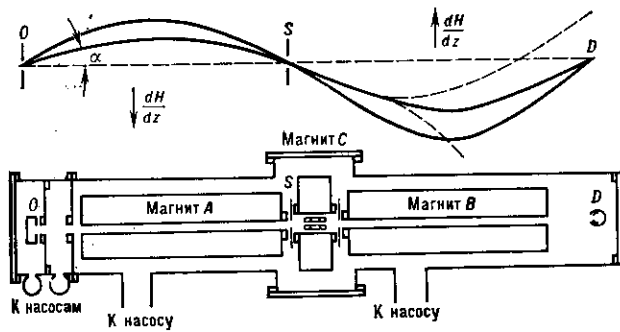


две области строго сфазированного радиочастотного поля, размером  $l$  каждая, к-рые разнесены в пространстве на расстояние  $L$ . При  $L \gg l$  и узком распределении молекул в пучке по скоростям выходной сигнал в таком устройстве, как ф-ция  $\omega$ , представляет собой не



одиночный резонанс, как в Р. м., а систему резонансов с расстоянием по частоте между соседними максимумами  $\nu_0/L$ . При нулевой разности фаз между осциллирующими полями в соседних областях центр максимума точно совпадает с  $\omega_0$ , а его полная ширина определяется временем пролёта молекул между областями с двумя разнесёнными радиочастотными полями.

Обычно Р. м. используют в спектрометрах радиочастотного диапазона (см. *Радиоспектроскопия*). Одним из важнейших применений Р. м. было измерение магн. моментов протона, дейтрона и электрона. Р. м. лежит в основе квантовых стандартов частоты и мн. методов исследования спектральных характеристик газов, жидкостей и твёрдых тел.

Лит.: Рамзей Н., Молекулярные пучки, пер. с англ., М., 1960; Физические основы квантовой радиофизики, Л., 1985.

**РАБОТА** в термодинамике — способ обмена энергией между термодинамич. системой и окружающими телами при изменении внеш. параметров состояния, к-рые определяют положение границ раздела системы или её частей и взаимодействие с внеш. силовыми полями; кол-во энергии, передаваемое этим способом. Др. способом обмена энергией, связанным с изменением энтропии, является передача теплоты. Величина Р. максимальна для квазистатич. процессов (принцип максимальной работы), в этом случае выражение для Р.  $\delta W$ , производимой системой при бесконечно малом изменении внеш. параметров  $dx = \{dx_i\}$ , записывают по аналогии с механикой в виде  $\delta W = X dx = \sum_i X_i dx_i$  ( $X_i$  — соответствующая параметру  $x_i$  обобщённая сила, характеризующая реакцию системы на квазистатич. изменение  $dx_i$ ). Выражение для Р., совершаемой при конечном изменении состояния, записывают в виде интеграла

$$\Delta W = \int_1^2 \delta W = \sum_i \int_1^2 X_i dx_i.$$

Это выражение существенно зависит от того, какие значения имеют величины  $X_i = X_i(T, x, N)$  в каждом из промежуточных состояний квазистатич. перехода  $1 \rightarrow 2$ , к-рые определяются не только набором параметров  $x_i$ , но и значениями темп-ры  $T$  (или энтропии) и чисел частиц отд. компонентов  $N = \{N_i\}$ . Величина  $\Delta W$  зависит от пути интегрирования, а  $\delta W$  не является полным дифференциалом в переменных  $(T, x, N)$ , определяющих термодинамич. состояние системы. Поэтому в результате замкнутого кругового процесса можно получить отличную от нуля работу.

Величина  $\delta W$  участвует наряду с изменением внутр. энергии  $dU$  и величиной подводимого к системе тепла.

$\delta Q$  в балансе, выражающем первое и второе начала термодинамики для квазистатич. процессов:

$$\delta Q = T dS = dU + \delta W - \mu dN,$$

где  $\mu = \{\mu_i\}$  — хим. потенциалы компонентов системы. Для адиабатически изолиров. системы ( $dS = 0$ ) с фиксиров. числом частиц ( $dN = 0$ ) выражение для  $\delta W$  определяется изменением внутр. энергии,  $(\delta W)_S = -dU_S$  для системы с фиксиров. темп-рой — изменением её свободной энергии,  $(\delta W)_T = -d(U - TS)_T = -dF_T$  и т. д.

**Примеры.** Р. пространственно однородной системы при изменении  $dV$  её объёма равна  $\delta W = pdV$  ( $p$  — давление; при наличии касательных напряжений выражение для  $\delta W$  составляется в соответствии с правилами теории упругости). Для поверхностной плёнки  $\delta W = -\sigma d\Sigma$  ( $\sigma$  — коэф. поверхностного натяжения,  $\Sigma$  — площадь поверхности раздела фаз). Для гальванич. элемента  $\delta W = \mathcal{E} dq$  ( $\mathcal{E}$  — эдс элемента,  $dq$  — протекший через него заряд). Для диэлектриков используют неск. вариантов выбора параметров состояния и соответствующих им выражений для удельной Р.  $\delta w$ :  $\delta w_D = -(\mathbf{E} d\mathbf{D})/4\pi$  — полная Р. ( $\mathbf{E}$  — напряжённость электр. поля,  $\mathbf{D}$  — индукция);  $\delta w_E = \mathbf{P} d\mathbf{E}$ ,  $\delta w_P = -\mathbf{E} d\mathbf{P}$  ( $\mathbf{P}$  — поляризация диэлектрика). Для магнетика уд. Р.:  $\delta w_B = (-\mathbf{H} d\mathbf{B})/4\pi$ ,  $\delta w_M = -\mathbf{H} d\mathbf{M}$ ,  $\delta w_H = \mathbf{M} d\mathbf{H}$  ( $\mathbf{B}$  и  $\mathbf{M}$  — соответственно магн. индукция и намагниченность). Приведённые варианты для  $\delta w$  отличаются друг от друга на величины, являющиеся полными дифференциалами (для диэлектрика это  $\mathbf{E}^2/8\pi$  и  $-\mathbf{E} \mathbf{P}$ ), к-рые можно включить в дифференциал внутр. энергии  $dU$ , поэтому каждому из выборов  $x_i$  соответствует согласованное определение величин  $\delta w_i$  и  $dU_i$ .

Лит. см. при ст. *Термодинамика*.

**РАБОТА** с и л ы — мера действия силы, зависящая от её модуля и направления и от перемещения точки приложения силы. Если сила  $F$  постоянна по модулю и направлению, а перемещение  $M_0M_1$  прямолинейно (рис. 1), то Р. определяется равенством  $A = F s \cos \alpha$ , где  $s = M_0M_1$ ,  $\alpha$  — угол между направлениями силы

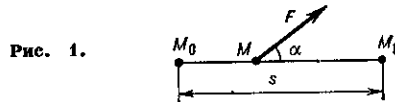


Рис. 1.

и перемещения. Если  $\alpha < 90^\circ$ , то  $A > 0$ , а если  $180^\circ \geq \alpha > 90^\circ$ , то  $A < 0$ ; если же  $\alpha = 90^\circ$ , т. е. если сила перпендикулярна перемещению, то  $A = 0$ . Единицы измерения Р. — джоуль, эрг (1 эрг =  $10^{-7}$  Дж) и килограмм-сила на 1 метр (1 кгс·м  $\approx$  9,81 Дж).

В общем случае для вычисления Р. силы вводят понятие элементарной работы  $dA = F ds \cos \alpha = F_x dx$ , где  $ds$  — элементарное перемещение точки приложения силы,  $\alpha$  — угол между силой и касательной к траектории её приложения, направленной в сторону перемещения точки,  $F_x$  — проекция силы на эту касательную (рис. 2). В декартовых координатах

$$dA = F_x dx + F_y dy + F_z dz, \quad (1)$$

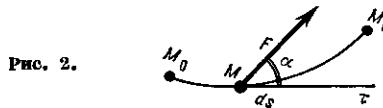


Рис. 2.

где  $F_x, F_y, F_z$  — проекции силы на координатные оси;  $x, y, z$  — координаты точки её приложения. В обобщённых координатах

$$dA = \sum_i Q_i dq_i, \quad (2)$$