

Кроме того, для разъяснения П. о. существенно, что при учёте *флуктуаций* (даже для газа) нет простой связи между энтропией S и одностатичной ϕ -цией распределения f_1 , к-рая следует из ур-ния Больцмана ($S = -k \langle \ln f_1 \rangle$). На самом деле это лишь первый член разложения S по степеням плотности. Энтропия может зависеть от флуктуаций, к-рые описываются *корреляционными функциями*. Корреляц. часть энтропии установлена Г. Грином в 1953 [4].

П. о. существенно проявляется теорией флуктуаций, т. к. она показывает, что равновесное состояние соответствует максимуму вероятности, а отклонения от него, связанные с заметными флуктуациями, маловероятны. Относит. флуктуация наблюдаемых физ. величин (пропорциональных числу частиц N) имеет порядок $1/\sqrt{N}$ (вдали от точек фазового перехода).

Связь явлений необратимости с флуктуациями рассмотрел М. Смолуховский в 1906—16 [5] на примерах *броуновского движения* частиц под действием сил и диффузии в коллоидных растворах. Он исследовал непрерывный переход от необратимого поведения (движения около положения равновесия, замедленного внутр. трением) к неупорядоченному броуновскому движению. Для коллоидных растворов он исследовал непрерывный переход от обычной необратимой диффузии концентратии примеси к неупорядоченным, случайным флуктуациям концентрации. Кроме того, он дал оценку времени возврата (см. *Парадокс возврата*) для макроскопич. состояний, к-рое вполне наблюдаемо (для микроскопич. состояний время возврата чрезвычайно велико и находится далеко за пределами возможных наблюдений). Оценки Смолуховского получили эксперим. подтверждение.

Для конденсиров. сред кинетич. ур-ние, вообще говоря, несправедливо, и система описывается ϕ -цией распределения f_N всех её частиц по координатам и импульсам, удовлетворяющей *Лиувилля уравнению*, выражающему закон сохранения вероятности в фазовом пространстве. Однако П. о. имеет место и в этом случае. Он связан с кажущимся противоречием между существованием необратимых процессов и обратимым характером ур-ния Лиувилля: симметрией относительно замены времени $t \rightarrow -t$ и импульсов частиц $p_i \rightarrow -p_i$ при неизменных координатах.

Возможность возрастания энтропии может быть обоснована методами статистич. механики, к-рая приводит к выражению для положительного локального производства энтропии, связанного с внутр. неравновесностью системы, что соответствует *термодинамике неравновесных процессов*. При этом для *кинетических коэффициентов* получаются выражения, пропорц. пространственно-временным корреляц. ϕ -циям потоков энергии, импульса и вещества (*Грина — Кубо формулы*). Энтропия системы в неравновесном случае определяется через локально-равновесное распределение $f_{\text{лок}}$ ϕ -лой $S = -k \langle \ln f_{\text{лок}} \rangle$. Она соответствует максимуму информац. энтропии при условии, что средние локально-равновесные значения плотности энергии, импульса и числа частиц равны их средним значениям, причём эти средние вычислены с помощью ϕ -ции распределения, удовлетворяющей ур-нию Лиувилля (хотя $f_{\text{лок}}$ ему не удовлетворяет). Возрастание энтропии связано с отбором запаздывающих решений ур-ния Лиувилля. Перебегающие решения должны быть отброшены, т. к. привели бы к убыванию энтропии [6]. Отбор запаздывающего решения ур-ния Лиувилля осуществляется введением в него бесконечно малого члена, нарушающего его симметрию относительно обращения времени.

Лит.: 1) Больцман Л., Избранные труды, пер. с нем., франц., М., 1984; 2) Кац М., Несколько вероятностных задач физики и математики, пер. с польск., М., 1987; 3) Боголюбов Н. Н., Проблемы динамической теории в статистической физике, М.—Л., 1946; 4) Гривел Н., The molecular theory of fluids, Amst., 1952; 5) Эйнштейн А., Смолуховский М., Броуновское движение. Сб. ст., Л., 1936; 6) Зу-

барев Д. Н., Современные методы статистической теории неравновесных процессов, в кн.: Итоги науки и техники. Сер. Современные проблемы математики, т. 15, М., 1980.

Д. Н. Зубарев.

ПАРАКСИАЛЬНЫЙ ПУЧОК ЛУЧЕЙ света (от греч. παρά — возле и лат. axis — ось) — пучок лучей, распространяющихся вдоль оси централизованной оптич. системы и образующих очень малые углы с осью и нормальными к преломляющим и отражающим поверхностям системы. Осн. соотношения, описывающие образование *изображений оптических* в осесимметричных системах, строго справедливы только для П. п. л. Только в изображениях, создаваемых такими лучами, отсутствуют *абerrации оптических систем* (кроме хроматич. абerrации в линзовых системах). На практике, однако, под П. п. л. обычно понимают пучок лучей, проходящих под конечными (неск. градусов) углами, для к-рых отступления от строгих соотношений настолько малы, что ими можно пренебречь. Область вокруг оптич. оси системы, в к-рой лучи можно считать параксиальными, тоже наз. параксиальной.

ПАРАЛЛАКС (от греч. parallaxis — уклонение) в астрономии — изменение направления наблюдателя — астр. объект при смещении точки наблюдения, равное углу, под к-рым из центра объекта видно расстояние между двумя положениями точки наблюдения. Обычно используются П., связанные с перемещением наблюдателя из-за вращения Земли вокруг своей оси (суточный П.), движения Земли вокруг Солнца (годовой П.), движения Солнечной системы в Галактике (вековой П.). П. (точнее, его синус) связан с расстоянием до объекта обратно пропорц. зависимостью.

Суточный П. сказывается на положениях Луны, Солнца, др. планет и тел Солнечной системы. Т. к. расстояния до этих тел не очень велики по сравнению с размерами Земли, направления на эти объекты из разл. точек Земли получаются различными. Для однородности наблюдений условилось приводить их к центру Земли (т. н. геоцентрич. направления). Угол, под к-рым из центра астр. объекта виден экваториальный радиус Земли, наз. горизонтальным экваториальным П. Этот угол (π) связан с расстоянием между центрами Земли и объекта (D) соотношением: $\sin \pi = R/D$, где R — экваториальный радиус Земли. Наиб. экваториальный горизонтальный П. имеет Луна (его значение меняется от 53,9' до 61,5'). Ср. значение П. Солнца принято равным 8,794'', что соответствует расстоянию 149 597 870 км. Это расстояние наз. астр. единицей (а. е.) и используется в пределах Солнечной системы как эталон длины.

Годичный П. применяется для оценки расстояний до звёзд. Осн. единицей измерения служит парсек — такое расстояние, при к-ром а. е. видна под углом в 1''. Парсек прибр. равен $30,857 \cdot 10^{12}$ км. Для объектов разл. удалённости разработан ряд методов измерения годичных П. Наиб. простой — метод тригонометр. и ч. П., применяемый для измерения расстояний до ближайших звёзд. Вследствие движения Земли вокруг Солнца изменяются положения близких звёзд по отношению к более удалённым. Это изменение измеряют, сравнивая два снимка одного и того же участка неба, сделанных с интервалом в полгода (тригонометрич. П.). Тригонометрич. П. измерены для звёзд, расположенных в окрестностях Солнца в сфере с радиусом 70—100 пк. Одни тригонометрич. П. не дают возможности изучить строение как ближайшей части Вселенной, так и Галактики, но они являются основой для др. методов измерения расстояний.

Вековой П. даёт статистич. оценку ср. расстояний групп звёзд (в предположении хаотич. распределения собств. скоростей звёзд). Из-за движения Солнца к апексу со скоростью 4,2 а. е. в году звёзд, находящихся на $\sim 90^\circ$ от апекса, появляется составляющая собств. движения (угл. смещения за год) в сторону