

в основе эффекта, указал О. Ричардсон (O. Richardson, 1908). Эффект обнаружен и теоретически объяснен А. Эйнштейном и В. де Хаазом (W. de Haas) в 1915 и состоит в том, что тело при намагничивании вдоль нек-рой оси приобретает относительно неё механич. момент, пропорциональный намагниченности.

**ЭЙНШТЕЙНА — ПОДОЛЬСКОГО — РОЗЕНА ПАРАДОКС** (парадокс ЭПР) — логич. ситуация, возникшая при анализе мысленного эксперимента, предложенного в 1935 А. Эйнштейном, Б. Подольским (B. Podolsky) и Н. Розеном (N. Rosen) с целью разграничения двух возможных интерпретаций волновой функции в квантовой механике: статистическая интерпретация (Эйнштейн) — волновая ф-ция даёт вероятностное описание ансамбля тождеств. микросистем (квантового статистического ансамбля); копенгагенская интерпретация (Н. Бор) — волновая ф-ция даёт вероятностное описание индивидуальной микросистемы. В соответствии с первым утверждением выводы квантовой механики нельзя относить к индивидуальной микросистеме, поскольку они носят статистич. характер, второе — предполагает, что волновая ф-ция даёт максимально полное описание индивидуального микропроцесса и такое описание не может быть детерминированным. На опыте обе эти позиции неразличимы, т. к. вероятностные предсказания могут быть проверены только в результате статистич. обработки серии наблюдений.

Цель предложенного мысленного эксперимента — отождествить измерение с индивидуальным наблюдательным актом, что могло бы привести к противоречию, указывающему на неполноту квантовомеханич. описания. Предварительно были приняты два условия:

1) для полноты нек-рой физ. теории необходимо, чтобы каждый элемент физ. реальности имел соответствие в теории;

2) если, не возмущая систему, можно с определённой (т. е. с вероятностью, как угодно близкой к единице) предсказать значение нек-рой физ. величины, то существует элемент физ. реальности, отвечающий этой величине.

Чтобы пояснить ход рассуждений авторов парадокса ЭПР, рассмотрим следующий мысленный эксперимент. Пусть неподвижная метастабильная частица с нулевым спином распадается на две разл. частицы со спином  $1/2$  (напр., электрон и позитрон). Пропуская частицу 1 (электрон) через установку Штерна — Герлаха (см. Штерна — Герлаха опыт), можно определить проекцию её спина  $S_{1z}$  на направление  $z$  магн. поля в установке. Если она положительна, то для второй частицы (позитрона) соответствующая проекция спина  $S_{2z}$  должна быть отрицательна, т. к. полный спин системы сохраняется. Т. о., значение  $S_{2z}$  можно установить, не воздействуя на частицу 2. Согласно условию 2, существует элемент физ. реальности, отвечающий проекции спина  $S_{2z}$ .

В то же время, если магн. поле в установке Штерна — Герлаха было бы ориентировано вдоль оси  $x$ , то установленному с помощью приведённого рассуждения значению проекции  $S_{2x}$  тоже отвечал бы элемент физ. реальности. Однако наблюдаемые  $S_z$  и  $S_x$  несовместны, т. е. не могут быть измерены одновременно, т. к. соответствующие операторы не коммутируют:  $[S_z, S_x] = iS_y \neq 0$ . Отсюда, согласно условию 1, делается вывод о неполноте квантовой механики, т. к. паре элементов физ. реальности  $\{S_{2z}, S_{2x}\}$  нет соответствия в теории.

Этот вывод, однако, неправилен, т. к. измерения наблюдаемых типа  $S_z$  и  $S_x$  требуют взаимно исключающих эксперим. установок (см. *Дополнительности принцип*). Фактически предложенное рассмотрение допускало допущение гипотезу: если  $A$  и  $B$  по отдельности — элементы реальности, то пара  $\{A, B\}$  — также элемент реальности, что не всегда справедливо.

Парадокс ЭПР, несмотря на ошибочность заключений, поставил новые вопросы, ответы на к-рые, возможно, будут получены лишь в будущей теории микромира. В частности, если пара  $\{A, B\}$  не есть элемент физ. реальности (в

силу несовместности наблюдаемых  $A$  и  $B$ ), то, возможно, это объясняется тем, что существуют какие-то дополнит. (ненаблюдаемые) переменные  $\lambda$  (скрытые параметры), к-рые не описываются квантовой теорией и фиксации к-рых позволит получить более детальную картину мира. В таком случае на более глубоком, субквантовом, уровне описание могло бы быть детерминированным, а квантовое описание должно восстанавливаться после усреднения по скрытым параметрам, т. е. средние значения в такой теории должны совпадать с квантовыми средними. Анализ этой проблемы привёл Дж. Белла (J. Bell) в 1964 к выводу о существенно нелокальной природе теорий со скрытыми параметрами (см. *Белла неравенства*), что, в свою очередь, поставило новые вопросы, требующие разрешения.

Лит.: Эйнштейн А., Собр. науч. трудов, т. 3, М., 1966; Бор Н., Атомная физика и человеческое познание, пер. с англ., М., 1961; фон Нейман Дж., Математические основы квантовой механики, пер. с нем., М., 1964; Мандельштам Л. И., Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике, М., 1972; Садбери А., Квантовая механика и физика элементарных частиц, пер. с англ., М., 1989; Философские исследования оснований квантовой механики. (К 25-летию неравенств Белла), М., 1990; Рыбаков Ю. П., Терлекий Я. П., Квантовая механика, М., 1991; Дискуссионные вопросы квантовой физики. Памяти В. В. Курышкина, М., 1993; см. также лит. при ст. *Белла неравенства*.

Ю. П. Рыбаков.

**ЭЙНШТЕЙНА — ФОККЕРА — ПЛАНКА УРАВНЕНИЕ** — то же, что *Фоккера — Планка уравнение*.

**ЭЙНШТЕЙНИЙ** (лат. Einsteinium), Es, — радиоакт. хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 99, относится к тяжёлым актиноидам (т. н. транслютоновым элементам). Известны изотопы Э. с массовыми числами 245—256, все они радиоактивны. Наиб. устойчив  $^{254}\text{Es}$  ( $\alpha$ -распад и спонтанное деление,  $T_{1/2} = 275,7$  сут). Для исследований наиб. доступен  $^{253}\text{Es}$  ( $\alpha$ -распад и спонтанное деление,  $T_{1/2} = 20,47$  сут). Открыт в 1952 А. Гиорсо (A. Ghiorso), С. Томпсоном (S. G. Thompson) и Г. Хиггинсом (G. H. Higgins), назван в честь А. Эйнштейна.

Конфигурация внеш. электронных оболочек  $5s^2 2p^6 d^{10} f^{11} 6s^2 p^6 7s^2$  (предположительно). Энергии последоват. ионизаций: 6,8; 12,6 и 22,1 эВ. Металлич. Э. получают восстановлением фторида  $\text{EsF}_3$  парами Li. По оценке,  $t_{\text{пл}}$  металл. Э. 860 °С, кристаллич. структура кубическая гранцентрированная. В хим. соединениях проявляет степени окисления +3 (как и др. актиноиды) и +2 (редко). Мишени, содержащие Э., используют для искусств. синтеза более тяжёлых хим. элементов.

С. С. Бердонос.

**ЭЙРИ ФУНКЦИЯ** — частное решение ур-ния

$$y'' - xy = 0, \quad (1)$$

возникающего во многих задачах оптики, радиофизики, квантовой механики и т. п. Общее решение (1) может быть выражено через модифицированные ф-ции Бесселя (см. *Цилиндрические функции*)

$$y = \sqrt{x} \left[ c_1 I_{1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right) + c_2 I_{-1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right) \right].$$

Однако обычно вводят частные решения у-ния (1) в виде

$$Ai(x) = \frac{1}{3} \sqrt{x} \left[ I_{-1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right) - I_{1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right) \right] = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{x}{3}} K_{1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right),$$

$$Bi(x) = \sqrt{\frac{x}{3}} \left[ I_{-1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right) + I_{1/3} \left( \frac{2}{3} x^{3/2} \right) \right],$$

наз. соответственно Э. ф. первого и второго рода. Т. о., общее решение (1) может быть представлено в эквивалентной форме

$$y = c_1 Ai(x) + c_2 Bi(x).$$

Соответственно, общее решение уравнения  $y'' + xy = 0$  имеет вид

$$y = c_1 Ai(-x) + c_2 Bi(-x),$$