

# КЕРРА ЭФФЕКТЫ

Авторы: В. С. Запасский

КЕРРА ЭФФЕКТЫ, название трёх явлений, два из которых были открыты шотл. физиком Дж. Керром в 1875 (электрооптический К. э.) и в 1876 (магнитооптический К. э.); после появления лазеров был обнаружен эффект в сильных оптич. полях, аналогичный электрооптическому К. э., который назвали оптическим эффектом Керра.

## Электрооптический эффект Керра –

квадратичный электрооптич. эффект, возникновение [двойного лучепреломления](#) в оптически изотропных веществах (газах, жидкостях, кристаллах с центром симметрии, стёклах) под действием внешнего однородного электрич. поля. Оптически изотропная среда, помещённая в электрич. поле, становится анизотропной, приобретает свойства одноосного кристалла (см. [Кристаллооптика](#)), оптич. ось которого направлена вдоль поля.

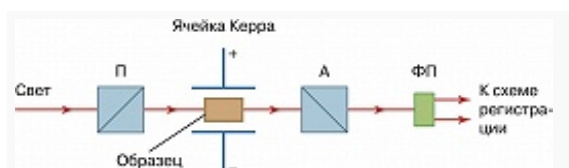


Рис. 1. Схема наблюдения электрооптического эффекта Керра.

Регистрируется электрооптический К. э. по возникновению эллиптичности в проходящем через среду линейно поляризованном световом пучке. Между скрещенными поляризатором (П) (рис. 1) и анализатором (А) располагается т. н. ячейка Керра – плоский конденсатор, заполненный прозрачным изотропным

веществом. Плоскость поляризации падающего на ячейку излучения составляет угол  $45^\circ$  с направлением поля. При отсутствии 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. Имея 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, который частично проходит через анализатор. О величине эффекта можно судить по интенсивности прошедшего через анализатор света, которая регистрируется 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:

$$\delta = (2\pi/\lambda)(n_e - n_o) = 2\pi V E^2. \text{ Здесь}$$

$l$  – длина образца,

$E$  – напряжённость электрич. поля,

$\lambda$  – длина волны света в вакууме,

$V$  – постоянная Керра. Постоянной Керра иногда также называют величину

$$K = b\lambda/n ($$

$n$  – показатель преломления вещества при отсутствии поля), которая численно равна относительной разности показателей преломления

$(n_e - n_o)/n$  во внешнем электрич. поле единичной напряжённости. Постоянная Керра обладает дисперсией (обычно увеличивается при уменьшении

$\lambda$ ), может быть положительной и отрицательной, зависит от агрегатного состояния вещества, его темп-ры и структуры молекул.

Количественная 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 ориентационным механизмом (в случае анизотропно поляризованных молекул) либо поляризационным механизмом. Действие последнего сводится к тому, что исходно оптически изотропная молекула, поляризованная внешним электрич. полем, имеет разные поляризуемости в направлениях вдоль и поперёк поля. Фактически это уже нелинейный эффект взаимодействия поля с

веществом (см. [Нелинейная поляризация](#)). Строгое теоретич. рассмотрение К. э. можно провести лишь в рамках квантовой механики.

К. э. обладает очень малой инерционностью: время релаксации порядка  $10^{-11}$ – $10^{-12}$  с. Это широко используется при создании быстродействующих [оптических затворов](#) и [модуляторов света](#).

## Оптический эффект Керра

Зависимость К. э. лишь от чётных степеней

$E$  даёт возможность наблюдать постоянную составляющую эффекта и в переменных электрич. полях. Это реализуется в сильных (обычно лазерных) полях оптич. частоты – т. н. оптический К. э. Ось светоиндуцированной анизотропии среды при этом определяется направлением вектора напряжённости электрич. поля световой волны. В ВЧ-поле анизотропия обусловлена ориентацией только индуцированных дипольных моментов. Оптический К. э. используется для измерений времён ориентационной релаксации молекул, для определения поляризуемости молекул и их структуры.

## Магнитооптический эффект Керра –

влияние намагниченности среды на интенсивность и поляризацию света, отражённого от её поверхности. Достаточную для измерения величину магнитооптического К. э. имеют вещества, обладающие большой намагниченностью и высоким коэф. поглощения, поэтому эффект наблюдается гл. обр. при отражении света от металлич. ферромагнетиков.

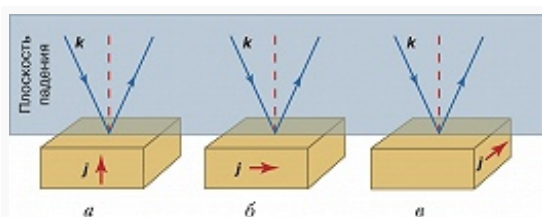


Рис. 2. Магнитооптический эффект Керра: а – полярный, б – меридиональный, в –

В зависимости от ориентации вектора намагниченности относительно отражающей поверхности и плоскости падения светового пучка различают три вида магнитооптического К. э.: полярный, меридиональный и экваториальный. При полярном эффекте вектор намагниченности

экваториальный;  $j$  – вектор намагниченности,  $k$  – волновой вектор.

$j$  направлен перпендикулярно отражающей поверхности и параллельно плоскости падения (рис. 2, а), влияние намагниченности сводится к вращению плоскости поляризации и появлению

эллиптич. поляризации отражённого от поверхности магнетика линейно поляризованного света. При меридиональном магнитооптическом К. э. вектор намагниченности расположен параллельно отражающей поверхности магнетика и плоскости падения светового пучка (рис. 2, б). Если плоскость поляризации падающего линейно поляризованного света составляет некоторый угол с плоскостью падения (отличный от  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ), то оба эффекта проявляются также в линейных по намагниченности изменениях интенсивности отражённого света. Общим для полярного и меридионального эффектов является наличие не равной нулю проекции волнового вектора

$k$  световой волны на направление намагниченности среды

$j$ . В этом полярный и меридиональный К. э. сходны с эффектом Фарадея.

Экваториальный магнитооптический К. э. наблюдается при расположении вектора намагниченности перпендикулярно плоскости падения и параллельно плоскости отражения (рис. 2, в); проявляется в изменении интенсивности и фазового сдвига линейно поляризованного света, отражённого намагниченной средой. Отсутствие проекции волнового вектора на направление намагниченности среды объединяет экваториальный К. э. с др. поперечным магнитооптич. эффектом, наблюдающимся при прохождении света через намагниченную среду в направлении, перпендикулярном намагниченности, – Коттона – Мутона эффектом. Однако, в отличие от квадратичного эффекта Коттона – Мутона, экваториальный К. э. является линейным по фазовым и амплитудным изменениям в отражённом свете в зависимости от намагниченности. Это позволяет использовать экваториально намагниченные зеркала в качестве невзаимных элементов оптич. устройств.

Магнитооптический К. э. применяется при исследованиях электронной структуры ферромагнитных металлов и сплавов, доменной структуры ферромагнетиков, при изучении структуры поверхностного слоя полированного металла.

# Литература

Лит.: Соколов А. В. Оптические свойства металлов. М., 1961; Жёлудев И. С.

Симметрия и ее приложения. 2-е изд. М., 1983; Вонсовский С. В. Магнетизм. 2-е изд.

М., 1984; Кринчак Г. С. Физика магнитных явлений. 2-е изд. М., 1985; Сивухин Д. Ф.

Общий курс физики. 3-е изд. М., 2006. [Т. 4]: Оптика.