

Однако, если отвлечься от критерия причинности, то О. п. часто являются решениями, формально равноправными с запаздывающими потенциалами. Впервые О. п. были введены для полей, возбуждаемых зарядами и токами в вакууме. В частности, неоднородное волновое уравнение, описывающее поведение скалярного потенциала φ при изменении плотности заряда ρ ,

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho, \quad (1)$$

имеет два равноправных частных решения:

$$\varphi_{\pm}(r, t) = \int \frac{\rho(r', t \mp |r - r'|/c)}{|r - r'|} dV', \quad (2)$$

где верхний знак относится к запаздывающим потенциалам, а нижний — к О. п. Существует неск. критериев отбора физически реализуемых решений, не сводящихся к чисто словесным обращениям к принципу причинности. Один из них состоит в формулировке условий излучения при неограниченном удалении от источника, позволяющих исключить поля, привносящие энергию извне, т. е. от др., несуществующих источников. Этот критерий удобен для задач типа (1), (2), описывающих поля в вакуумно-подобных, т. е. однородных недиспергирующих, средах. Др. критерий, более универсальный, применимый к более общим, чем (1), (2), моделям, состоит во внесении (формальном) в окружающую среду небольшого вспомогат. поглощения и наз. иногда принципом предельного поглощения. Небольшое поглощение тоже исключает решения типа О. п., к-рые могут имитироваться решениями типа запаздывающих потенциалов, создаваемыми бесконечно удалёнными источниками. Наконец, наиб. общим критерием, применяемым и к нестационарным средам, является обращение к задаче Коши о включении источника с постепенным выходом его на нужный режим зависимости от времени.

Существуют, однако, ситуации, в к-рых О. п. не противоречат принципам причинности и должны фигурировать в физически осуществимых решениях. Так, в средах с аномальной дисперсией возможно существование т. н. *обратных волн* (гармонических или квазигармонических), фазовые и групповые скорости к-рых направлены противоположно. В этом случае решение, уносящее энергию от источника (критерий излучения Мандельштама), формально записывается через потенциалы, фазовые фронты к-рых «сбегают» в направлении к источнику, а не «убегают» от него. В сложных неоднородных средах с пространств. и временной дисперсией возможны случаи одноврем. привлечения решений с запаздывающими и О. п.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; Волоотовский Б. М., Столяров С. Н., Современное состояние электродинамики движущихся сред (безграничные среды), в кн.: Эйнштейновский сборник, 1974, М., 1976; Излучения условия, в кн.: Математическая энциклопедия, т. 2, М., 1979. М. А. Миллер, Е. В. Суворов.

ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ (детерминант) к в а д р а т н о й матрицы $A = \|a_{ij}\|$ порядка n , $\det A$ — многочлен, каждый член к-рого является произведением n элементов матрицы A , причём из каждой строки и каждого столбца матрицы в произведение входит лишь один элемент, т. е. многочлен вида $\det A = \sum (-1)^{\alpha} \cdot a_{1j_1} a_{2j_2} \dots a_{nj_n}$, где сумма берётся по всем перестановкам j_1, j_2, \dots, j_n чисел $1, 2, \dots, n$; число α равно числу инверсий в перестановке j_1, j_2, \dots, j_n , т. е. числу случаев, когда большее число стоит перед меньшим. О. содержит $n!$ членов, из к-рых половина берётся со знаком $+$ и половина со знаком $-$. Число n наз. порядком О. Определитель матрицы A обозначается также $|A|$ или $|a_{ij}|$. О. обладает рядом важных свойств, к-рые облегчают их вычисление. 1) Величина $\det A$ не изменяется: а) если строки и столбцы A поменять местами, т. е. $\det A = \det A'$, где A' — матрица, транспонированная к A ; б) при чётном числе перемен местами любых двух строк (столбцов) A ; в) если к элементам любой строки (столбца) прибавить соответствующие

элементы другой строки (соответственно столбца), умноженные на одно и то же число. 2) О. меняет знак, если в A произвести нечётное число перемен местами любых двух строк (столбцов). 3) О. равен нулю, если: а) все элементы к.-л. строки (столбца) равны нулю; б) соответствующие элементы к.-л. двух строк (столбцов) равны или пропорциональны. 4) Общий множитель всех элементов строки (столбца) можно вынести за знак О. 5) Если каждый элемент к.-л. строки (столбца) есть сумма двух слагаемых, то О. равен сумме двух О., причём в одном из них соответствующая строка (столбец) состоит из первых слагаемых, а в другом — из вторых слагаемых. 6) О. можно разложить по элементам к.-л. строки (столбца). Напр., разложение О. по элементам i -й строки имеет вид: $|A| = a_{i1}A_{i1} + a_{i2}A_{i2} + \dots + a_{in}A_{in}$. Коэф. A_{ij} , стоящий при элементе a_{ij} в этом разложении, наз. алгебраическим дополнением элемента a_{ij} , $A_{ij} = \partial|A|/\partial a_{ij}$, A_{ij} равен произведению $(-1)^{i+j}$ на О. порядка $n-1$, полученный из данного О. вычёркиванием i -й строки и j -го столбца. 7) Из определения произведения матриц следует, что $\det(AB) = \det A \det B$, где A и B — квадратные матрицы одного и того же порядка. 8) $\det A^+ = \det A^* = (\det A)^*$, $\det A^{-1} = (\det A)^{-1}$ при $\det A \neq 0$ (A^+ — матрица, эрмитово сопряжённая к A , $*$ — комплексное сопряжение).

Нек-рые спец. О.: для ϕ -ции $f(x_1, \dots, x_n)$ гессианом наз. $\|\partial^2 f/\partial x_i \partial x_j\|$, для n ϕ -ций $f_i(x_1, \dots, x_n)$ ($i = 1, 2, \dots, n$) якобианом наз. О. $\|\partial f_i/\partial x_j\|$, определителем Вронского наз. О. матрицы, в к-рой элементами первой строки являются n функций $v_1(x), v_2(x), \dots, v_n(x)$, а их k -е производные являются элементами $(k+1)$ -й строки ($k = 1, 2, \dots, n-1$). Определителем Грама наз. О. матрицы, элементы к-рой — скалярные произведения (u_i, u_j) n векторов u_1, u_2, \dots, u_n в пространстве размерности n . Лит. см. при ст. Матрица. С. И. Азиков.

ОПТИКА (от греч. *optiké* — наука о зрительных восприятиях) — раздел физики, в к-ром изучаются оптическое излучение (свет), его распространение и явления, наблюдаемые при взаимодействии света и вещества. Оптич. излучение представляет собой эл.-магн. волны, и поэтому О. — часть общего учения об эл.-магн. поле. Оптич. диапазон длин волн λ охватывает ок. 20 октав и ограничен с одной стороны рентг. лучами, а с другой — микроволновым диапазоном радиоизлучения. Такое ограничение условно и в значит. степени определяется общностью техн. средств и методов исследования явлений в указанном диапазоне. Для этих средств и методов характерны формирование оптич. изображений предметов, основанное на волновых свойствах излучения, с помощью приборов, линейные размеры к-рых много больше длины волны λ излучения, а также применение приёмников света, действие к-рых основано на квантовых свойствах (см. ниже). По традиции О. принято подразделять на геометрическую, физическую и физиологическую.

Геометрическая О., не рассматривая вопрос о природе света, исходит из эмпирич. законов его распространения и использует представление о световых лучах, преломляющихся и отражающихся на границах сред с разными оптич. свойствами и прямолинейных в оптич. однородной среде.

Методы геом. О. позволяют изучать условия формирования оптич. изображений объекта как совокупности изображений отд. его точек и объяснить мн. явления, связанные с прохождением оптич. излучения в разл. средах, в т. ч. неоднородных (напр., искривление лучей в земной атмосфере вследствие неоднородности её показателя преломления, образование миражей, радуг). Наб. значение геом. О. (с частичным привлечением волновой О., см. ниже) имеет для расчёта и конструирования оптич. приборов — от очковых линз до сложных объективов и огромных астр. инструментов. Благодаря развитию вычислит. математики и применению совр.