чение К. о. принимает при $a=\bar{x}$, где $\bar{x}=n^{-1}\sum_{i=1}^{n}x_i$ — ср. арифметическое величин x_i. В *вероятностей теории* К. о. $\sigma(x)$ случайной величины x от её матем. ожидания наз. квадратный корень из *дисперсии*, $\sigma(x)=[D(x)]^{1/2}$. См. также *Анализ данных*, *Наименьших квадратов метод*.

КВАДРУПО́ЛЬ. В электростатике — ограниченная система зарядов с нулевым суммарным зарядом q и дипольным электрич. моментом $\boldsymbol{p}^e$, но отличным от нуля тензором *квадрупольного момента* $Q^e_{ik}(i,\ k=1,\ 2,\ 3)$. Последний наряду со среднеквадратичным радиусом D распределения плотности зарядов $\rho(\boldsymbol{r})$ $(D=\int \boldsymbol{r}^2\rho(\boldsymbol{r})dV)$ определяет электрич. свойства К.: поле на больших расстояниях, взаимодействие с внеш. полями и т. п. Так, энергия взаимодействия между К. с центром в точке $\boldsymbol{r}=0$ и системой внеш. зарядов, создающих плавно неоднородное (в области, занятой К.) поле $\boldsymbol{E}_0=-\nabla\varphi_0(\boldsymbol{r})$, равна $U=Q^e_{ik}\nabla_i\nabla_k\varphi_0+D\Delta\varphi_0/6+\ldots$ (высшие мультипольные моменты опущены, величины $\nabla\varphi_0$ и $\Delta\varphi_0$ берутся в точке $\boldsymbol{r}=0$).

В своём идеальном воплощении К. состоит из четырёх точечных зарядов q_n, распределённых с плотностью $\rho(\boldsymbol{r})=\sum_{n=1}^{4}q_n\delta(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{r}_n)$ и удовлетворяющих условиям $\sum_{n=1}^{4}q_n=0$, $\sum_{n=1}^{4}q_n\boldsymbol{r}_n=0$ ($\delta(\boldsymbol{r})$ — дельта-функция Дирака). Различают аксиальные К., в к-рых все заряды выстроены вдоль оси, плоские К., в к-рых заряды лежат в одной плоскости, и др. Точечный К. характеризуется распределением $\rho(\boldsymbol{r})=Q^e_{ik}\nabla_i\nabla_k\delta(\boldsymbol{r})+(D/6)\Delta\delta(\boldsymbol{r})$, для к-рого поле на любом удалении совпадает с полем «чистого» К.

Иногда вводят понятие внутр. К., «конструктивно» не отличающегося от обычного внешнего, но с использованием поля во внутр., свободной от зарядов области. В двумерном симметричном случае потенциал внутр. К. вблизи центра $\boldsymbol{r}^2=x^2+y^2\approx 0$ имеет вид $\varphi=\mathrm{const}\cdot(x^2-y^2)$, в трёхмерном аксиально симметричном варианте $\varphi=\mathrm{const}\cdot(x^2+y^2-2z^2)$ и т. п. Такие поля создаются, в частности, внутри квадрупольных конденсаторов, состоящих, напр., в двумерном случае из четырёх металлич. стержней с чередующимися по периметру попарно разноимёнными, но равными по величине зарядами. Квадрупольные конденсаторы применяются в ускорителях заряж. частиц при жёсткой фокусировке пучка, в мазерах с молекулярными пучками и др. устройствах, предназначенных для сортировки частиц по их дипольным или мультипольным моментам.

В магнитостатике магн. К. аналогично электрическому К. определяется как ограниченная система замкнутых токов с нулевым магн. дипольным моментом $\boldsymbol{p}^m$, но отличным от нуля псевдотензором магн. квадрупольного момента Q^m_{ik}. В идеальном варианте аксиально-симметричный магн. К. представляется совокупностью двух зеркально-симметричных рамок с токами, равными по величине и противоположными по знаку. Изменяющиеся во времени электрич. и магн. К. являются источниками *квадрупольного излучения* эл.-магн. волн.

В акустике также используется понятие К., чаще всего при описании совокупности дипольных излучателей с нулевым суммарным дипольным моментом.

Лит.: Скучик Е., Основы акустики, пер. с англ., т. 2, М., 1976; Капчинский И. М., Теория линейных резонансных ускорителей, М., 1982; см. также лит. при ст. *Квадрупольный момент*.

КВАДРУПО́ЛЬНАЯ ВЫСОКОЧАСТО́ТНАЯ ФОКУСИРО́ВКА — фокусировка частиц в линейном ускорителе квадрупольными поперечными составляющими ускоряющего электрич. ВЧ-поля, возникающими при асимметричной структуре (отсутствии осевой симметрии) ускоряющего промежутка. Чередование вдоль траектории частиц фокусирующих и дефокусирующих (в данной плоскости) промежутков обеспечивает знакопеременную фокусировку в обеих плоскостях. См. *Фокусировка частиц в ускорителе*.

Э. Л. Бурштейн.

КВАДРУПО́ЛЬНАЯ ФОКУСИРО́ВКА — *знакопеременная фокусировка* пучков заряж. частиц в ускорителях и каналах транспортировки с помощью квадрупольных линз (электрич. или магнитных). В таких линзах сила, действующая на частицу, пропорциональна расстоянию частицы от оси линзы, причём в одной плоскости сила фокусирующая, а в перпендикулярной ей плоскости — дефокусирующая. Суммарный фокусирующий эффект в обеих плоскостях достигается либо чередованием в пространстве квадрупольных линз, фокусирующих во взаимно перпендикулярных плоскостях (магн. фокусировка или квадрупольная высокочастотная фокусировка электрич. полем), либо изменением во времени знака поля (*пространственно-однородная квадрупольная фокусировка* электрич. ВЧ-полем).

Э. Л. Бурштейн.

КВАДРУПО́ЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕ́ЙСТВИЕ — взаимодействие системы с внеш. полем (или создающими его источниками), обусловленное наличием у системы *квадрупольного момента*. К. в. вызывается неоднородностью внеш. поля, к-рая обычно предполагается малой на размере системы l (т. е. поле мало изменяется в пределах системы). Так, энергия системы электрич. зарядов, напр. молекулы или атомного ядра, в электрич. поле $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})=-\nabla\varphi_0(\boldsymbol{r})$, описываемом плавной гармонич. ф-цией $\varphi_0(\boldsymbol{r})$ $(\Delta\varphi_0=0)$ равна

$$U_0=\left[q\varphi_0+\boldsymbol{p}^e\nabla\varphi_0+Q^e_{ik}\nabla_i\nabla_k\varphi_0+\ldots\right]\big|_{\boldsymbol{r}=0} \qquad (1)$$

(здесь и далее по повторяющимся индексам i и k производится суммирование).

В (1) учтены только первые три электрич. мультипольных момента — полный заряд q, дипольный момент $\boldsymbol{p}^e$ и квадрупольный момент Q^e_{ik} $(i,\ k=1,\ 2,\ 3)$, вычисленные относительно к.-л. внутр. точки системы $\boldsymbol{r}=0$. К. в. отвечает последнее слагаемое в ф-ле (1). Оно описывает изменение энергии системы под действием неоднородности поля $\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r})$, к-рую т. о. неявно характеризует. Это обстоятельство используется, в частности, в спектроскопии ядерного квадрупольного резонанса, позволяющей получать информацию об электронной структуре молекулы путём измерения квадрупольного расщепления энергетич. уровней её резонансных ядер в неоднородном поле окружающих электронов.

Если внеш. поле создано нек-рой удалённой системой зарядов, расположенной в области с размером l_0 в окрестности точки $\boldsymbol{R}$ $(R\gg l,\ l_0)$ и обладающей, в свою очередь, мультипольными моментами q_0, $\boldsymbol{p}^e_0$, Q^e_{0jm}, ..., то его потенциал (в Гаусса системе единиц) равен

$$\varphi_0(\boldsymbol{r})=\frac{q_0}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{R}|}+\frac{\boldsymbol{p}^e_0(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{R})}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{R}|^3}+\frac{3Q^e_{0jm}(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{R})_j(\boldsymbol{r}-\boldsymbol{R})_m}{|\boldsymbol{r}-\boldsymbol{R}|^5}+\ldots . \qquad (2)$$

Подстановка (2) в (1) приводит к след. асимптотич. разложению энергии К. в. $U_Q=-Q^e_{ik}\nabla_iE_k$ одной системы зарядов в эл.-статич. поле другой:

$$U_Q=-3q_0n_in_kQ^e_{ik}/R^3+\left(15p^e_{0j}n_jn_in_k-6p^e_{0i}n_k\right)Q^e_{ik}/R^4-$$
$$-15\left(7\,Q^e_{0jm}n_jn_mn_in_k-4Q^e_{0ij}n_kn_j+\frac{2}{5}\,Q^e_{0ik}\right)\times$$
$$\times Q^e_{ik}/R^5+\ldots, \qquad (3)$$

где $\boldsymbol{n}=\boldsymbol{R}/R$. Здесь первый член описывает энергию взаимодействия квадруполя с зарядом q_0, второй — с диполем $\boldsymbol{p}^e_0$, третий — с квадруполем Q^e_{0jm}. К. в. с заря-