

Ф.С. ДЖЕПАРОВ, Д.В. ЛЬВОВ

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия  
Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Москва, Россия

## КВАЗИКЛАССИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ЧЕРЕЗ ОСЦИЛЛИРУЮЩУЮ ВДОЛЬ ПУЧКА ПЛАСТИНУ

Рассмотрено прохождение тепловых нейтронов через плоскопараллельную пластину, совершающую периодические колебания вдоль пучка нейтронов. В анализе используется квазиклассическое приближение квантовой механики для вычисления волновой функции нейтрона. Проведено сравнение полученного результата с эйкональным приближением.

F.S. DZHEPAROV, D.V. LVOV

National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia  
National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

## QUASI-CLASSICAL THEORY OF NEUTRON PASSAGE THROUGH A PLATE OSCILLATING ALONG THE BEAM

The passage of thermal neutrons through a plane-parallel plate oscillating periodically along the neutron beam is considered. The analysis uses the semiclassical approximation of quantum mechanics to calculate the neutron wave function. The obtained result is compared with the eikonal approximation.

При прохождении нейтронов через продольно-ускоренную нейтронооптически однородную мишень их состояние на выходе из мишени отличается от входного. Данное явление получило название эффекта ускоренного вещества (ЭУВ) [1,2]. В теоретической части проведенные исследования в основном базировались на чисто классическом подходе [3,1,2] и численных методах [4]. Первый квантовомеханический анализ прохождения нейтронов через продольно-осциллирующую мишень был недавно проведен в работе [5] на основе нестационарного обобщения эйконального приближения. В данной работе развит полный квазиклассический анализ процесса. Он обобщает результаты работы [5] на существенно больший диапазон энергий нейтронов.

Если нейтрон движется в нестационарном потенциале  $U(\mathbf{r}, t)$ , удовлетворяющем стандартным условиям квазиклассичности, то пропагатор  $G(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t, t') = \langle \mathbf{r} | T \exp(-i \int_{t'}^t d\tau H(\tau) / \hbar) | \mathbf{r}' \rangle$  в квазиклассическом приближении дается соотношением [6]

$$G(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t, t') = (2\pi i \hbar)^{-3/2} \left| \det \left( \frac{\partial S(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t, t')}{\partial \mathbf{r}_\alpha \partial \mathbf{r}'_\beta} \right) \right|^{1/2} e^{iS(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t, t')/\hbar}, \quad G(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t \rightarrow t') = \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}'), \quad (1)$$

Действие  $S(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t, t') = \int_{t'}^t d\tau L(\mathbf{q}(\tau), \dot{\mathbf{q}}(\tau), \tau)$  определяется лагранжианом  $L(\mathbf{q}(\tau), \dot{\mathbf{q}}(\tau), \tau)$  и классической траекторией  $\mathbf{q}(\tau)$  с граничными условиями  $\mathbf{q}(\tau = t') = \mathbf{r}'$  и  $\mathbf{q}(\tau = t) = \mathbf{r}$ . В применении к эволюции начального состояния, выбранного в виде плоской волны  $\Psi_0(\mathbf{r}, t) = e^{i(\mathbf{k}\mathbf{r} - Et)/\hbar}$ ,  $E = k^2/2m$ , пропагатор (1) дает волновую функцию

$$\Psi(\mathbf{r}, \mathbf{k}; t, t') = \int d^3 r' G(\mathbf{r}, \mathbf{r}'; t, t') \Psi_0(\mathbf{r}', t'). \quad (2)$$

При вычислении интеграла в (2) методом стационарной фазы получаем волновую функцию нейтрона после прохождения колеблющейся пластины. В случае, когда кинетическая энергия на всей траектории существенно превосходит потенциальную, в главном приближении можно принять, что движение нейтрона равномерно и прямолинейно. Тогда квазиклассическая теория воспроизводит результат эйконального приближения, построенного для нестационарного потенциала в [5].

### Список литературы

1. А.И. Франк, П. Гелтенборт, М. Жентшель, Д.В. Кустов, Г.В. Кулин, В.Г. Носов, А.Н. Стрелетов. Ядерная Физика 71, 1686 (2008)
2. А.И. Франк. ЭЧАЯ 47, 1192 (2016)
3. В.Г. Носов, А.И. Франк. Ядерная Физика 61, 686 (1998)
4. М.А. Zakharov, G.V. Kulin, A.I. Frank. Eur. Phys. J. D 75, 47 (2021)
5. Ф.С. Джепаров, Д.В. Львов, А.И. Франк. Ядерная Физика 85, 419 (2022)
6. В.А. Фок. Начала квантовой механики. Наука, Москва 1976.