

вий оптим. отдачи энергии источника в нагрузку: количество теплоты, выделяемой на сопротивлении нагрузки и на внутр. сопротивлениях источника, должно быть одинаково (см. также *Джоулевы потери*).

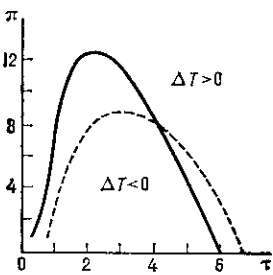
Д.—Л. з. в его первонач. формулировке справедлив для линейных изотропных сред без дисперсии, когда соблюдается закон Ома: $j = \sigma E$ (E — напряжённость электр. поля). Однако Д.—Л. з. допускает разл. обобщения и может быть распространён на перем. токи (см. *Пойнтинга вектор*).

ДЖОУЛЯ — ТОМСОНА ЭФФЕКТ — изменение темп-ры газа при стационарном адиабатич. протекании его через пористую перегородку. Обнаружен и исследован Дж. П. Джоулем и У. Томсоном (W. Thomson) в 1852—62. В процессе Джоуля—Томсона газ, к-рый первоначально занимал объём V_1 при давлении P_1 , перетекает через пористую перегородку, занимая после перехода объём V_2 при давлении P_2 . Над системой совершается работа $P_1 V_1 - P_2 V_2$, равная изменению внутр. энергии газа $U_2 - U_1$, поскольку пористая перегородка гасит все его макроскопич. движения. Следовательно, при протекании газа в условиях тепловой изоляции остаётся постоянной энтальпия $H = U + PV$. Из условия постоянства H следует, что изменение темп-ры T на единицу давления (дифференциалы T и P) равно

$$(\Delta T / \Delta P)_H = -C_p^{-1} (\partial H / \partial P)_T - C_p^{-1} [T (\partial V / \partial T)_P - V],$$

где $C_p = (\partial H / \partial T)_P$ — теплоёмкость при пост. давлении. Назв. «дифференциальный» означает малость величин ΔT и ΔP .

Для идеального газа Д.—Т. э. равен нулю, а для реальных газов его знак зависит от знака выражения $T (\partial V / \partial T)_P - V$, к-рый определяется ур-нием состояния. Если при протекании газа через пористую перегородку темп-ра убывает, $(\Delta T / \Delta P)_H > 0$, то Д.—Т. э. наз. положительным, если же темп-ра возрастает, $(\Delta T / \Delta P)_H < 0$, то Д.—Т. э. наз. отрицательным. Темп-ра T_i , при к-рой Д.—Т. э. меняет знак, наз. температурой инверсии. Совокупность точек инверсии на диаграмме P, T наз. кривой инверсии (рис.). Данному давлению P соответствуют две точки инверсии, между к-рыми Д.—Т. э. положителен. Для большинства газов (кроме



Кривая инверсии для дифференциального Д.—Т. э. в приведённых переменных $\pi = P/P_{кр}$, $\tau = T/T_{кр}$. Сплошная кривая соответствует газу Ван-дер-Ваальса, пунктирная — экспериментальным данным для H_2 .

H и He) верхняя точка T_i лежит выше комнатной темп-ры. Для газа, описываемого *Ван-дер-Ваальса уравнением*, Д.—Т. э. положителен, если $2a(V-b)^2 > RTbV^2$, где R — газовая постоянная, т. е. константы ур-ния Ван-дер-Ваальса a и b оказывают противоположное влияние на знак Д.—Т. э., к-рый определяется конкуренцией сил отталкивания и сил притяжения между молекулами. Кривая инверсии для газа Ван-дер-Ваальса соответствует ур-нию $RTbV^2 = 2a(V-b)^2$ или в приведённых переменных $\pi = 24\sqrt{3}\tau - 12\tau - 27$, где $\pi = P/P_{кр}$ — приведённое давление, $\tau = T/T_{кр}$ — приведённая темп-ра, $P_{кр} = a/27b^2$ — критич. давление, $T_{кр} = 8a/27Rb$ — критическая температура.

В процессе Джоуля—Томсона энтропия возрастает, это необратимый процесс. Д.—Т. э. — один из осн. способов получения низких темп-р. Обычно для этой цели применяют Д.—Т. э. в комбинации с адиабатич. расширением газа. Дифференциальный Д.—Т. э. невелик, для воздуха $\Delta T / \Delta P \approx 0,25$ град/атм $\approx 0,25 \cdot 10^{-6}$ град/Па. В технике используют интегральный Д.—Т. э., при к-ром давление изменяется в широких пределах. Изме-

рение Д.—Т. э. позволяет установить ур-ние состояния реального газа.

Лит.: Зоммерфельд А., Термодинамика и статистическая физика, пер. с нем., М., 1955, § 10; Сивухин Д. В., Общий курс физики, 2 изд., [т. 2], М., 1979, § 19, 46, 104.

ДЗЯЛОШИНСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (поле) — особый тип анизотропного взаимодействия в магнитоупорядоченных веществах, приводящий к возникновению *слабого ферромагнетизма* (СФМ). В феноменологич. теории СФМ энергия этого взаимодействия описывается членами вида $L_\alpha M_\beta$ (L — вектор антиферромагнетизма, M — намагниченность, α и β — индексы осей координат), впервые введенными И. Е. Дзялошинским (1957) на основании рассмотрения *магнитной симметрии* определ. классов антиферромагнетиков.

А. С. Боровик-Романов.

ДИАГНОСТИКА ПЛАЗМЫ (от греч. *diagnostikós* — способный распознавать) — определение значений параметров плазмы, характеризующих её состояние. Т. к. плазма в общем случае представляет собой многокомпонентную неравновесную неоднородную систему с широчайшим спектром всевозможных значений параметров, диагностика её сталкивается с большими принципиальными и техн. трудностями. Особенно сложно проводить Д. п. в экстремальных условиях — при макс. темп-рах, плотностях, скоростях протекающих в плазме процессов, мощном внеш. воздействии и т. п. Поэтому важное значение в Д. п. имеет широкое применение ЭВМ как для прямой обработки первичной информации в реальном масштабе времени, так и последующего анализа. Растёт роль экспериментов, в к-рых на основе совокупности эксперим. данных и нек-рых априорных предположений моделируются процессы реальной плазмы.

Набор параметров плазмы, определяемых совр. методами Д. п., весьма велик. Определяются форма и местоположение плазмы, плотность n_α ($\alpha = e, i, a$) составляющих компонент (электронов, ионов, атомов, радикалов, фотонов) и их статистич. распределения f_α (по скоростям, по уровням возбуждения и т. п.), темп-ры T_α , если распределения близки к равновесным, теплопроводность, интенсивность излучения, коэф. поглощения, частота столкновений компонент, коэф. диффузии и т. д. Исследование распределений этих параметров в пространстве и времени при заданных внеш. условиях позволяет выделить основные кинетич. и динамич. процессы, протекающие в изучаемой плазме, определить их скорости, энергетич. характеристики, найти способы управления значениями параметров плазмы.

Помещение датчика в плазму искажает её параметры. Поэтому большинство методов Д. п. — *бесконтактные*, в к-рых носителями информации о плазме являются окружающие её поля и излучения. К числу *контактных* относятся разл. зондовые методы (электрич., магн., СВЧ-зонды и пр.). Бесконтактные методы делятся на пассивные и активные. Пассивные методы Д. п. основаны на регистрации излучений и потоков частиц из плазмы или измерении характеристик окружающих её полей. Активная Д. п. основана на измерении характеристик внеш. зондирующего излучения при его прохождении через плазму и на отклике (реакции) самой плазмы на зондирующий луч. Т. о., активные методы возмущают плазму, хотя в большинстве случаев возмущение можно сделать сравнительно малым. С другой стороны, целенаправленное создание в плазме определ. малых возмущений и изучение динамики их релаксации являются одним из направлений по определению локальных характеристик плазмы.

Значит. трудности при Д. п. возникают во мн. методах из-за сложной связи измеряемых величин с параметрами плазмы. Установление этой связи требует выбора определ. плазменной модели. Её часто приходится формулировать априорно. Затем в рамках модели реализуют конкретный метод Д. п. и далее, интерпре-