

устойчивым круговым орбитам в экваториальной плоскости, может достигать 42% от энергии покоя тела (при  $a \rightarrow M$  и радиусе орбиты  $r \rightarrow r_+$ ). При нестационарном движении физ. объектов внутри эргосферы их полная энергия, измеренная относительно удалённого наблюдателя, может быть отрицательной; это даёт возможность отнимать от ЧД её вращат. энергию посредством разл. физ. процессов (процесса Пенроуза (R. Penrose, 1969), эффекта суперрадиации — усиления эл.-магн. и гравитац. волн при рассеянии на вращающейся ЧД, аккреции замагнич. плазмы и т. д.). В ходе этих процессов вращение ЧД замедляется, её эргосфера сжимается, но площадь поверхности горизонта событий  $S_H = 4\pi (r_+^2 + a^2)$  всегда возрастает. Вращающаяся сверхмассивная ( $M \sim 10^6 M_\odot$ ) ЧД, окружённая замагнич. плазмой, может быть сверхмощным источником энергии, и поэтому её используют для построения теоретич. моделей активных ядер галактик и квазаров.

К. п.-в. под горизонтом событий (при  $r < r_+$ ; в области, невидимой для удалённого наблюдателя) нестационарно и имеет истинную сингулярность на кольце  $r=0, \theta=\pi/2$ , где тензор кривизны Римана расходится. Вблизи этого кольца в К. п.-в. существуют замкнутые времениподобные линии. Одна часть К. п.-в. внутри поверхности  $r=r_+ = M - \sqrt{M^2 - a^2}$  ( $r_+$  — меньший корень уравнения  $\Delta=0$ ) является нефизической, т. к. эта поверхность образует Коши горизонт в К. п.-в., к-рый неустойчив как по отношению к малым нестационарным гравитац. возмущениям, так и вследствие квантового эффекта рождения пар элементарных частиц гравитац. полем ЧД (см. Чёрные дыры, Квантовая теория гравитации). Поэтому можно полагать, что внутри реальных вращающихся ЧД, возникающих в результате коллапса первоначально регулярного распределения вещества, пространство-время перестраивается т. о., что горизонт Коши и замкнутые времениподобные линии не образуются, а структура пространства-времени оказывается подобной структуре пространства-времени Шварцшильда под горизонтом событий.

Лит.: Новиков И. Д., Фролов В. П., Физика чёрных дыр, М., 1986; Дьячкова И. Г., Движение частиц и фотонов в гравитационном поле вращающегося тела, «УФН», 1986, т. 148, с. 393. А. А. Старобинский.

**КЕРРА ЭФФЕКТ** — название трёх явлений, два из к-рых (I и III) были открыты Дж. Керром (J. Kerr) в 1875 (эл.-оптич. К. э.) и в 1876 (магн.-оптич. К. э.); после появления лазеров в сильных оптич. полях был замечен эффект, аналогичный эл.-оптич. К. э., к-рый назвали оптич. К. э.

**Электрооптический К. э.** — квадратичный электрооптич. эффект, возникновение *двойного лучепреломления* в оптически изотропных веществах (газах, жидкостях, кристаллах с центром симметрии, стёклах) под действием внеш. однородного электрич. поля. Оптически изотропная среда, помещённая в электрич. поле, становится анизотропной, приобретает свойства одноосного кристалла (см. Кристаллооптика), оптич. ось к-рого направлена вдоль поля.

Регистрируется К. э. обычно по возникновению эллиптичности в проходящем через среду линейно поляризованном световом пучке.

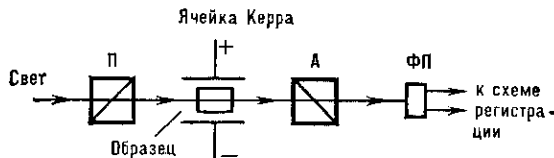


Рис. 1. Схема наблюдения электрооптического эффекта Керра.

Между скрещенными поляризатором (П) (рис. 1) и анализатором (А) располагается ячейка — плоский конденсатор, заполненный прозрачным изотропным веществом. Плоскость поляризации падающего на ячейку излучения составляет угол  $45^\circ$  с направлением поля. В отсутствие

поля свет не проходит через анализатор. Индуцируемая электрич. полем оптич. анизотропия среды приводит к различию показателей преломления  $n_e$  и  $n_o$  необыкновенной и обыкновенной компонент пучка, поляризованных соответственно вдоль и поперёк поля. Имя разные скорости, эти компоненты по мере распространения через среду приобретают разность фаз и, складываясь на выходе из среды (см. Интерференция поляризованных лучей), образуют эллиптически поляризованный свет, к-рый частично проходит через анализатор. О величине эффекта можно судить по интенсивности прошедшего через анализатор света, регистрируемой фотоприёмником ФП. Вводя компенсатор оптический перед анализатором, можно измерить разность фаз между обоими лучами и т. о. найти разность  $n_e - n_o$ . Величина фазового сдвига  $\delta$ , индуцируемого электрич. полем при К. э., определяется выражением:  $\delta = (2\pi/\lambda)l(n_e - n_o) = 2\pi B l E^2$ . Здесь  $l$  — длина образца,  $E$  — напряжённость электрич. поля,  $\lambda$  — длина волны света в вакууме,  $B$  — постоянная Керра. Постоянной Керра иногда также наз. величину  $K = B\lambda/n$  ( $n$  — показатель преломления вещества в отсутствие поля), к-рая численно равна отношению разности показателей преломления  $(n_e - n_o)/n$  во внеш. электрич. поле единичной напряжённости. Постоянная Керра обладает дисперсией (обычно увеличивается при уменьшении  $\lambda$ ), может быть положительной и отрицательной, зависит от агрегатного состояния вещества, температуры и структуры молекул. Значения постоянных Керра для нек-рых газов и жидкостей приведены в табл.

Значения постоянных Керра некоторых газов и жидкостей ( $\lambda = 589 \text{ нм}$ )

Вещество	Темп-ра, °C	B (СГСЭ)	Вещество	Темп-ра, °C	B (СГСЭ)
нитробензол	20	$2,2 \cdot 10^{-5}$	этиловый спирт	18	$9,2 \cdot 10^{-10}$
нитроглицерин	»	$1,2 \cdot 10^{-5}$	ацетон	83	$5,4 \cdot 10^{-10}$
хлорбензол	»	$1,0 \cdot 10^{-6}$	сероуглерод	57	$3,6 \cdot 10^{-10}$
вода	»	$4,7 \cdot 10^{-7}$	этиловый спирт	63	$-0,66 \cdot 10^{-10}$
сероуглерод	»	$3,2 \cdot 10^{-7}$	эфир	»	»
бензол	»	$6,0 \cdot 10^{-8}$	этиленовый спирт	20	$-1,7 \cdot 10^{-10}$
хлороформ	»	$-3,5 \cdot 10^{-8}$			

Количеств. теория К. э. была дана П. Ланжевром в 1910 для недипольных (неполярных) молекул и обобщена М. Борном в 1918 на случай дипольных (полярных) молекул. К. э. объясняется анизотропией *поляризуемости* молекул. Хаотич. расположение анизотропных молекул обуславливает макроскопич. изотропность среды в отсутствие поля. Внеш. электрич. поле индуцирует в молекуле дипольный момент, пропорциональный полю, но не совпадающий с ним по направлению из-за анизотропии поляризуемости молекулы. При взаимодействии пост. поля с индуцированным диполем возникает момент сил, стремящийся развернуть молекулу так, чтобы направление её макс. поляризуемости совпало с направлением поля. Ориентирующее действие поля и дезориентирующее действие теплового движения молекул приводят к установлению при заданной температуре определенной степени ориентации молекул, определяющей анизотропию оптич. свойств среды, т. е. величину К. э. Теория Ланжевена предсказывала положит. знак постоянной Керра для произвольного вида тензора поляризуемости молекулы. Борн теоретически описал К. э. для дипольных молекул, когда ориентирующее действие электрич. поля обусловлено его взаимодействием с пост. моментами молекул, направление к-рых не совпадает с направлением макс. оптич. поляризуемости. Вследствие этого постоянная Керра может быть как положительной, так и отрицательной (если на-