

УДК 535.530;517 (53+57/59)

КВАНТОВОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕРАВНОВЕСНОЙ СЕЛЕКТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ. АСИММЕТРИЧНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

В. А. АВЕТИСОВ

НИИ по биологическим испытаниям химических соединений,
Старая Купавна Московской обл.

(Поступила в редакцию 2 мая 1984 г.)

Исследованы стационарные состояния и критические параметры в неравновесной фотохимической модели типа расширенных моделей Диккес, описывающих асимметричные взаимодействия оптических (зеркальных) изомеров с радиационным полем.

Ранее в работе [1] (см. также [2]) было показано, что в неравновесной модели типа расширенных моделей Диккес [3], описывающей симметричное взаимодействие оптических изомеров с радиационным полем, возможно спонтанное нарушение зеркальной симметрии вещества. Ниже анализируется влияние малой зеркальной асимметрии на стационарные состояния и критические значения управляющих параметров в этой модели. При этом основное внимание уделяется определению асимметрии смеси правых (n_+) и левых (n_-) зеркальных антиподов, образующихся в стационарном состоянии.

В рассматриваемой модели гамильтониан взаимодействия киральной среды с электромагнитным полем записывается в виде

$$\hat{H} = \hat{H}_0 + [\lambda(1+\varepsilon)\hat{m}_+\hat{z}_+ + \lambda(1-\varepsilon)\hat{m}_-\hat{z}_- + \text{в. с.}] + \hat{H}_{\text{ext}},$$

где ε — параметр асимметрии, а остальные обозначения совпадают с введенными в [1].

Процедура получения динамических уравнений модели (в приближении самосогласованного электромагнитного поля) является стандартной. Стационарные состояния модели описываются решениями системы алгебраических уравнений, получаемых из динамических уравнений (после выделения быстрых переменных) приравниванием всех производных по времени нулю. Для нахождения решений система таких алгебраических уравнений редуцировалась к двум уравнениям, записанным в переменных $|m_+ - m_-| = rt/(1+t^2)^{1/2}$ и $|m_+ + m_-| = r/(1+t^2)^{1/2}$ ($r \in (0, \infty)$, $t \in (-\infty, +\infty)$):

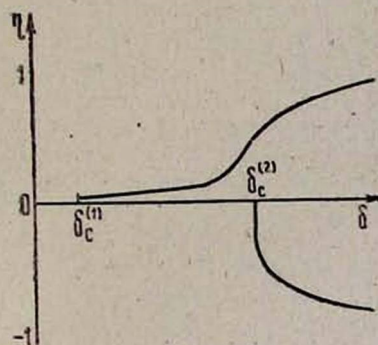
$$\varepsilon\alpha_4 t^4 + \alpha_3 t^3 + \varepsilon\alpha_2 t^2 + \alpha_1 t + \varepsilon\alpha_0 = 0,$$

$$r^2 = \frac{\alpha_3 t^3 + \alpha_2 t^2 + \alpha_1 t + \alpha_0}{b_3 t^3 + b_2 t^2 + b_1 t + b_0},$$

где α , a и b — величины, зависящие от «накачки» — от числа возбужденных молекул в системе (δ) и от параметров модели.

Как показывает анализ, в рассматриваемой модели имеется три типа стационарных состояний. Тривиальное решение (I), порождаемое решением $r = 0$, которое описывает равновесное состояние системы (вещество + поле). Стационарное состояние (II) со слабо нарушенной симметрией $(n_+ - n_- / n_+ + n_-) \sim \varepsilon$, получаемое при: а) $r > 0$, $t \sim \varepsilon$ и б) $r > 0$, $t \sim \varepsilon^{-1}$. И наконец, стационарное состояние (III) с сильно нарушенной симметрией, описываемое решением $r > 0$, $\varepsilon^{-1} \gg t \gg \varepsilon$. Отметим, что при $\varepsilon \rightarrow 0$ решения I—III переходят соответственно в тривиальное, неселективное и селективное решения, полученные в [1].

Анализ областей устойчивости полученных стационарных состояний при изменении «накачки» позволил найти два критических значения $\delta_c^{(1)}$ и $\delta_c^{(2)}$ этого управляющего параметра. При $\delta < \delta_c^{(1)}$ устойчивым является равновесное состояние. При $\delta_c^{(1)} < \delta < \delta_c^{(2)}$ устойчивым становится слабо асимметричное состояние II. Наконец, в области $\delta > \delta_c^{(2)}$ состояние II неустойчиво, но устойчиво состояние III. Поведение степени асимметрии смеси зеркальных антиподов $\eta = (n_+ - n_-) / (n_+ + n_-)$ от δ иллюстрирует рисунок.



Зависимость степени асимметрии смеси η от управляющего параметра δ .

Особый интерес представляет поведение стационарных состояний вблизи $\delta_c^{(2)}$. При значениях δ , лежащих в области $\delta_c^{(2)} - \varepsilon^{2/3} < \delta < \delta_c^{(2)}$, степень асимметрии $\eta \sim \varepsilon^{1/3}$, что при малых $\varepsilon \ll 1$ превышает величину асимметрии ε . Такое поведение модели вблизи критической точки $\delta_c^{(2)}$ в принципе позволяет ставить задачу о возможности детектирования слабых киральных полей с помощью систем типа лазеров.

Автор пользуется случаем отметить, что в работе [1] под определением величин $\Delta_{\pm}$ следует понимать

$$\frac{\lambda^4 (1 + 4 \alpha^2 \beta^2)}{\gamma^2 \gamma_m \gamma_n} \Delta_{\pm}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов В. А., Аникин С. А. Изв. АН АрмССР, Физика, 19, 185 (1984).
2. Аветисов В. А., Аникин С. А. ДАН СССР, 000,0 (1985).
3. Dicke R. H. Phys. Rev., 93, 99 (1954).

ԱՆՀԱՎԱՍԱՐԱԿՇԻՌ ՍԵԼԵԿՏՈՂ ՄԻՍՏԵՄԻ ՔՎԱՆՏՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ
ՄՈՌԵԼԸ. ԱՍԻՄԵՏՐԻԿ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆ

Վ. Ա. ԱՎԵՏԻՍՈՎ

Դիկկեյի ընդլայնված մոդելի տիպի անհավասարակշիռ ֆոտոքիմիական մոդելում հետա-
դոտված են ռադիացիոն դաշտի հետ օպտիկական (հայելային) իզոմերների ասիմետրիկ փո-
խադրեցումը նկարագրող կրիտիկական պարամետրերը և մոդելի ստացիոնար վիճակները:

QUANTUM-MECHANICAL MODEL OF NONEQUILIBRIUM
SELECTING SYSTEM. ASYMMETRICAL INTERACTIONS

V. A. AVETISOV

An analysis of stationary states and critical parameters in a nonequilibrium photochemical model of the type of broadened Dicke models describing asymmetrical interactions of optical (mirror) isomers with an electromagnetic field was carried out. Critical conditions for the branching of stationary solutions were obtained.