

вектора  $\alpha$ , а угол  $\theta$  между векторами  $x$ ,  $y$  находят из ф-лы  $\cos\theta = (xy)/|x||y|$ . Первоначально евклидовыми наз. пространства, в к-рых выполнены аксиомы евклидовой геометрии, осн. понятиями к-рой являются длина векторов и угол между ними. Бесконечномерное Е. п. обычно наз. *гильбертовым пространством*. Пространство, в к-ром нарушено условие 1) положительности скалярного произведения, наз. *псевдоевклидовым пространством*. Пространство, в к-ром  $n$  чётно, а условие 2) заменяется условием  $(xy) = -(yx)$ , наз. *симплектическим пространством*.

Лит.: Гельфанд И. М., Лекции по линейной алгебре, 4 изд., М., 1971; Дубровин Б. А., Новиков С. П., Фоминко А. Т., Современная геометрия, 2 изд., М., 1986. С. В. Молодцов.

**ЕВРОПИЙ** (Europium), Eu — хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. номер 63, ат. масса 151,96, входит в семейство лантаноидов. Природный E. состоит из изотопов с массовыми числами 151 (47,82%) и 153 (52,18%). Электронная конфигурация трёх внеш. оболочек  $4s^2p^6d^{10}f^75s^2p^66s^2$ . Энергии последоват. ионизации равны 5,664, 11,25 и 24,7 эВ. Кристаллохим. радиус атома Eu 0,202 нм (наибольший среди лантаноидов), радиус иона  $\text{Eu}^{3+}$  0,097 нм. Значение электроотрицательности 1,01.

В свободном виде — серебристо-белый металл, кристаллическая решётка объёмноцентрированная кубическая с постоянной решётки  $a=0,45720$  нм. Плотн. 5,245 кг/дм<sup>3</sup>,  $t_{\text{пл}}=822^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{кип}}=1597^\circ\text{C}$ . Теплота плавления 9,2 кДж/моль, теплота испарения 146 кДж/моль, уд. теплоёмкость 27,6 Дж/моль·К, уд. сопротивление  $8,13 \cdot 10^{-5}$  Ом·см (при 25°C). Парамагнитен, магн. восприимчивость  $22 \cdot 10^{-8}$ . В хим. соединениях проявляет степени окисления +2 и +3.

Природные изотопы E. обладают высокими сечениями захвата тепловых нейтронов, поэтому E. используют как эфф. поглотитель нейтронов. Eu служит активатором в разл. люминофорах на основе соединений Y, Zr и др. Лазеры на основе рубина, активированного  $\text{Eu}^{3+}$ , дают излучение в видимой области спектра. Из радионуклидов наиб. значение имеют  $\beta^-$ -радиоактивные  $^{152}\text{Eu}$  ( $T_{1/2}=13,33$  г.) и  $^{154}\text{Eu}$  ( $T_{1/2}=8,8$  г.), применяемые в  $\gamma$ -дефектоскопии и др. целях. С. С. Бердоносев.

**ЕДИНАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ** — единая теория материи, призванная свести всё многообразие свойств элементарных частиц и их взаимопревращений (взаимодействий) к небольшому числу универсальных принципов. Такая теория ещё не построена и рассматривается скорее как стратегия развития физики микромира.

Первым примером объединения разл. физ. явлений (эл.-магн., световых) принято считать *Максвелла уравнения*. След. этапом были попытки А. Эйнштейна объединить эл.-магн. и гравитац. явления на основе *общей теории относительности*, связывающей гравитац. взаимодействия материи с геом. свойствами пространства-времени. Предпринимались также попытки объединения взаимодействий на основе нелинейного синопного поля [В. Гейзенберг (W. Heisenberg), 1958]. Однако существенно продвинуться в этих направлениях не удалось.

Более плодотворным оказался путь расширения глобальной симметрии ур-ний движения до локальной *калибровочной инвариантности*, справедливой в каждой точке пространства-времени. Формулировка этого принципа принадлежит Р. Утияме (R. Utiyama), к-рый, в частности, показал (1956), что его применение к симметрии пространства-времени (группе Лоренца) приводит к теории гравитации Эйнштейна. На основе применения принципа локальной калибровочной симметрии к *изотопической инвариантности*, выполненного Р. Л. Миллсом (R. L. Mills) и Янгом (Yang Chen Ning), Ш. Глэшоу (Sh. Glashow), С. Вайнбергом (S. Weinberg), а также А. Саламом (A. Salam), была построена в нач. 70-х гг. объединённая теория слабого и эл.-магн. взаимодействий *лептонов и кварков* (см. *Электрослабое*

*взаимодействие*). Наиб. существ. предсказание этой теории — наличие трёх тяжёлых (в 80–90 протонных масс) слабо взаимодействующих векторных частиц — *промежуточных векторных бозонов*, играющих роль переносчиков слабого взаимодействия (открыты экспериментально в 1983). Делаются попытки включения в эту схему и *квантовой хромодинамики* — теории сильного взаимодействия кварков и глюонов; это т. н. *великое объединение*, объединяющее в одно семейство (один супермультиплет) кварки и лептоны. Важным предсказанием разл. моделей великого объединения является нарушение законов сохранения барионного и лептонного чисел, приводящее, в частности, к нестабильности протона со временем жизни  $10^{30}$ – $10^{34}$  лет. Проводятся эксперименты по наблюдению такой нестабильности. Предпринимаются попытки объединения взаимодействий на основе гипотезы о составной природе кварков и лептонов (см. *Составные модели лептонов и кварков*).

Др. направлением объединения, включающим также и гравитац. взаимодействие, является расширение калибровочной симметрии до т. н. *суперсимметрии*, объединяющей частицы с разл. спинами (и, следовательно, с разными статистич. свойствами). Пока эти попытки не привели к достаточно удовлетворительной с физ. точки зрения схеме (см. *Супергравитация*).

Значит. надежды на объединение всех взаимодействий связываются с теорией *суперструн* в многомерном (двадцатичестимерном или десятимерном) пространстве. При этом имеется возможность сделать мир «лишних» измерений (сверх четырёхмерного пространства-времени) замкнутым с радиусом порядка *планковской длины* ( $\sim 10^{-33}$  см) и рассматривать преобразования в нём как преобразования *внутренней симметрии*. На этом пути можно получить теорию, содержащую все взаимодействия всех известных фундам. частиц. Такая теория, однако, предсказывает существование большого кол-ва не наблюдаемых пока «лишних» частиц с большой ( $>1$  ТэВ) массой. А. В. Ефремов.

**ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН** — конкретные физ. величины, к-рым по определению присвоены числовые значения, равные единице. Мн. Е. ф. в. воспроизводятся мерами, применяемыми для измерений (напр., метр, килограмм). Исторически сначала появились Е. ф. в. для измерения длины, площади, объёма, массы, времени, причём в разных странах размеры единиц не совпадали. По мере расширения торговли, развития наук и техники число Е. ф. в. увеличивалось, начались их унификация и создание *систем единиц*. В 18 в. во Франции была предложена метрич. система мер, распространявшаяся затем и в др. странах. На её основе был построен ряд метрич. систем единиц, применявшихся в разл. областях физики и техники. Дальнейшее упорядочение Е. ф. в. связано с введением *Международной системы единиц* (СИ).

Е. ф. в. делятся на *системные*, т. е. входящие в к.-л. систему единиц, и *вне системные* (напр., мм рт. ст., лошадиная сила, электронвольт) единицы. Системные единицы подразделяются на *основные*, выбираемые произвольно (метр, килограмм, секунда и др.), и *производные*, образуемые по ур-ниям связи между физ. величинами (ньютон, джоуль и т. п.). Для удобства выражения разл. количеств к.-л. величины, во много раз больших или меньших Е. ф. в., применяются кратные и дольные единицы. В метрич. системах кратные и дольные единицы (за исключением единиц времени и угла) образуются умножением системной единицы на  $10^n$ , где  $n$  — целое положительн. или отрицат. число. Каждому из этих чисел соответствует одна из десятичных приставок (санти-, кило-, милли-, нано- и т. д.), принятых для образования наименований кратных и дольных единиц.

Лит.: Бурдун Г. Д., Единицы физических величин, 4 изд., М., 1967; Сена Л. А., Единицы физических величин и их размерности, 2 изд., М., 1977; Бурдун Г. Д., Справочник по Международной системе единиц, 3 изд., М., 1980;