

берта). Комплексные пространства с И. м. (наз. псевдогильбертовыми пространствами) находят применение в квантовой теории поля.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; Рашевский П. К., Риманова геометрия и тензорный анализ, 3 изд., М., 1967; Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В., Введение в теорию квантовых полей, 4 изд., М., 1984; Надь К. Л., Пространства состояний с индефинитной метрикой в квантовой теории поля, пер. с англ., М., 1969; Азизов Т. Я., Иохвидов И. С., Основы теории линейных операторов в пространствах с индефинитной метрикой, М., 1986.

А. И. Оксак.

ИНДИЙ (Indium), In, — хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 49, ат. масса 114,82. В природе представлен двумя изотопами: стабильным ^{115}In (4,28%) и слабо β -радиоактивным ^{115}In (95,72%, $T_{1/2} = 5 \cdot 10^{14}$ лет). Электронная конфигурация внеш. оболочка $5s^2 p$. Энергии последоват. ионизации 5,786, 18,869 и 28,03 эВ. Кристаллохим. радиус In 0,166 нм, иона In^{3+} 0,092 нм. Значение электроотрицательности 1,49.

В свободном виде — серебристо-белый мягкий металл. Кристаллич. решётка тетрагональная с постоянными решётки $a = 0,4583$ и $c = 0,4936$ нм. Плотн. 7,31 кг/дм³, $t_{пл} = 156,78^\circ\text{C}$, $t_{кип} = 2024^\circ\text{C}$. Теплоёмкость $C_p = 26,7$ Дж/(моль·К), теплота плавления 3,26 кДж/моль, теплота кипения 237,4 кДж/моль. Коэф. линейного расширения $33 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (20°C), теплопроводность 87–80 Вт/(м·К) (при 250–400 К). Уд. сопротивление 0,0837 мОм·м (0°C), температурный коэф. сопротивления 0,00490 K^{-1} (0 – 100°C), модуль упругости 10,5 ГПа. Тв. по Бринеллю 9 МПа, предел прочности при растяжении 2,25 МПа, предел прочности при сжатии 2,15 МПа.

В хим. соединениях проявляет степень окисления +3, реже +1 и +2. На воздухе при комнатной температуре устойчив, при нагревании окисляется.

Осн. область применения И. и его соединений (InSb, InAs и InP) — полупроводниковые материалы. Так, InSb применяют в детекторах ИК-излучения. InAs используют также в приборах для измерения напряжённости магн. поля. Легирование микроколичествами И. полупроводниковых Si и Ge применяют для создания дырочной проводимости и p – n -переходов. Кроме того, И. используют как герметизирующий, припойный и коррозионно-стойкий материал в электронной промышленности. Индиевые покрытия обладают высокой отражат. способностью и могут применяться для изготовления зеркал и рефлекторов.

С. С. Бердонов.

ИНДИКАТРИСА (франц. indicatrice, букв. — указывающая) (указательная поверхность) — вспомогательная поверхность, характеризующая зависимость к-л. свойства среды от направления. Для построения И. из одной точки проводят радиусы-векторы, длина к-рых пропорц. величине, характеризующей данное свойство в данном направлении, напр. электропроводность, показатель преломления, модуль упругости.

Индикатриса в оптике — линия или поверхность, изображающая зависимость от направления характеристик светового поля или пространств. (угл.) характеристики оптич. свойств к-л. тела (яркости, силы света, отражат. способности, показателя преломления и др.). Для получения И. строят полярную диаграмму, из центра к-рой в соответствующих направлениях откладывают радиусы-векторы, пропорциональные в принятом масштабе величине исследуемой оптич. характеристики. Линия (поверхность), соединяющая концы этих отрезков, и будет И. Применительно к источникам излучений понятие И. часто заменяют термином *диаграмма направленности*. И. рассеяния изображает распределение рассеянного света для разл. углов наблюдения. И. в оптике часто применяют в случаях, когда аналитич. выражение соответствующих угл. зависимостей сложно или неизвестно. Понятием И. широко пользуются при выполнении светотехн. расчётов, а также в *кристаллооптике*.

Лит.: Ландсберг Г. С., Оптика, 5 изд., М., 1976; Мешков В. В., Основы светотехники, 2 изд., М., 1979.

Л. Н. Капорский.

ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ в цепи переменного тока — реактивная часть сопротивления двухполюсника (см. *Импеданс*), в к-ром синусоидальный ток отстаёт по фазе от приложенного напряжения подобно тому, как это имеет место для катушки самоиндукции. В идеальном случае, когда катушка самоиндукции может быть охарактеризована единств. параметром — *индуктивностью* $L = \text{const}$, И. с. определяется как отношение амплитуд напряжения и тока и равно $X_L = \omega L$ (ω — циклич. частота). При этом ток отстаёт по фазе от напряжения точно на угол $\pi/2$, вследствие чего в среднем за период не происходит ни накопления эл.-магн. энергии в катушке, ни её диссипации: дважды за период энергия накапливается внутри катушки (в основном в виде энергии магн. поля) и дважды возвращается обратно источнику (или во внеш. цепь).

Принято считать, что реактанс произвольного двухполюсника (мнимая часть его импеданса $Z = R + iX$) имеет индуктивный характер, если он положителен [$X > 0$, при $\exp(i\omega t)$ -описании временной зависимости величин]. Именно этот признак, а не пропорциональность X частоте ω характерен для И. с. В принципе ф-ция $X(\omega)$ для И. с. может быть произвольной (известные ограничения накладываются только *Крамерса — Кронига соотношения*); более того, даже реактивная энергия, связанная с И. с., не обязательно должна быть преимущественно магнитной. И. с. в микросхемах довольно часто воспроизводится с помощью *фазовращателей* (гиракторов). Отметим также, что один и тот же двухполюсник может вести себя по-разному в разл. диапазонах частот. Так, колебат. контур, составленный из параллельно соединённых катушек самоиндукции (с индуктивностью L) и конденсатора (с ёмкостью C), на частотах ниже резонансной $\omega_p = 1/\sqrt{LC}$ ведёт себя как И. с., а при $\omega > \omega_p$ — как *ёмкостное сопротивление*.

М. А. Миллер, Г. В. Пермитин.

ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ в аэродинамике — часть *аэродинамического сопротивления* крыла, обусловленная вихрями, оси к-рых берут своё начало на крыле и направлены вниз по потоку. Эти

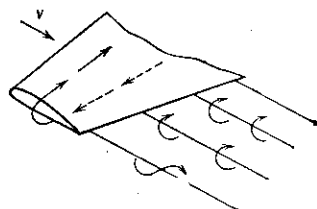


Рис. 1. Схема возникновения торцевого вихря в результате перетекания воздуха из области под крылом в область над крылом.

т. н. свободные вихри происходят от перетекания воздуха у торцов (рис. 1) из области под крылом в область над крылом. Течение воздуха у торцов вызывает поток, направленный над крылом от торцов к плоскости симметрии, а под крылом — от плоскости симметрии к торцам; в результате в спутной струе, или следе, за крылом происходит вращение каждой частицы вокруг оси, проходящей через неё и параллельной местному вектору скорости v потока; направление вращения при этом противоположно для левого и правого полукрыла (рис. 2). Т. о., возникает непрерывная система вихрей, отходящих от каждой точки поверхности крыла. В случае крыла большого удлинения можно считать, что свободные вихри образуют плоскую вихревую цепь; для крыла малого удлинения вихревая система является пространственной.

Свободные вихри вызывают (индуцируют) в области между торцами крыла потоки, направленные вниз, к-рые, налагаясь на набегающий поток, отклоняют последний вниз на угол $\Delta\alpha$ (угол сноса потока). В результате подъёмная сила элемента крыла, к-рая по теоре-