значит. вероятность покинуть ядро. Т. к. протяжённость периферийного слоя порядка 1 Ф, а радиус ядра тяжёлых ядер составляет 10 Ф (см. *Ядро атомное*), то относит. вероятность П. я. р. должна быть ~10% (у лёгких ядер несколько больше), что согласуется с экспериментом.

Количеств. теория П. я. р. была предложена С. Т. Батлером (S. T. Butler) в 50-х гг., впервые применительно к реакциям срыва. Она основывалась на представлении о потенциальном взаимодействии налетающей частицы с нуклонами ядра. В 60-х гг. была сформулирована дисперсионная теория, основанная на использовании методов *квантовой теории поля* (фейнмановской диаграммной техники). Она даёт возможность выразить вероятность П. я. р. через константы, характеризующие ядро (напр., эфф. число частиц данного сорта на периферии ядра) и амплитуды вероятности элементарного акта взаимодействия налетающей и внутриядерной частиц.

П. я. р. используются для изучения спектра ядерных уровней, структуры периферии ядра (в частности, периферийных коррелиров. групп нуклонов — «кластеров», см. *Нуклонных ассоциаций модель*) и получения данных о взаимодействии нестабильных элементарных частиц с нуклонами.

Лит.: Батлер С., Ядерные реакции срыва, пер. с англ., М., 1960; Шапиро И. С., Теория прямых ядерных реакций, М., 1963; его же, Некоторые вопросы теории ядерных реакций при высоких энергиях, «УФН», 1967, т. 92, в. 4, с. 549; Колыбасов В. М., Лексин Г. А., Шапиро И. С., Механизм прямых реакций при высоких энергиях, «УФН», 1974, т. 113, в. 2, с. 239. *И. С. Шапиро.*

ПСЕВДОВЕКТОР — то же, что *аксиальный вектор.*

ПСЕВДОЕВКЛИДОВО ПРОСТРАНСТВО — веществ. линейное пространство, снабжённое не положительно определённым *скалярным произведением* $(\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b})$. Для П. п. размерности n и индекса p аксиома положит. определённости скалярного произведения *евклидова пространства* заменяется следующей: существуют n векторов $\boldsymbol{a}_i$, $i = 1, \ldots, n$, таких, что

$$(\boldsymbol{a}_i, \boldsymbol{a}_j)=0,\ i\neq j;\ (\boldsymbol{a}_k, \boldsymbol{a}_k)>0,\ k\leqslant p;\ (\boldsymbol{a}_k, \boldsymbol{a}_k)<0,\ k>p.$$

Пара чисел (p, q), где $q = n - p$, наз. сигнатурой П. п., обозначаемого $E_{(p,q)}$ (или $\mathbb{R}^n_{p,q}$). Для физики особенно важно *Минковского пространство — время* $E_{(1,3)}$, фигурирующее в специальной теории относительности.

В П. п. можно ввести основные операции векторного и тензорного анализа, в частности *индефинитную метрику*. Координаты, в к-рых метрич. тензор g_{ij} имеет вид

$$g_{ij}=0,\ j\neq i;\ g_{kk}=1,\ k\leqslant p;\ g_{kk}=-1,\ k>p,$$

наз. псевдоевклидовыми. В них скалярное произведение принимает вид

$$(\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b})=g_{ik}a^i b^k=a^1b^1+\ldots+a^pb^p-a^{p+1}b^{p+1}-\ldots-a^nb^n.$$

Псевдоевклидов квадрат длины вектора в П. п., в отличие от евклидова, может быть отрицательным, а также нулевым (изотропные векторы). Совокупность изотропных векторов образует изотропный конус.

Движения П. п. образуют $n(n+1)/2$-мерную группу (для $E_{(1,3)}$ — *Пуанкаре группу*) и в псевдоевклидовых координатах записываются в виде

$$\boldsymbol{x}\rightarrow\boldsymbol{x}'=\Lambda\boldsymbol{x}+\boldsymbol{a},$$

где $\boldsymbol{a}$ — вектор трансляции, Λ — $n\times n$-матрица поворотов, такая, что $(\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}) = (\Lambda\boldsymbol{a}, \Lambda\boldsymbol{b})$. Метрику П. п. можно получить из метрики евклидова пространства формальной заменой:

$$x^j=y^j,\ j\leqslant p;\ x^j=iy^j,\ j>p.$$

Кривизны тензор П. п. тождественно равен нулю: как и евклидово, оно плоское.

Лит.: Ефимов Н. В., Высшая геометрия, 6 изд., М., 1978; Дубровин Б. А., Новиков С. П., Фоменко А. Т., Современная геометрия, 2 изд., М., 1986; Новиков С. П., Фоменко А. Т., Элементы дифференциальной геометрии и топологии, М., 1987. *А. М. Малокостов.*

ПСЕВДОСКАЛЯРНАЯ ЧАСТИЦА — элементарная частица, характеризующаяся нулевым спином и отрицательной *внутренней чётностью* (см. *Скалярное поле*).

ПСЕВДОСКАЛЯРНОЕ ПОЛЕ — см. *Скалярное поле.*

ПСЕВДОТЕНЗОР (относительный тензор) веса ω — многокомпонентная величина P, определяемая в каждой координатной системе n^{r+s} упорядоченными компонентами, к-рые при переходе к новой, штрихованной, системе координат преобразуются по закону:

$$P^{k_1k_2\ldots k_r}_{l_1l_2\ldots l_s}=\frac{\partial x'^{k_1}}{\partial x^{i_1}}\frac{\partial x'^{k_2}}{\partial x^{i_2}}\ldots\frac{\partial x'^{k_r}}{\partial x^{i_r}}\times$$

$$\times\frac{\partial x^{m_1}}{\partial x'^{l_1}}\frac{\partial x^{m_2}}{\partial x'^{l_2}}\ldots\frac{\partial x^{m_s}}{\partial x'^{l_s}}P^{i_1i_2\ldots i_r}_{m_1m_2\ldots m_s}\left[\frac{\partial(x^1,\ldots,x^n)}{\partial(x'^1,\ldots,x'^n)}\right]^{\omega},$$

где ω — целое число, $\omega\neq0$ (при $\omega=0$ величина P есть просто *тензор*), а $[\partial(x^1,\ldots,x^n)/\partial(x'^1,\ldots,x'^n)]$ — якобиан преобразования старых (нештрихованных) координат в новые (штрихованные). (При $\omega=+1$ П. наз. тензорной плотностью.) Этот П. называется r раз контравариантным и s раз ковариантным. Над П. можно совершать те же алгебраич. действия, что и над тензорами. Сумма двух П. одинакового порядка, вариантности и веса является П. того же порядка, вариантности и веса. Внеш. произведением двух П. A и B веса ω_A и ω_B с компонентами $A^{a_1\ldots a_n}_{i_1\ldots i_m}$ и $B^{b_1\ldots b_p}_{j_1\ldots j_q}$ (быть может, различного строения) наз. П. $C = AB$, $(n+p)$ раз контравариантный и $(m+q)$ раз ковариантный веса $\omega_A+\omega_B$ с компонентами

$$C^{a_1\ldots a_nb_1\ldots b_p}_{i_1\ldots i_mj_1\ldots j_q}=A^{a_1\ldots a_n}_{i_1\ldots i_m}B^{b_1\ldots b_p}_{j_1\ldots j_q}.$$

Примерами П. являются *Леви-Чивиты символы*: $\epsilon_{i_1\ldots i_n}$ с весом $\omega=-1$ и $\epsilon^{i_1\ldots i_n}$ с весом $\omega=1$. Примеры П. в физике — угл. скорость, вихрь векторного поля. *С. И. Азаков.*

ПСИ-ЧАСТИЦЫ (ψ-частицы) — общее назв. группы нейтральных мезонов со спином 1 и отрицательной *внутренней чётностью*, имеющих близкие свойства и значения масс, лежащие в интервале 3—4 ГэВ. П.-ч.— *истинно нейтральные частицы*; их *зарядовая чётность* $C=-1$.

Первая из этой группы частиц (т. н. J/ψ-частица) с массой ок. 3,1 ГэВ открыта в 1974 почти одноврем. двумя коллективами физиков: С. Тингом (S. Ting) с сотрудниками [1] при изучении спектра масс электрон-позитронных пар, образующихся в столкновении $p+p$ при энергии падающих протонов 30 ГэВ; Б. Рихтером (B. Richter) с сотрудниками [2] в экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках при исследовании энергетич. зависимости сечения аннигиляции в диапазоне энергий в системе центра инерции (с. ц. и.) 2,4—4,8 ГэВ. В обоих случаях чётко проявилось существование тяжёлого мезона со спином 1, распадающегося в канал $e^+ + e^-$: в первом эксперименте — по наличию пика в спектре масс e^+e^--пар, во втором — по наличию резонанса в энергетич. зависимости сечения при $\mathscr{E}_{\text{с.ц.и.}}=3{,}1$ ГэВ. (Обозначения J и ψ предложены соответственно 1-й и 2-й группами экспериментаторов, с чем и связано двойное название частицы.) Во втором эксперименте практически сразу была открыта и ψ'-частица с массой 3,685 ГэВ. Несколько позже в экспериментах на встречных электрон-позитронных пучках были обнаружены и др. П.-ч. Их совр. характеристики приведены в табл.

Открытие J/ψ-частицы исторически сыграло очень важную роль в становлении кварковой теории строения адронов. J/ψ была первым изученным тяжёлым мезоном, имеющим удивительно малую распадную ширину (всего 63 кэВ при типичных ширинах для