

Квантовый эффект Зенона как эвереттическое явление

Д. А. Кирьянов

Студент,
кафедра «Системы автоматизированного проектирования»

В работе рассматривается один из наиболее парадоксальных эффектов квантовой механики – квантовый эффект Зенона, а также приводится сравнительное описание двух интерпретаций данного явления: классической и эвереттической.

Квантовый эффект Зенона был теоретически предсказан в 60-е годы советским физиком Л. А. Халфиным, затем, независимо от него, американцами Мизрой и Сударшаном, и только в 90-е годы был подтвержден в ряде экспериментов [1]. Эффект получил свое название за схожесть с известными апориями движения Зенона. Суть явления состоит в том, что наблюдение за нестабильной частицей (например, проверка - распалась частица или нет) вызывает замедление ее распада. В пределе, как следует из теоретических выводов, непрерывное наблюдение за частицей вовсе не даст ей распасться.

С точки зрения классической (копенгагенской) интерпретации квантовой механики, эффект Зенона объясняется через «коллапс волновой функции». Акт измерения вызывает мгновенное схлопывание, «коллапс волновой функции». Это означает, что процесс измерения случайно выбирает одну из возможных, допустимых данной волновой функцией состояний, а волновая функция мгновенно изменяется так, чтобы отразить этот выбор. Пусть $|\Phi, 0\rangle$ обозначает начальный вектор состояния системы. Спустя короткое время t , вектор состояния преобразуется в:

$$|\hat{O}, 0\rangle = \exp\left(-\frac{i}{\hbar} Ht\right) |\hat{O}, 0\rangle \approx \left(1 - \frac{i}{\hbar} Ht - \frac{i}{2\hbar^2} H^2 t^2\right) |\hat{O}, 0\rangle$$

Если теперь провести измерение, мы видим, что начальное состояние все еще не изменилось с вероятностью:

$$|\langle \hat{O}, 0 | \hat{O}, t \rangle|^2 \approx 1 - \frac{(\Delta E)^2}{\hbar^2} t^2$$

Если эти измерения проведены n раз, на интервалах t/n , есть вероятность что, во все эти моменты времени система окажется в начальном состоянии. И эта вероятность стремится к единице при $n \rightarrow \infty$. Поэтому, если частота наблюдений бесконечно, начальное состояние не изменяется вообще.

Кроме копенгагенской, существует и другая – многомировая или эвереттическая интерпретация квантовой механики [2]. Она предполагает существование альтерверса - множества «параллельных вселенных», которые находятся в различных состояниях, но в каждой из которых действуют одни и те же физические законы [3]. Эвереттика отказывается от недетерминированного коллапса волновой функции, который сопутствует измерению в копенгагенской интерпретации. Для объяснения эффектов, происходящих при измерении, используется явление декогеренции, происходящее при взаимодействии квантовой системы с окружающей средой, а также понятие памяти волновой функции [4].

На основе данного эффекта уже реализовано несколько весьма интересных измерительных схем, из которых прежде всего следует указать на метод БИЭВ (бесконтактные измерения Элицура-Вайдмана) [5].

Одной из областей применения БИЭВ является получение изображений облаков ультрахолодных атомов, недавно полученных в различных лабораториях. Наиболее холодным из этих Бозе-Эйнштейновских конденсатов является новый тип квантового

состояния, в котором многие атомы проявляют себя коллективно, как одно целое. В этом облаке каждый атом так «холоден», что единственный фотон может удалить его из облака. Казалось, что не существует способа получения изображения без разрушения облака. Однако методы бесконтактных измерений могут решить эту проблему.

Ожидается, что другой возможной областью применения данного эффекта может быть его использование в будущих квантовых компьютерах, а также для снижения дозы облучения при нейтронной томографии.

Литература

1. Silagadze Z.K., Zeno meets modern science, 5 May 2005, <http://arxiv.org/abs/physics/0505042v1>, P. 1- 40.
2. Everett Hugh, "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics, *Reviews of Modern Physics*, 1957, v. 29, №3, P.454 – 462.
3. Шацкий А.А., Новиков И.Д., Кардашев Н.С. Динамическая модель кротовой норы и модель Мультивселенной.// *Успехи Физических Наук*,- 2008, Т.178,- №5.- С. 481 – 488.
4. Лебедев Ю.А. Нелинейные семантические аспекты квантовомеханической концепции "соотнесенных состояний" и перспективы развития эвереттики// *Математические структуры и моделирование*,-2007, Вып. 17, Омск, ОмГУ, С. 53 - 71.
5. Vaidman L. The Elitzur-Vaidman Interaction-Free Measurements, 17 Jan 2008, arXiv:0801.2777v1 [quant-ph], P. 1- 8.

Работа представлена на студенческую конференцию "Студенческая весна-2009" в МГТУ им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель:

Ю.А.Лебедев,

кандидат технических наук, доцент кафедры «ФН-5 (Общая химия)»,

Поступила 05.03.09