Физический смысл кварков

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Элементарные частицы состоят из кварков. Опишем физический смысл кварков, как особого решения уравнения сохранения энергии, определяющего совокупности частиц вакуума.

Решение уравнения Шредингера и уравнения Навье – Стокса связаны соотношением $p_l = -i\hbar\partial_l \ln\psi$, где ψ волновая функция уравнения Шредингера, а p_l импульс, определяемый из решения уравнения Навье – Стокса с мнимой кинематической вязкостью $\nu = i\dfrac{\hbar}{2m}$ см. [1]. Значит, задачу квантовой механики можно описать с помощью комплексного решения уравнения Навье – Стокса.

Сила статического взаимодействия между двумя диполями, в системе центра инерции, при отсутствии в этой координатной системе сил, пропорциональных скорости определяется по формуле

$$F_p = -\nabla_p \frac{q^2}{r_{pq}} = -\nabla_p \frac{e^2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r_{pq}^3} =$$

$$= \frac{3e^2\mathbf{r}_{pq}\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{r_{pq}^5} - \frac{\mathbf{l}_q\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}r_{pq}^3} - \frac{\mathbf{l}_p\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_q)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{l}_p)}r_{pq}^3}$$

Закон движения Ньютона для диполей имеет вид

$$\frac{d^2\mathbf{r}_p}{d\tau^2} = \frac{e^2 l_\gamma}{m_\gamma c^2 r_A^2}\sum_{\substack{k=1\\k\neq p}}^{N}[\frac{3e^2\mathbf{r}_{pq}\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{d}_p)(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{d}_q)}}{r_{pq}^5} - \frac{\mathbf{d}_q\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{d}_p)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{d}_q)}r_{pq}^3} - \frac{\mathbf{d}_p\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{d}_q)}}{2\sqrt{(\mathbf{r}_{pq},\mathbf{d}_p)}r_{pq}^3}] =$$

$$= \frac{r_\gamma^2}{r_A^2}\frac{m_d}{2m_\gamma}\mathbf{f}_p = \lambda\mathbf{f}_p$$

$$\mathbf{r}_{kp} = \mathbf{r}_k - \mathbf{r}_p, \mathbf{d}_p = \mathbf{l}_p / l,$$

Безразмерные величины $\mathbf{r}_p, \tau$ определяются по формуле

$\mathbf{u}_p = \mathbf{r}_p \cdot r_A; t = \tau \frac{r_A}{c}, r_A = 1.3 \cdot 10^{-13} cm$ и имеют порядок единицы. Переменная $\mathbf{u}_p$ это декартова координата p частицы.

При этом характерное время для описания процесса перестройки частиц вакуума равно $\frac{\tau}{\sqrt{\lambda}} = \frac{r_A}{c\sqrt{\lambda}} = \frac{10^{-23} s}{\sqrt{\lambda}} = 10^{-41} s, \lambda = 10^{36}$, для ядерных процессов, и равно $10^{-38} s$ для процессов в атоме. Константа λ считается с помощью формул, приведенных в [1]. Т.е. время сравнимое с временем Планка $t_{Pl} = 5.4 \cdot 10^{-44} s$. При этом характерное время перестройки элементарных частиц по порядку величины равно $10^{-23} s$. Т.е. частицы вакуума при образовании элементарных частиц могут перестраиваться множество раз, и доступно только чередование состояний частиц вакуума, т.е. элементарные частицы могут одновременно находиться в разных состояниях, что является свойством частиц квантовой механики. Т.е. не смотря на неустойчивость координат положения равновесия состояний при второй производной по времени (появляется не устойчивая зависимость $\exp(\pm\sqrt{\lambda} t)$, где λ собственное число, линеаризованной матрицы в окрестности положения равновесия), координаты положения равновесия определяют собственные числа соответствующей задачи квантовой механики и существуют одновременно.

Решение относительно скорости и давления уравнения Навье – Стокса ищется в виде $\mathbf{V}(t,\mathbf{r}) = \sum_n \mathbf{a}_n(t)\varphi_n(\mathbf{r}), p(t,\mathbf{r}) = \sum_n b_n(t)\varphi_n(\mathbf{r})$. Подставляем это выражение в уравнение Навье – Стокса, умножаем уравнение на функцию $\varphi_m(\mathbf{r})$ и интегрируем по пространству. Получаем систему обыкновенных дифференциальных уравнений относительно величин $\mathbf{a}_n(t), b_n(t)$. Если решение этой дифференциальной системы уравнений стремится к координатам положения равновесия, то координаты положения равновесия определяют собственные функции уравнения Шредингера. Но они в случае хаотического решения являются функцией времени. При этом энергия системы равна

$$E_{kin} = \int \rho V^2 / 2dxdydz; \dot{E}_{kin} = -\frac{\eta}{2}\int \left(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l}\right)^2 dxdydz, \quad (1)$$

где η вязкость жидкости см.[2]§16 . При этом энергия несжимаемой идеальной жидкости равна $E = \int (p + \rho V^2 / 2)dxdydz$, где p давление в жидкости. Подставляя в это уравнение значение скорости и аналогичную формулу для давления, получаем $E = c_{nm}a_n(t)a_m(t) + c_n b_n(t), c_{nm} = const, c_n = const$, т.е. энергия функция времени, если решение не стремится к координатам положения равновесия. Если решение стремится к координатам положения равновесия, имеем $\lim_{t\to\infty} a_n(t) = const$ и энергия сохраняется. В случае хаотического изменения величины $a_n(t)$ кинетическая энергия плюс потенциальная энергия в общем случае не сохраняется, имеется формула аналогичная (1) и надо учитывать взаимодействие со средой. Кинетическая энергия плюс потенциальная энергия соответствует собственной энергии в квантовой механике $H(p,q)$. Потенциальная энергия соответствует энергии давления см. [1]. Получается, что значения энергии в квантовой механике вычисляется без учета взаимодействия со средой.

Как же описывать элементарные частицы, если импульс и энергия не являются их собственным значением? Но, собственные значения скорости хаотически меняются во времени, и значит, энергия хаотически меняется. Система находится во взаимодействии со средой, и поэтому ее параметры хаотически меняются. Элементарные частицы состоят из совокупности частиц вакуума, и они не успевают сформироваться как независимые частицы. Элементарные частицы взаимодействуют с частицами вакуума, из которых состоят. Поэтому необходимо перейти на другой уровень рассмотрения, и включить в рассмотрение частицы вакуума. Причем частицы вакуума не обязательно приводят к диссипации энергии по формуле

(1). Скорость у них комплексная, так как они колеблются и вращаются см. [1], и квадрат градиента скорости может иметь отрицательную действительную часть.

Запишем изменение энергии в случае несжимаемой среды. Среду можно считать не сжимаемой, в случае если ее скорость меньше скорости звука. В данном случае скорость света является скоростью звука, и рассматриваются не релятивистские скорости.

$$\dot{E}_{kin} = -\frac{\eta}{2}\int \left(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l}\right)^2 dxdydz$$

Кинематическая вязкость вакуума равна $\hbar / m_{Pl} + i\hbar/(2m_\gamma)$ см. [1]. При этом внутренние свойства элементарных частиц не зависят от взаимодействия с другими элементарными частицами, значит, кинематическая вязкость среды не участвует в диссипации энергии в элементарных частицах. За диссипацию энергии ответственна действительная и мнимая часть кинематической вязкости вакуума, которая у частиц вакуума равна $\hbar / m_{Pl} + i\hbar/(2m_\gamma)$. При этом $m_{Pl} = 2\cdot 10^{-5} g$, а масса частиц вакуума, которые определяют мнимую кинематическую вязкость $m_\gamma = 10^{-54} g$ см. [1]. Т.е. мнимая кинематическая вязкость по абсолютной величине больше действительной вязкости. При этом плотность материи у элементарных частиц равна $\rho = \frac{3m_p}{4\pi r_A^3} = \frac{3\cdot 1838\cdot 0.9\cdot 10^{-27}}{4\pi\cdot 1.3^3\cdot 10^{-39}} = 1.8\cdot 10^{14} g/cm^3$. Плотность материи для произвольной частицы равна $\rho = \frac{3m^4c^3}{4\pi\hbar^3}$. При этом действительная вязкость вакуума равна $\eta = 1.8\cdot 10^{-8} g/(cm\cdot s)$ при вязкости воздуха $1.8\cdot 10^{-4} g/(cm\cdot s)$. Мнимая часть вязкости в 10^{49} раз больше. При этом баланс энергии следующий

$$\operatorname{Re}\dot{E}_{kin} + i\operatorname{Im}\dot{E}_{kin} = -\frac{\operatorname{Re}\eta + i\operatorname{Im}\eta}{2}\int \{\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2 - \operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2 +$$

$$+ 2i\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\}dxdydz =$$

$$= \frac{\operatorname{Re}\eta}{2}\int \{\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2 - \operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2\}dxdydz -$$

$$- 2\int \frac{\operatorname{Im}\eta}{2}\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})dxdydz -$$

$$- i\operatorname{Re}\eta\int \{\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\}dxdydz$$

$$- i\operatorname{Im}\eta/2\int \{\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2 - \operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2\}dxdydz$$

Имеем формулу

$$\operatorname{Re}\dot{E}_{kin} = \frac{\operatorname{Re}\eta}{2}\int \{\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2 - \operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2\}dxdydz -$$

$$- \int \operatorname{Im}\eta\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})dxdydz \; .$$

Т.е. действительная часть энергии ядра может расти, а может убывать. Вычислим мнимую часть

$$\operatorname{Im}\dot{E}_{kin} = \operatorname{Re}\eta\int \{\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})\}dxdydz$$

$$+ \frac{\operatorname{Im}\eta}{2}\int \{-\operatorname{Re}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2 + \operatorname{Im}(\frac{\partial V_l}{\partial x_k} + \frac{\partial V_k}{\partial x_l})^2\}dxdydz$$

Составим дифференциальное уравнение, вводя $\operatorname{Re}V_l = \alpha(t) f_l(\mathbf{r})$, $\operatorname{Im}V_l = \beta(t) g_l(\mathbf{r})$. Подставим в уравнение баланса энергии (1), получим (некоторые константы подразумеваем равными единице для простоты записи)

$$\begin{gathered} \alpha\dot{\alpha} - \beta\dot{\beta} = \alpha\beta\operatorname{Im}\eta + \operatorname{Re}\eta(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2) \\ \dot{\alpha}\beta + \alpha\dot{\beta} = \operatorname{Im}\eta(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2) + \alpha\beta\operatorname{Re}\eta \end{gathered} \; .$$

Разрешаем относительно $\dot{\alpha}, \dot{\beta}$, получим

$$\begin{aligned}(\alpha^2+\beta^2)\dot{\alpha} &= \alpha[\alpha\beta c_3 \operatorname{Im}\eta + \operatorname{Re}\eta(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2)] + \\ &+ \beta[\operatorname{Im}\eta(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2) + \alpha\beta c_3 \operatorname{Re}\eta] = F_1(\alpha,\beta) \\ (\alpha^2+\beta^2)\dot{\beta} &= \alpha[\operatorname{Im}\eta(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2) + \alpha\beta c_4 \operatorname{Re}\eta] - \\ &- \beta[\alpha\beta c_4 \operatorname{Im}\eta + \operatorname{Re}\eta(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2)] = F_2(\alpha,\beta)\end{aligned} .(2)$$

Где $\alpha(t),\beta(t)$ действительны. С учетом соотношения $\operatorname{Im}\eta >> \operatorname{Re}\eta$ это соотношение запишется в виде

$$\dot{\alpha} = \frac{\operatorname{Im}\eta}{\rho c\Lambda}[\alpha^2 c_3 + (c_1\alpha^2 + c_2\beta^2)]\frac{\beta}{\alpha^2+\beta^2}$$

$$\dot{\beta} = \frac{\operatorname{Im}\eta}{\rho c\Lambda}[(c_1\alpha^2 + c_2\beta^2) - c_4\beta^2]\frac{\alpha}{\alpha^2+\beta^2};.$$

$$\frac{\operatorname{Im}\eta}{\rho c\Lambda} = \frac{\hbar}{c\Lambda m_\gamma} = \frac{\rho}{\rho_\gamma} = \frac{10^{14}}{10^{-29}} = 10^{43}$$

Где величина Λ, это длина свободного пробега частиц вакуума в элементарных частицах см. [1], ρ,ρ_γ плотность частиц вакуума в элементарных частицах и в свободном пространстве. Т.е. характерное время, за которое происходит изменение безразмерного времени на единицу равно

$$\tau = \frac{\Lambda}{c} = \frac{\hbar\rho_\gamma}{c^2 m_\gamma \rho} = \frac{10^{-27}}{9\cdot 10^{20-54+43}} = 10^{-37}s. \qquad (3)$$

При этом время существования частицы обратно пропорционально ее плотности, т.е. обратно пропорционально четвертой степени ее массы. Т.е. вероятность распада пропорциональна $\Gamma \sim m^5$ см. [4].

При этом безразмерные значения констант

$$c_1 = \int (\frac{\partial f_l}{\partial y^k} + \frac{\partial f_k}{\partial y^l})^2 dxdydz / \int f_l^2 dxdydz;$$

$$c_2 = \int (\frac{\partial g_l}{\partial y^k} + \frac{\partial g_k}{\partial y^l})^2 dxdydz / \int g_l^2 dxdydz$$

$$c_3 = \int (\frac{\partial g_l}{\partial y^k} + \frac{\partial g_k}{\partial y^l})(\frac{\partial f_l}{\partial y^k} + \frac{\partial f_k}{\partial y^l}) dxdydz / \int f_l^2 dxdydz$$

$$c_4 = \int (\frac{\partial g_l}{\partial y^k} + \frac{\partial g_k}{\partial y^l})(\frac{\partial f_l}{\partial y^k} + \frac{\partial f_k}{\partial y^l}) dxdydz / \int g_l^2 dxdydz$$

Где y_l безразмерные координаты. Т.е. чем меньше изменяется скорость частиц вакуума, тем константы c_l меньше, а время существования больше.

Система уравнений (2) после определения координат положения равновесия сводится к виду

$$\frac{dx_l}{dt} = \exp[G_l(t)]\prod_{k=1}^{6}(x_l - \alpha_l^k);$$
$$\exp[G_l(t)] = \frac{F_l(x_1, x_2)/(x_1^2 + x_2^2)}{\prod_{k=1}^{6}(x_l - \alpha_l^k)} \cdot \qquad (4)$$

Где величины α_l^k удовлетворяют уравнению $F_l(\alpha_1^k, \alpha_2^k) = 0, l = 1,2$. Причем имеется три пары комплексно сопряженных координат положения равновесия. Причем величина $\exp[G_l(t)]$ в ноль в координатах положения равновесия не обращается. Подстановка значения $\exp[G_l(t)]$ в первое уравнение (4) приводит к записи уравнения (2). Вводя новую переменную $dh_l = \exp[G_l(t)]dt$, получим уравнение

$$\frac{dx_l}{dh_l} = \prod_{k=1}^{6}(x_l - \alpha_l^k)$$

Где пары величин α_l^k комплексно сопряженные. Приведем это дифференциальное уравнение к виду

$$\sum_{k=1}^{6}\frac{\Lambda_k dx_l}{x_l - \alpha_l^k} = dh_l; \Lambda_k = \frac{1}{\frac{d}{dx_l}\prod_{k=1}^{6}(x_l - \alpha_l^k)|_{x_l = \alpha_l^k}}.$$

Тогда решение представимо в виде

$$\sum_{k=1}^{6}\{\Lambda_k \ln|\frac{x_l - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k}| + \mathrm{Re}[\Lambda_k(i \arg\frac{x_l - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k} \pm 2i\pi\Delta n_k)]\} = h_l - h_{l0}.$$

Это решение можно представить в виде (причем $\Delta n_k = 0$ до образования перехода в другое состояние). При этом длительность существования элементарных частиц определяется значением α. При малом α требуется большое безразмерное время $h_l - h_{l0}$, чтобы тангенс устремился к бесконечности). Причем если фаза положительна, нужно выбирать один знак у целой части логарифма, если фаза комплексно сопряженная, то другой знак. Действительное решение этого уравнения стремится к бесконечности как величина $x_l(t) = \mathrm{Re}\,\alpha_l^k + \mathrm{Im}\,\alpha_l^k \tan[\alpha(h_l - h_{l0}) + \beta]$ в силу $\arg(x_l - \alpha_l^k) = \mp\arctan(\frac{x_l - \mathrm{Re}\,\alpha_l^k}{\mathrm{Im}\,\alpha_l^k})$. При этом длительность существования элементарных частиц определяется значением α. При малом α требуется большое безразмерное время $h_l - h_{l0}$, чтобы тангенс устремился к бесконечности. Но рост этого решения все время тормозится перескоком решения. Определяем значение $h_l = h_{l1}$, когда действительное решение будет удовлетворять

$$\sum_{k=1}^{6}\{\Lambda_k \ln|\frac{x_l(h_{l1}) - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k}| + \mathrm{Re}[\Lambda_k i \arg\frac{x_l(h_{l1}) - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k}]\} = 4\,\mathrm{Re}\, i\pi\Lambda_s \qquad (5)$$

При этом при достижении h_{l1} значения, удовлетворяющего (5) происходит изменение величины n_s на добавленную единицу и перескок решения на другое значение x_l. При этом новое значение x_l^1 соответствует новому начальному моменту времени h_{l1} и скачкообразно измененное значение x_l^1, получим из уравнения

$$\sum_{k=1}^{6}\{\Lambda_k \ln|\frac{x_l^1 - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k}| + \mathrm{Re}[\Lambda_k i \arg\frac{x_l^1 - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k}]\} = h_{l1} - h_{l0}.$$

Так как при условии $h_l = h_{l1}$ должно получиться $x_l = x_l^1$. При этом действительное решение будет продолжено по измененной формуле до нового скачка

$$\sum_{k=1}^{6}\{\Lambda_k \ln|\frac{x_l - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k}| + \mathrm{Re}[\Lambda_k i \arg\frac{x_l - \alpha_l^k}{x_l^0 - \alpha_l^k} \pm 2i\pi\Delta n_k \Lambda_k]\} = h_l - h_{l0}; \Delta n_s \neq 0$$

Причем величина Δn_k имеет разные знаки для комплексно сопряженных значений Λ_k.

При этом решение этого уравнения существует конечное время, время растет и перескоки прекращаются, решение относительно $x_l(t)$ стремится к бесконечности, что приводит к бесконечности коэффициентов $\alpha(t), \beta(t)$. Но эта бесконечность энергии длится бесконечно малое время в соответствии с соотношением неопределенности и свойствами тангенса. Но периодичность решения в виде тангенса может сохраняться, а может исчезнуть. Может произойти переход к комплексным значениям $x_l(t)$ см. [3], что невозможно по построению решения и частица прекращает свое существование. Но имеются частицы, в которых величина $h_l(t)$ периодическая функция времени, и эти частицы существуют долго. При этом необходимо, чтобы величины, обозначенные $\exp[G_l(t)]$ обратились в ноль в разные моменты времени. За интервал безразмерного времени равного единице при отсутствии перескоков время существования элементарной частицы $10^{-37}s$ см. формулу (3). Но существование элементарных частиц и как следствие перескоки длятся длительное безразмерное время, что удлиняет жизнь элементарных частиц. Длительность безразмерного времени при периодической величине $h_l(t)$ может быть бесконечной.

В случае трех различных комплексно сопряженных координат положения равновесия имеется три разных состояния, говорят, что имеется три кварка по числу квантовых чисел n_k, и образуются барионы. В случае перескока между двумя квантовыми числами, имеется два состояния, имеется 2 кварка, и образуются мезоны. В случае отсутствия перескоков реализуются лептоны, при действительных координатах положения равновесия. При действительных координатах положения равновесия нет тангенциального роста решения, и имеется сходимость к положению равновесия см. [3]. При этом мюон и тау-лептон имеют малую мнимую часть у координат положения равновесия, поэтому существуют дольше мезонов и барионов, но конечное время.

Выводы.

Описаны свойства кварков, их возникновение из частиц вакуума как новое решение дифференциального уравнения. Причем решения этого дифференциального уравнения чередуются, на протяжении характерного времени квантовой механики. Причем происходит обмен энергии между элементарными частицами и частицами вакуума.

Литература

1. *Якубовский Е.Г.* Физический смысл уравнений квантовой механики, электродинамики и уравнения ОТО. «Энциклопедический фонд России». 2014г., 65с., http://russika.ru/sa.php?s=890
2. *Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц* Гидродинамика, т.VI, М.-, «Наука», 1988г., 736стр
3. *Якубовский Е.Г.* Комплексные ограниченные решения уравнений в частных производных. Материалы международной научно-практической конференции. Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук. Новосибирск: Изд. «Сибак», 2012, с. 19-30. http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/5809-2013-01-17-07-57-12
4. *Окунь* Л.Б. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990г., 325с.