определ. значению физ. величины, имеющей непрерывный спектр, является матем. идеализацией. В действительности любая физ. величина F, принимающая непрерывные значения, может быть определена только с нек-рой степенью точности ΔF, зависящей от разрешения прибора. Поэтому «физические» В. с., отвечающие заданному (среднему) значению измеренной величины $\overline{F}$, представляют собой по существу *волновой пакет*:

$$|\overline{F}\rangle = \frac{1}{\Delta F}\int_{\overline{F}-\Delta F/2}^{\overline{F}+\Delta F/2} |F'\rangle\, dF'. \qquad (4)$$

[В более общем случае суперпозиция В. с. (4) может содержать коэффициенты $c(F')$, плавно меняющиеся в интервале $(\overline{F}-\Delta F/2,\ \overline{F}+\Delta F/2)$.] При условии нормировки (2'): $\langle F''|F'\rangle=\delta(F''-F')$ норма В. с. $|\overline{F}\rangle$ конечна: $\langle\overline{F}|\overline{F}\rangle=1/\Delta F$ при любом конечном ΔF. Т. о., «физические» В. с. (4) удовлетворяют требованию существования конечной нормы. Однако в матем. отношении использование их представляет ряд неудобств. Поэтому в аппарате квантовой механики, как правило, используют «монохроматические» В. с. с условием нормировки (2'), имея в виду, что из них всегда можно составить «физические» В. с. с конечной нормой.

Для динамич. системы, состоящей из N частиц, полным набором измеряемых величин может служить совокупность пространственных координат всех частиц $(x_1, y_1, z_1, \ldots, x_N, y_N, z_N)$ вместе с величинами, определяющими внутр. степени свободы частиц (напр., *спинами*) $(\zeta_1, \ldots, \zeta_N)$. Координаты В. с. в этом базисе

$$\langle x_1, y_1, z_1, \ldots, x_N, y_N, z_N;\ \zeta_1, \ldots, \zeta_N|\Phi\rangle = \\ = \Psi(\boldsymbol{r}_1, \ldots, \boldsymbol{r}_N;\ \zeta_1, \ldots, \zeta_N)$$

наз. волновой ф-цией в *конфигурационном представлении*. Условие существования конечной нормы В. с.

$$\langle\Phi|\Phi\rangle = \sum\nolimits_{\zeta_1, \ldots, \zeta_N}\iiint \Psi^*(\boldsymbol{r}_1, \ldots, \boldsymbol{r}_N;\ \zeta_1, \ldots, \zeta_N)\times \\ \times\Psi(\boldsymbol{r}_1, \ldots, \boldsymbol{r}_N;\ \zeta_1, \ldots, \zeta_N)\, d\boldsymbol{r}_1\ldots d\boldsymbol{r}_N = K < \infty$$

означает, что В. с. принадлежат *гильбертовому пространству*. Использование в матем. аппарате квантовой механики собственных В. с. с бесконечной нормой (2') для величин, имеющих непрерывный спектр, требует формального расширения пространства Гильберта путём включения в него также В. с. с бесконечной нормой при условии, что волновые пакеты (4), составленные из суперпозиции таких В. с., обладают конечной нормой.

В *квантовой теории поля* В. с. часто задаётся в *чисел заполнения представлении*. В. с. системы частиц с импульсами $\boldsymbol{p}_1, \ldots, \boldsymbol{p}_N$ и др. квантовыми числами $\sigma_1, \ldots$ $\ldots, \sigma_N$ получается (с точностью до нормирующего множителя) в результате действия операторов рождения частиц (a^+) на В. с. вакуума $|0\rangle$:

$$|\boldsymbol{p}_1, \sigma_1;\ \ldots;\ \boldsymbol{p}_N, \sigma_N\rangle = a^+_{\sigma_1}(\boldsymbol{p}_1)\ldots a^+_{\sigma_N}(\boldsymbol{p}_N)|0\rangle.$$

В случае, когда число частиц в системе может изменяться (т. е. в результате взаимодействий происходит рождение или уничтожение частиц), для задания В. с. используется также *Фока представление* (в к-ром число частиц в системе не фиксировано).

Лит.: Дирак П. А. М., Принципы квантовой механики, пер. с англ., [2 изд.], М., 1979; Мессиа А., Квантовая механика, пер. с франц., т. 1—2, М., 1978—79. *С. С. Герштейн.*

ВЕ́КТОРНАЯ А́ЛГЕБРА — раздел математики, в к-ром изучаются простейшие операции над 3-мерными векторами. Исчисление, позволяющее оперировать геом. величинами по правилам алгебры, возникло в 19 в. и было окончательно оформлено в работах У. Р. Гамильтона (W. R. Hamilton) и Дж. У. Гиббса (J. W. Gibbs). Направленный отрезок $\boldsymbol{a}$, наз. вектором, характеризуется длиной (модулем) $a=|\boldsymbol{a}|$ и направлением. Сумма двух векторов $\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b}$ определяется по правилу треугольника (параллелограмма): вектор $\boldsymbol{b}$ откладывается от конца вектора $\boldsymbol{a}$, и сумма $\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b}$ определяется как вектор, соединяющий начало $\boldsymbol{a}$ с концом $\boldsymbol{b}$. Если λ — действит. число, то вектор $\lambda\boldsymbol{a}$ получается из вектора $\boldsymbol{a}$ растяжением в λ раз (при отрицат. λ происходит растяжение в $|\lambda|$ раз и изменение направления на противоположное). Сумма векторов не меняется при перестановке слагаемых, т. е. сложение коммутативно. Кроме того, оно обладает свойством ассоциативности: $(\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b})+\boldsymbol{c}=\boldsymbol{a}+(\boldsymbol{b}+\boldsymbol{c})$. Для сложения векторов и умножения на число справедливы обычные правила раскрытия скобок (как при операциях с числами). Множество всех векторов пространства с введёнными операциями сложения и умножения на число образует *векторное пространство*.

Скалярное произведение двух векторов определяется как число $(\boldsymbol{ab})=ab\cos\varphi$, где a, b — длины соответств. векторов, а φ — угол между ними. Векторное произведение $[\boldsymbol{ab}]$, или $\boldsymbol{a}\times\boldsymbol{b}$, определяется как вектор, имеющий длину $ab\sin\varphi$, перпендикулярный к плоскости векторов $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ и направленный так, чтобы тройка $\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}, [\boldsymbol{ab}]$ была правой. Векторы правой (левой) тройки расположены по отношению друг к другу так же, как большой, указат. и средний пальцы правой (левой) руки. Правая тройка переходит в левую при обращении направления одного или всех векторов тройки.

При перестановке сомножителей скалярное произведение не меняется, а векторное меняет знак. Скалярное произведение обращается в нуль для перпендикулярных (ортогональных) векторов, а векторное — для параллельных (коллинеарных). Имеет место свойство линейности скалярного и векторного произведений по одному из аргументов (любому):

$$(\boldsymbol{a}(\boldsymbol{b}+\boldsymbol{c}))=(\boldsymbol{ab})+(\boldsymbol{ac}),\ (\boldsymbol{a}(\lambda\boldsymbol{b}))=\lambda(\boldsymbol{ab}),$$
$$[\boldsymbol{a}(\boldsymbol{b}+\boldsymbol{c})]=[\boldsymbol{ab}]+[\boldsymbol{ac}],\ [\boldsymbol{a}\lambda\boldsymbol{b}]=\lambda[\boldsymbol{ab}].$$

Ясный геом. смысл имеет смешанное произведение $(\boldsymbol{a}[\boldsymbol{bc}])$. Это число, равное объёму параллелепипеда, построенного на тройке векторов $\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}, \boldsymbol{c}$ и взятое со знаком плюс или минус в зависимости от того, является ли эта тройка правой или левой. Смешанное произведение не меняется при циклич. (круговой) перестановке его сомножителей: $\boldsymbol{a}\to\boldsymbol{b}\to\boldsymbol{c}\to\boldsymbol{a}$. Оно обращается в нуль, если эти векторы лежат в одной плоскости (компланарны). Др. полезные формулы:

$$[\boldsymbol{a}[\boldsymbol{bc}]]=\boldsymbol{b}(\boldsymbol{ac})-\boldsymbol{c}(\boldsymbol{ab}),$$
$$[\boldsymbol{ab}][\boldsymbol{cd}]=\boldsymbol{a}[\boldsymbol{b}[\boldsymbol{cd}]]=(\boldsymbol{ac})(\boldsymbol{bd})-(\boldsymbol{bc})(\boldsymbol{ad}),$$
$$[\boldsymbol{a}[\boldsymbol{bc}]]+[\boldsymbol{b}[\boldsymbol{ca}]]+[\boldsymbol{c}[\boldsymbol{ab}]]=0.$$

Удобно задавать произвольный вектор $\boldsymbol{a}$ его компонентами, т. е. проекциями на оси декартовой системы координат, $\boldsymbol{a}=\{a_1, a_2, a_3\}$. Если $\boldsymbol{e}_1, \boldsymbol{e}_2, \boldsymbol{e}_3$ — векторы единичной длины, направленные вдоль этих осей (орты), то $\boldsymbol{a}=a_1\boldsymbol{e}_1+a_2\boldsymbol{e}_2+a_3\boldsymbol{e}_3$. Операции над векторами выражаются через их компоненты след. ф-лами:

$$(\boldsymbol{a}+\boldsymbol{b})_i=a_i+b_i,\ (\lambda\boldsymbol{a})_i=\lambda a_i,$$
$$(\boldsymbol{ab})=a_1b_1+a_2b_2+a_3b_3,$$
$$[\boldsymbol{a}\ \ \boldsymbol{b}]=\begin{vmatrix}\boldsymbol{e}_1 & \boldsymbol{e}_2 & \boldsymbol{e}_3\\ a_1 & a_2 & a_3\\ b_1 & b_2 & b_3\end{vmatrix},\quad (\boldsymbol{a}[\boldsymbol{bc}])=\begin{vmatrix}a_1 & a_2 & a_3\\ b_1 & b_2 & b_3\\ c_1 & c_2 & c_3\end{vmatrix}.$$

В правых частях последних двух ф-л стоят определители соответств. матриц.

Лит.: Кочин Н. Е., Векторное исчисление и начала тензорного исчисления, 9 изд., М., 1965; Тамм И. Е., Основы теории электричества, 9 изд., М., 1976. *М. Б. Менский.*

ВЕ́КТОРНАЯ ЧАСТИ́ЦА — элементарная частица со спином 1 и отрицат. *внутренней чётностью*, представляющая собой либо квант фундам. *векторного поля* (фотон, *глюон*, *промежуточные векторные бозоны*), либо связанное состояние *кварка* и антикварка с полным моментом импульса 1 (напр., ρ-, φ-, ω-мезоны). Состояния В. ч. с ненулевой массой характеризуются тремя зна-