

равновесие наз. абсолютным, в противном случае — относительным. Изучение условий Р. м. с. — одна из осн. задач статики. Условия Р. м. с. имеют вид равенств, связывающих действующие силы и параметры, определяющие положение системы; число этих условий равно числу степеней свободы системы. Условия относит. Р. м. с. составляют так же, как и условия абс. равновесия, если к действующим на точки системы силам прибавить соответствующие переносные силы инерции. Необходимые и достаточные условия равновесия свободного твёрдого тела состоят в равенстве нулю сумм проекций на три координатные оси $Oxyz$ и сумм моментов относительно этих осей всех приложенных к телу сил, т. е.

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} = 0, \quad \sum F_{ky} = 0, \quad \sum F_{kz} = 0; \\ \sum m_x F_k = 0, \quad \sum m_y F_k = 0, \quad \sum m_z F_k = 0. \end{aligned} \quad (1)$$

При выполнении условий (1) тело будет по отношению к данной системе отсчёта находиться в покое, если скорости всех его точек относительно этой системы в момент начала действия сил были равны нулю. В противном случае тело при выполнении условий (1) будет совершать т. н. движение по инерции, напр. двигаться поступательно, равномерно и прямолинейно, равномерно вращаться вокруг одной из своих гл. центр. осей инерции или совершать вокруг центра масс более сложное движение, в частности регулярную прецессию.

Если твёрдое тело не является свободным (см. *Связи механические*), то условия его равновесия дают те из равенств (1) (или их следствия), к-рые не содержат реакций наложенных связей; остальные равенства дают ур-ния для определения неизвестных реакций. Напр., для тела, имеющего неподвижную ось вращения Oz , условием равновесия будет $\sum m_z F_k = 0$; остальные равенства (1) служат для определения реакций подшипников, закрепляющих ось. Если тело закреплено наложенными связями жёстко, то все равенства (1) дают ур-ния для определ. реакций связей. Такого рода задачи часто решаются в технике.

На основании *отвердевания принципа равенства* (1), не содержащие реакций внеш. связей, дают одновременно необходимые (но недостаточные) условия равновесия любой механич. системы, в частности деформируемого тела. Необходимые и достаточные условия равновесия любой механич. системы могут быть найдены с помощью *возможных перемещений принципа*. Для системы, имеющей s степеней свободы, эти условия состоят в равенстве нулю соответствующих обобщённых сил:

$$Q_1 = 0, \quad Q_2 = 0, \dots, Q_s = 0. \quad (2)$$

Из состояний равновесия, определяемых условиями (1) и (2), практически реализуются лишь те, к-рые являются устойчивыми (см. *Устойчивость равновесия*). Равновесия жидкостей и газов рассматриваются в *гидростатике* и *аэростатике*.

РАВНОВЕСИЕ ПЛАЗМЫ в магнитном поле — состояние плазмы, в к-ром сила газокинетич. давления, действующая на любой элемент её объёма, уравновешивается силой Ампера; одно из необходимых условий магн. *удержания плазмы*. В случае скалярного (изотропного) давления плазмы $p(r)$ в пренебрежении силой тяжести условие равновесия имеет вид:

$$\nabla p = [jB] = -\nabla(B^2/2\mu_0) + (B\nabla)B/\mu_0. \quad (*)$$

Здесь $j = \text{rot} B/\mu_0$ — плотность электрич. тока, B — магн. индукция, $\text{div} B = 0$, μ_0 — магнитная постоянная (система единиц СИ). Ур-ние равновесия (*) накладывает существенное ограничение на форму возможной равновесной конфигурации плазмы, выражаю-

щееся требованием $\text{rot}(B\nabla)B = 0$. Напр., в чисто тороидальном магн. поле $B_\varphi \neq 0$ (т. е. при $j_\varphi = 0$) невозможно равновесие, ограниченное вдоль оси z (оси симметрии), т. к. в этом случае и поле и давление постоянны вдоль оси z :

$$\text{rot}(B\nabla)B = -\nabla\varphi\delta B_\varphi^2/r\delta z \text{ и } \partial p/\partial z = -\partial(B_\varphi^2/2\mu_0)/\partial z = 0.$$

Конфигурации магн. поля, в к-рых возможно равновесие ограниченного объёма плазмы, образуют *магнитные ловушки*. Как следует из теоремы вириала, — интегрального выражения ур-ния равновесия (*), — равновесие ограниченного объёма плазмы невозможно за счёт только магн. поля, создаваемого током в самой плазме. Напр., хотя в кольце плазмы с током благодаря *пинч-эффекту* осуществляется равновесие по малому радиусу, равновесия по большому радиусу нет и под действием эл.-динамич. сил кольцо растягивается (даже и при наличии стягивающего внутр. тороидального магн. поля). Чтобы подобная кольцевая конфигурация с током и тороидальным магн. полем была в равновесии, необходимо либо внешнее поперечное к плоскости кольца магн. поле, либо внеш. плазма с давлением, превышающим давление плазмы в кольце. Такого рода магн. трубки наблюдаются в фотосфере Солнца. В последнем случае следует скорее говорить не о Р. п. в магн. поле, а о равновесии магн. поля в плазме.

Р. п., описываемое ур-нием (*), реализуется при условиях, что оно устойчиво (см. *Удержание плазмы*).

Лит.: Шафранов В. Д., *Равновесие плазмы в магнитном поле*, в сб.: *Вопросы теории плазмы*, в. 2, М., 1963, с. 92; Арцимович Л. А., Сагдеев Р. З., *Физика плазмы для физиков*, М., 1979, гл. 2, § 9; Кадомацев Б. Б., *Коллективные явления в плазме*, М., 1988, гл. 1, § 3. В. Д. Шафранов.

РАВНОВЕСИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЕ — состояние замкнутой статистич. системы, в к-ром ср. значения всех физ. величин и параметров, его характеризующих (напр., темп-ры и давления), не зависят от времени. Р. с. — одно из осн. понятий *статистической физики*, играющее такую же важную роль, как *равновесие термодинамическое* в *термодинамике*. Р. с. не является обычным равновесием в механич. смысле, т. к. в системе постоянно возникают малые флуктуации физ. величин около их ср. значений; равновесие является подвижным, или динамическим. В статистич. физике Р. с. описывают с помощью разл. *Гиббса распределений* (микроравновесия, канонич. и большого канонич. распределения) в зависимости от типа контакта системы с окружающей средой (термостатом), запрещающего или разрешающего обмен с ней энергией или частицами. Статистич. физика позволяет описать также флуктуации в состоянии Р. с.

В теории неравновесных процессов важную роль играет понятие *неполного Р. с.* (квазиравновесного состояния), при к-ром параметры системы зависят от времени (эта зависимость может быть слабой). Применяется также понятие *локального Р. с.*, при к-ром темп-ра и хим. потенциал в малом элементе объёма (содержащем большое число частиц и движущемся с гидродинамич. скоростью) зависят от времени и пространственных координат (см. *Локальное термодинамическое равновесие*). Это понятие служит основой для гидродинамич. описания неравновесных состояний.

РАВНОВЕСИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ Д. Н. Зубарев. — состояние термодинамич. системы, в к-рое она самопроизвольно приходит через достаточно большой промежуток времени в условиях изоляции от окружающей среды. При Р. т. в системе прекращаются все *необратимые процессы*, связанные с диссипацией энергии: теплопроводность, диффузия, хим. реакции и др. В состоянии Р. т. параметры системы не меняются со временем (строго говоря, те из параметров, к-рые не фиксируют заданные условия существования системы, могут испытывать флуктуации — малые колебания около своих ср. значений). Изоляция системы не исключает определ.