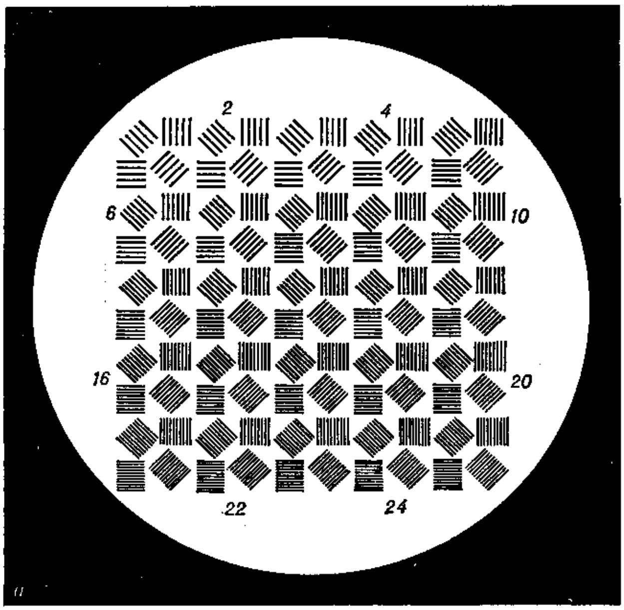
а поднятие и опускание индексов осуществляется с помощью метрич. тензора $\eta_{\mu\nu}$. Примерами 4-векторов могут служить 4-скорость частицы ненулевой массы, $u^\mu = dx^\mu/ds = (1-v^2)^{-1/2}$ $(1,\ v_x,\ v_y,\ v_z)$, 4-потенциал эл.-магн. поля $A^\mu = (c\varphi,\ \boldsymbol{A})$, где φ — скалярный, $\boldsymbol{A}$ — векторный потенциалы. Аналогично вводятся тензоры более высокого ранга, как многоиндексные величины, испытывающие преобразования (5) по каждому из индексов, напр. тензор эл.-магн. поля $F_{\mu\nu} = \partial A_\nu/\partial x^\mu - \partial A_\mu/\partial x^\nu$.

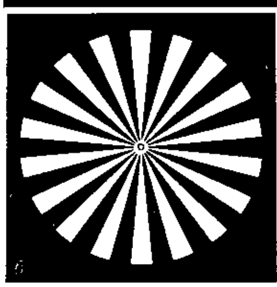
Преобразования координат более общего вида, чем (2), уже не будут оставлять метрич. тензор форминвариантным, это произойдёт, напр., при переходе к неинерц. системе отсчёта. Разумеется, введение в М. п.-в. криволинейных координат не изменяет плоского характера геометрии М. п.-в. (в противоположность искривлённому пространству-времени при наличии гравитац. полей). Это выражается в равенстве нулю во всех точках пространства-времени *кривизны тензора* $R_{\mu\nu\lambda\tau}$ для метрики $g_{\mu\nu}$, получаемой из $\eta_{\mu\nu}$ произвольным преобразованием координат. Напротив, при наличии гравитац. поля $R_{\mu\nu\lambda\tau}$ нельзя обратить в нуль сразу во всём пространстве-времени, однако в малой пространственно-временно́й области можно выбрать координаты так, что метрич. тензор $g_{\mu\nu}$ будет отличаться от метрики Минковского лишь на величины второго порядка малости (переход в свободно падающую систему отсчёта). Т. о., искривлённое пространство-время общей теории относительности в достаточно малых областях по-прежнему описывается геометрией М. п.-в.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; Минковский Г., Пространство и время, в кн.: Принцип относительности, М., 1973; Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж., Гравитация, пер. с англ., т. 1, М., 1977.
Д. В. Гальцов.

МИ́РА (франц. mire, от mirer — рассматривать на свет, прицеливаться, метить) — испытательная прозрачная или непрозрачная пластинка, на к-рую нанесён стандартный рисунок; служит для количественного определения предела разрешения оптич. приборов в угл. секундах φ, в мм δ или в числе штрихов N на мм. Рисунки для М. могут иметь разные конфигурации и характеризоваться разл. контрастностью образующих их элементов. Часто такими элементами служат тёмные штрихи на светлом фоне (штриховая М.) или чередующиеся тёмные и светлые сектора (радиальная М.). Штриховая М. (рис., *а*) состоит из 25 элементов, каждый из к-рых включает четыре группы полос, наклонённых друг к другу под углом 45° (нек-рые элементы помечены цифрами). Внутри каждого элемента ширина и длина полос одинаковы, но ширина полос от одного элемента к другому убывает по закону геом. прогрессии со знаменателем $2^{-1/12}$. Ширина полосы a в мм определяется по ф-ле $a = \varphi f'/412530$, где f' — фокусное расстояние в мм того объектива, в фокальной плоскости к-рого устанавливается М. Кроме того, ширина полосы $a = 0{,}5\delta$ или $a = 0{,}5N$. Обычно набор штриховых М. имеет от 1,56 до 200 штрихов на 1 мм. Наблюдая изображение М., создаваемое оптич. прибором, определяют, на каком элементе изображения отд. штрихов перестают различаться (сливаются), что непосредственно даёт предельное разрешение прибора в числе штрихов N на 1 мм.



а


б

Радиальная М. (рис., *б*) представляет собой пластинку, на к-рую нанесён рисунок в виде чередующихся тёмных и светлых секторов. Общее число тёмных и светлых секторов обычно составляет 36, 48, 60, 72, 90, 120 или 180. За величину предела разрешения принимается расстояние между серединами одноимённых, ещё различаемых штрихов на концентрич. окружности. Если диаметр такой окружности D, а число одноимённых (светлых или тёмных) секторов m, то разрешимое расстояние δ определяется ф-лой $\delta = \pi D/m$; в угл. мере предел разрешения определяется по ур-нию $\mathrm{tg}\,\varphi = \delta/f'$; в штрихах на 1 мм $N = 1/\delta$.

Обычно М. применяются для определения разрешающей способности разл. объективов (фотогр., проекционных и т. п.) и зрительных труб, а также для испытания разл. оптич. приборов.

МИРОВА́Я ЛИ́НИЯ — кривая в пространстве-времени (п.-в.), изображающая движение классич. (неквантовой) точечной частицы (т. е. непрерывную последовательность событий, отвечающих положению частицы в пространстве в каждый момент времени), а также распространение световых лучей. (В более широком смысле под М. л. иногда понимают произвольную кривую в п.-в.) В механике спец. теории относительности рассматриваются М. л. в *Минковского пространстве-времени* (в плоском п.-в.), в общей теории относительности — в псевдоримановом пространстве (в искривлённом п.-в.).

М. л. частицы с отличной от нуля массой времениподобна (см. *Времениподобный вектор*), такая кривая в случае п.-в. Минковского целиком лежит внутри *светового конуса* с вершиной в любой точке на ней. Это отражает тот факт, что частица ненулевой массы всегда движется со скоростью, меньшей скорости света c. Ур-ние М. л. принято записывать в параметрич. виде: $x^\mu = x^\mu(\lambda)$, $\mu = 0, 1, 2, 3$, где λ — вещественный параметр, x^μ — пространственно-временны́е координаты событий ($x^0 = ct$, $x^1 = x$, $x^2 = y$, $x^3 = z$). В качестве параметра λ на времениподобной М. л. удобно выбрать *интервал* s, т. е. «расстояние» в п.-в., $x^\mu = x^\mu(s)$. Касат. вектор к М. л. $u^\mu = dx^\mu/ds$ (4-скорость) будет в этом случае времениподобным вектором единичной длины: $(u)^2 = u^\mu u_\mu = (u^0)^2 - (u^1)^2 - (u^2)^2 - (u^3)^2 = 1$, где опускание индекса осуществляется с помощью метрич. тензора п.-в. Минковского $\eta_{\mu\nu} = \mathrm{diag}(1, -1, -1, -1)$. Это свойство времениподобной М. л. имеет место и в псевдоримановом п.-в. общей теории относительности.

Частицы нулевой массы (напр., фотоны) в любой системе отсчёта движутся со скоростью света c. Поэтому М. л. таких частиц будут изображаться изотропными кривыми в п.-в., интервал между любыми двумя точками на к-рых (понимаемый как интеграл от ds) равен нулю. В п.-в. Минковского М. л. безмассовых частиц, пересекающих начало четырёхмерной системы координат, образуют световой конус, разделяющий п.-в.