КУМУЛЯНТЫ (от лат. cumulans — собирающий) (семиинварианты) случайной величины — коэф. разложения логарифма *характеристической функции* случайной величины в степенной ряд:

$$\ln\theta(u)=\sum_{k=1}^{\infty}\varkappa_k(iu)^k/k! \qquad (*)$$

К. $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$, $\varkappa_4$ наз. ср. значением, дисперсией, асимметрией и эксцессом случайной величины. Набор К. однозначно определяет характеристич. ф-цию $\theta(u)$ и, следовательно, плотность вероятности $W(x)$ случайной величины, если ряд (*) сходится для всех u. Существует связь между К. и *моментами* m_k случайной величины, напр.

$$m_1=\varkappa_1;\quad m_2=\varkappa_2+\varkappa_1^2;\quad m_3=\varkappa_3+3\varkappa_1\varkappa_2+\varkappa_1^3.$$

Для *Гаусса распределения*

$$W_\Gamma(x)=(2\pi D)^{-1/2}\exp[-(x-m)^2/2D]$$

отличны от нуля только два К.: $\varkappa_1=m$, $\varkappa_2=D$. К. $\varkappa_s$ при $s\geqslant3$ описывают степень негауссовости вероятностного распределения случайной величины; если использовать ряд Эджворта

$$W(x)=W_\Gamma(x)+\sum_{s=3}^{\infty}(-1)^s\frac{\beta_s}{s!}\frac{d^s}{dx^s}W_\Gamma(x),$$

то коэф. β_s связаны с К., напр.

$$\beta_3=\varkappa_3,\quad \beta_4=\varkappa_4,\quad \beta_5=\varkappa_5,\quad \beta_6=\varkappa_6+10\varkappa_3^2.$$

Разложение логарифма характеристич. ф-ции $\theta(u, v)$ для совокупности двух случайных величин в степенной ряд определяет К. двумерного вероятностного *распределения*:

$$\ln\theta(u, v)=\sum_{n,\,m=0}^{\infty}\varkappa_{nm}(iu)^n(iv)^m/n!m!$$

Порядком К. $\varkappa_{nm}$ наз. сумму $n+m$. Совместными К. наз. те, для к-рых и n, и m отличны от 0. Для двумерного распределения Гаусса отличны от 0 только К. 1-го и 2-го порядков. Совместные К. описывают разл. статистич. связи между случайными величинами. Если все совместные К. равны 0, то случайные величины статистически независимы. Первый совместный К. $\varkappa_{11}$ описывает корреляцию случайных величин. К. используют в теории случайных процессов и в статистич. физике, напр. для получения вириального разложения.

Лит.: Прохоров Ю. В., Розанов Ю. А., Теория вероятностей, 2 изд., М., 1973; Малахов А. Н., Кумулянтный анализ случайных негауссовых процессов и их преобразований, М., 1978. *А. Н. Малахов.*

КУМУЛЯТИВНЫЙ ПРОЦЕСС в релятивистской ядерной физике — *инклюзивный процесс* рождения вторичных элементарных частиц на атомном ядре далеко за пределами кинематически доступной области при соударении с одним покоящимся (в системе покоя ядра) нуклоном ядра. Это означает, что в процессе соударения одновременно участвуют два или более нуклонов ядра (с чем и связано назв. процесса).

К. п. были предсказаны А. М. Балдиным и открыты экспериментально на синхрофазотроне в Дубне в 1971. Было обнаружено, что ядро дейтерия с энергией 5 ГэВ на нуклон при столкновении с ядром углерода с вероятностью неск. процентов порождает пионы с энергией до 8 ГэВ (в лабораторной системе координат).

К. п. характеризуются порядком кумулятивности x, представляющим собой мин. массу мишени в единицах нуклонной массы m_N, на к-рой кинематически возможно рождение данной кумулятивной частицы. В пределе большой относительной *быстроты* сталкивающихся ядер порядок кумулятивности

$$x\approx(\mathscr{E}-p\cos\vartheta)/m_N,$$

где $\mathscr{E}$, p, ϑ — энергия, импульс и угол вылета кумулятивной частицы в системе покоя ядра. Для К. п. величина $x\geqslant1$.

Эксперим. изучение К. п. привело к установлению следующих осн. свойств инвариантного сечения $\mathscr{E}d\sigma/dp$.

1) Независимость (точнее, слабая зависимость) от энергии налетающей частицы, начиная с нек-рой граничной энергии (растущей с увеличением ат. номера; рис. 1), при фиксиров. значении x (*масштабная инвариантность*).

2) Универсальный характер зависимости сечения для средних и тяжёлых ядер от порядка кумулятивности вплоть до значений $x\approx4$ (рис. 2). Универсальность величины

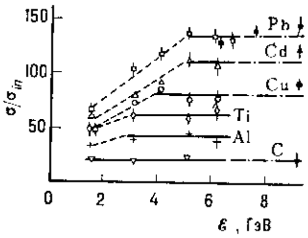

Рис. 1. Зависимость инвариантного сечения кумулятивного процесса рождения протонов (с импульсом 0,4—1,0 ГэВ/с в интервале углов 160°—164°) на разных ядрах от энергии $\mathscr{E}$ налетающих пионов и протонов (зачернённые точки): σ_{in} — полное сечение неупругого πp- или pp-взаимодействия.

$$\beta=\left[-\frac{d\ln(\mathscr{E}\,d\sigma/dp)}{dx}\right]^{-1}$$

для процессов с разными первичными частицами при разл. энергиях (в системе покоя ядра) и разными кумулятивными частицами иллюстрирует рис. 3. Это свойство необъяснимо в стандартной картине ядра, в к-рой средние и тяжёлые ядра имеют разные ферми-импульсы нуклонов.

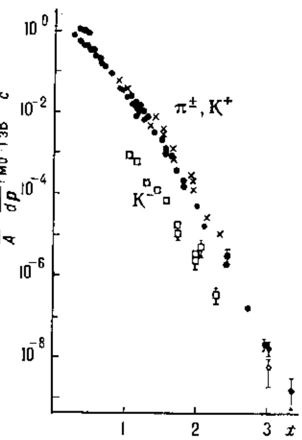

Рис. 2. Зависимость от x инвариантного сечения кумулятивного процесса при нулевом поперечном импульсе p_T кумулятивной частицы. Точки, крестики и квадратики относятся соответственно к $\pi^\pm$-мезонам, K$^+$-мезонам и K$^-$-мезонам.

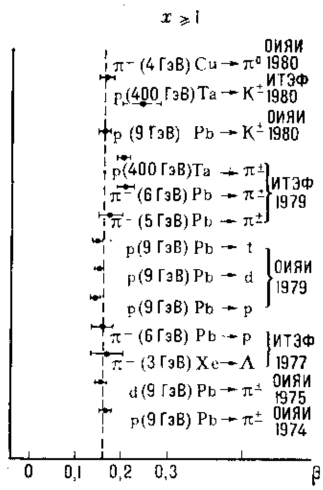

Рис. 3. Универсальность величины β для разных кумулятивных процессов (вертикальная пунктирная линия — усреднённое по всем процессам значение β). Указаны первичная частица, её энергия в системе покоя ядра, сорт ядра и кумулятивная частица; справа — институт, в к-ром наблюдался процесс, и год наблюдения.

3) Пропорциональность инвариантного сечения на тяжёлых ядрах объёму ядра, $\mathscr{E}d\sigma/dp\sim A$ (рис. 4), свидетельствующая о локальном характере взаимодействия и отсутствии экранировки.

4) Подавленность выхода кумулятивных частиц (K$^-$-мезонов, антипротонов), не содержащих в своём составе валентных кварков нуклонов ядра; отношения выходов w не зависят от x (при $x>1$) и равны (при равных x):

$$w(\pi^+):w(\pi^-):w(K^+):w(K^-)\approx1:1:0{,}5:0{,}03.$$