц. При этом в случае, когда частота излучения несколько отличается от частоты перехода между основным и возбужденным состояниями частицы (атома или молекулы), в равновесной до воздействия излучения системе вследствие эффекта Доплера могут возникнуть потоки массы.

В настоящем сообщении рассмотрено влияние эффекта Доплера на свободномолекулярное течение газа в капиллярно-пористых телах (светоиндуцированный дрейф частиц в капиллярах). При данном режиме течения газа наиболее существенно проявляется влияние поверхностных процессов на перенос массы. Как следует из [3], взаимодействие с поверхностью возбужденных лазерным излучением частиц отличается от взаимодействия частиц невозбужденных. Это различие и лежит в основе явления инициирования массопереноса в капиллярно-пористых телах резонансным лазерным излучением.

Для простоты рассмотрим следующую модельную задачу. Пусть имеется единственный цилиндрический капилляр радиуса r и длины L . Предположим, что выполняются условия, когда переносом массы за счет поверхностной диффузии можно пренебречь (влияние данного явления на инициирование массопереноса рассмотрено в [4]). Полагаем также, что лазерное излучение направлено параллельно оси капилляра, стенки которого (остов пористого тела) считаем прозрачными относительно излучения, а частота излучения ω несколько меньше частоты перехода частицы в возбужденное состояние ω_{01} . Для определенности далее будем рассматривать колебательное возбуждение молекул. При оговоренных условиях излучение вследствие эффекта Доплера будет возбуждать частицы, которые движутся навстречу потоку излучения [1, 2]. Вероятность упругого отражения колебательно-возбужденных молекул (которое далее будем предполагать зеркальным) будет больше, чем невозбужденных [3]. Таким образом, в капилляр со стороны, противоположной направлению излучения ($X=0$), будет входить больше возбужденных молекул, вероятность зеркального отражения которых выше. Кроме того, молекулы, десорбирующиеся с поверхности (невозбужденные) при движении по капилляру против потока излучения, также могут с определенной вероятностью перейти в возбужденное состояние и зеркально отразиться от стенки. Молекулы, летящие в направлении потока излучения, возбуждаться не будут, следовательно, и вероятность их зеркального отражения будет меньше. Таким образом, при одинаковых величинах потоков молекул, падающих на капиллярно-пористое тело с обеих его сторон, через тело в данном случае будет переноситься больше молекул в направлении, противоположном направлению потока излучения. Количественно данное явление можно охарактеризовать величиной вероятности прохождения молекулы через капилляр W

$$W = 1 - 2l \int_0^1 \frac{I(x)}{N} K(x) dx, \quad (2)$$

где $l=L/r$; $x=X/L$; N — плотность потока молекул, входящих в капилляр при $x=0$; K — функция, характеризующая вероятность того, что молекула, вылетевшая с элемента боковой поверхности капилляра, выйдет из него без столкновения со стенкой; I — плотность потока молекул, вылетающих со стенки капилляра по закону косинуса (диффузно).

Далее для простоты анализа полагаем, что релаксация колебательного возбуждения идет по адсорбционному механизму, т. е. релаксация происходит лишь у прилипающих (адсорбирующихся) молекул, причем коэффициент прилипания возбужденных молекул $\alpha=1-\beta$, где β — доля упруго (зеркально) отражающихся молекул, а коэффициент прилипания не возбужденных молекул равен единице.

При оговоренных предположениях для определения величины $I(x)$ можно записать уравнение

$$I(x) = \gamma(1-\beta)^2 NG(x) + (1-\gamma)NK(x) + \gamma_1(1-\beta) \int_0^x I(x')G_1(x-x')dx' + (1-\gamma_1) \int_0^x I(x') \times K_1(x-x')dx' + \int_x^1 I(x')K_1(x'-x)dx', \quad (2)$$

где γ — вероятность того, что молекула, входящая в капилляр при $x=0$, будет находиться в возбужденном состоянии; γ_1 — вероятность возбуждения молекулы при ее движении с одного элемента поверхности капилляра на другой (эти величины предполагаются усредненными по направлениям движения и скоростям); $K_1 = -dK/dx$,

$$G(x) = K(x) + \sum_{n=2}^{\infty} \beta^{n-1} K\left(\frac{x}{n}\right), \quad G_1(x) = K_1(x) + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\beta^{n-1}}{n} K_1\left(\frac{x}{n}\right).$$

Полагая $\beta \ll 1$ и аппроксимируя K , K_1 в (2) экспоненциальными выражениями, с помощью метода малого параметра можно найти приближенное решение (2) и, таким образом, величину W в (1).

Анализ величины $F=W/W_0$, где W_0 — вероятность прохождения молекулы через капилляр без облучения, показал, что F увеличивается с ростом параметров l , β , γ , γ_1 . В случае, когда вероятность возбуждения молекулы при ее движении в капилляре достаточно мала (при малых размерах последнего) и членами с γ_1 в (2) можно пренебречь, для величины F получаем следующее простое выражение: $F=1+\gamma\beta(1-\exp\{-l/2\})$.

В заключение следует отметить, что направление светоиндуцированного потока массы в капиллярах зависит от знака разности $\omega-\omega_{01}$ (аналогично случаю смеси газов [1, 2]).

Литература

- [1] Ф. Х. Гельмуханов, А. М. Шалагин. Письма ЖЭТФ, 29, 773 (1979).
 [2] А. Л. Калязин, В. Н. Сазонов. Квант. электр., 6, 1620 (1979).
 [3] Н. В. Карлов, А. М. Прохоров. УФН, 123, 57 (1977).
 [4] В. В. Левданский. ЖТФ, 52, 826 (1982).

Институт тепло- и массообмена
 им. А. В. Лыкова АН БССР
 Минск

Поступило в Редакцию
 4 октября 1982 г.

УДК 53 : 51

О МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ АВТОРЕКУПЕРАЦИИ

В. А. Намиот

Явление авторекуперации [1, 2] может иметь место при прохождении специальным образом модулированного пучка заряженных частиц сквозь среду. При авторекуперации [2] часть энергии, выделяемой пучком в среде в виде тепла, идет на раскачку колебаний, которые в свою очередь возвращают эту энергию обратно в пучок. Возврат энергии определяется коэффициентом авторекуперации η_{arc} , который представляет собой отношение возвращенной энергии к потерянной.