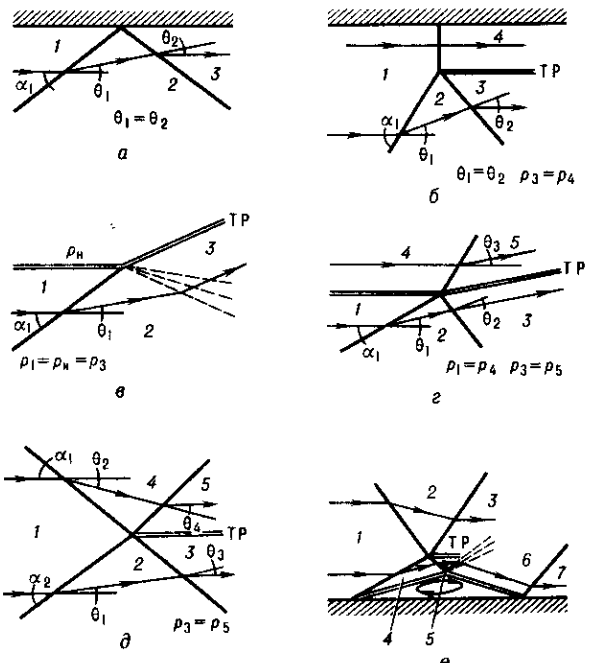

Рис. 4.

областями *4* и *5* возникает У. с. В зависимости от конкретных значений λ_1, λ_4 и α_1 возмущение, разделяющее области *2* и *3*, может быть У. с. или волнами разрежения.

При пересечении двух У. с. (рис. 4, *д*) вектор скорости встречает У. с. под углами α_1 и α_2, поворачиваясь за ними на углы θ_1 и θ_2. За отражёнными У. с. векторы скорости должны быть параллельны; при этом между областями *3* и *5* возникает поверхность тангенциального разрыва, не параллельная скорости набегающего потока в области *1*. В случае $\alpha_1=\alpha_2\lambda_3=\lambda_5$ и тангенциальный разрыв отсутствует.

Рассмотренные примеры описывают течения идеального газа, лишённого вязкости. Если же газ вязкий, вблизи поверхности имеется *пограничный слой*, то рассмотренная выше картина отражения У. с. от твёрдой поверхности существенно усложняется. В этом случае при большой интенсивности падающего У. с., превышающей нек-рую критич. величину, пограничный слой отрывается от твёрдой поверхности и образуется зона вихревого течения (рис. 4, *е*).

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Гидродинамика, 4 изд., М., 1988; Лойцянский Л. Г., Механика жидкости и газа, 6 изд., М., 1987; Абрамович Г. Н., Прикладная газовая динамика, 5 изд., ч. 1—2, М., 1991. *М. Я. Юделович.*

УПОРЯ́ДОЧЕННОСТИ ОТНОСИ́ТЕЛЬНОЙ КРИТЕ́РИЙ — способ количественного сравнения относительной степени упорядоченности (или, напротив, хаотичности) состояний *открытых систем*. В качестве У. о. к. может быть выбрано, напр., сравнение значений показателей Ляпунова, энтропии Крылова — Колмогорова — Синая (см. *Эргодическая теория*), а также фрактальных размерностей (см. *Фракталы*) рассматриваемых систем. Одним из наиб. эффективных является У. о. к., формулируемый в виде т. н. *S*-теоремы (от англ. Selforganization — самоорганизация). Этот критерий даёт возможность судить не только об относит. степени упорядоченности любых сравниваемых состояний, но и о характере эволюции (напр., наличии самоорганизации или дезорганизации). Более того, этот У. о. к. носит и конструктивный характер, т. к. позволяет судить о правильности выбора параметра a в качестве управляющего и может быть основан непосредственно на эксперим. данных.

Формулировка У. о. к. Для сравнения относит. степени упорядоченности двух произвольно выбранных состояний открытой системы предлагается следующая последовательность действий. При двух значениях a_0, $a_0+\Delta a$ внеш. параметров, принятых за управляющие (т. е. позволяющих изменять характер эволюции в открытой физ. системе), из эксперимента находятся две достаточно длинные временны́е реализации характерных величин, описывающих систему $X(t, a_0)$, $X(t, a_0+\Delta a)$. По ним строятся ф-ции распределения $f_0(X, a_0)$, $f(X, a_0+\Delta a)$, нормированные на единицу; далее, в свою очередь, могут быть найдены соответствующие значения энтропии Больцмана — Гиббса — Шеннона.

В статистич. теории *энтропия* служит мерой неопределённости рассматриваемых состояний системы при статистич. описании. Разность энтропий Шеннона не может, однако, быть мерой относит. степени хаотичности (или упорядоченности) выделенных состояний, т. к. она не является функционалом Ляпунова (см. *Устойчивость движения*). Это имеет место лишь при условии, что сравнение производится при одинаковых значениях энергии — ф-ции Гамильтона. В таком случае энтропия равновесного состояния максимальная и, следовательно, равновесное состояние при указанном условии является наиб. хаотическим.

Для открытых неравновесных систем понятие энергии в общем случае не определено, в связи с чем предлагается следующая возможная процедура. Одно из рассматриваемых состояний (напр., с a_0) принимается за состояние «физ. хаоса», к-рое может быть и существенно неравновесным, причём У. о. к. позволяет проверить справедливость этого выбора. Далее, по ф-ции f_0 вводится эфф. энергия — точнее, эфф. ф-ция Гамильтона $H_{эфф}=-\ln f_0$. Ф-ция f_0 путём введения эфф. темп-ры $T_{эфф}$ приводится к виду *канонического распределения Гиббса* с ф-цией Гамильтона $H_{эфф}$:

$$f_0\to\tilde{f}_0=\exp\left[-H_{эфф}(X, a_0)/T_{эфф}(\Delta a)\right]/ \\ /\int\exp\left[-H_{эфф}(X, a_0)/T_{эфф}(\Delta a)\right]dX. \tag{1}$$

Зависимость $T_{эфф}$ от изменения управляющего параметра Δa находим из условия одинаковости ср. значений эфф. ф-ции Гамильтона $H_{эфф}$:

$$\int H_{эфф}(X, a_0)\tilde{f}_0(X, a_0, \Delta a)\,dX= \\ =\int H_{эфф}(X, a_0)f(X, a_0+\Delta a)\,dX. \tag{2}$$

В правой части этого ур-ния стоят ф-ции, к-рые известны из эксперимента. В левой части имеется одна неизвестная ф-ция — эфф. темп-ра $T_{эфф}(\Delta a)$. Если решение ур-ния таково, что

$$T_{эфф}(\Delta a)>1,\ T_{эфф}|_{\Delta a=0}=1, \tag{3}$$

т. е. для выполнения условия (2) состояние с $a=a_0$ надо «подогреть», то сделанное предположение о большей хаотичности состояния с $a=a_0$ оправдано и состояние с $a=a_0+\Delta a$ более упорядоченно. Количественно различие в степени упорядоченности определяется разностью энтропий:

$$S_0-S=\int\ln\frac{f(X, a_0+\Delta a)}{\tilde{f}_0(X, a_0, \Delta a)}f(X, a_0+\Delta a)\,dX\geqslant 0. \tag{4}$$

Итак, выводы об относит. степени упорядоченности определяются двумя результатами (3), (4). Во многих случаях вместо временны́х реализаций удобно использовать соответствующие временны́е спектры. По ним можно найти ф-ции распределения значений интенсивности или частоты. Для характеристики динамической неустойчивости движения, приводящей к *хаосу динамическому*, полезно использовать временны́е зависимости расстояний между траекториями $D=D(t, a)$ при разных значениях управляющего параметра. По ним строятся соответствующие ф-ции распределения $f(D, a)$, и далее используется описанный выше У. о. к.

Выбор управляющих параметров a представляет во многих случаях самостоят. задачу. В классич. и квантовых