

ФРУАССАРА ТЕОРЕМА — одна из *асимптотических теорем* в физике высоких энергий, ограничивающая скорость роста полных сечений сильного взаимодействия при высоких энергиях (подробней см. *Фруассара ограничение*).

ФРУДА ЧИСЛО — один из *подобия критериев* движения жидкости или газа, применяемых в случаях, когда существенно воздействие силы тяжести. Введено У. Фрудом (W. Froude) в 1870. Ф. ч. характеризует соотношение между инерц. силой и силой тяжести, действующими на элементарный объём жидкости или газа, Ф. ч. $Fr = v^2/gl$, где v — скорость течения или скорость движущегося тела, g — ускорение свободного падения, l — характерный размер потока или тела. Условие подобия — равенство Ф. ч. для модели и для натурных объектов — применяют при моделировании движения кораблей, течений воды в открытых руслах, испытаниях моделей гидротехн. сооружений и др.

ФРУСТРАЦИИ (от лат. frustratio — неудовлетворённость) — вырождение основного состояния в конденсированных системах взаимодействующих объектов, обладающих наряду с трансляционными степенями свободы к. л. дополнит. ориентационной степенью свободы, иногда называемой «спиновой» или квазиспиновой (о понятии квазиспина см. в ст. *Спиновый гамльтониан*). Это вырождение связано с отсутствием в таких системах к. л. единственно возможной конфигурации «спинов», удовлетворяющей условию минимальности энергии основного состояния. Ф. возникают в таких системах (как правило, являющихся *стёклами*) при наличии конкурирующих взаимодействий различных знаков и радиусов действия и имеющих, как правило, случайный (статистич.) характер. Ф. — необходимое условие «стеклоподобного» поведения и фазового перехода в таких системах, однако не являются достаточным условием; в частности, существуют строго периодические системы, обладающие Ф. (напр., некие типы антиферромагн. *Изинга моделей*). Примеры систем, обладающих Ф., — разл. системы магн. моментов в спиновых стёклах, электрич. диполей в смесях сегнето- и антисегнетоэлектриков, электрич. квадруполь в неких молекулярных кристаллах и т. п. Понятие Ф. используется также в квантовой теории поля.

Лит. см. при статьях *Спиновое стекло*, *Стёкла*. Ю. Г. Рудой.

ФТОР (лат. Fluonium), F, — хим. элемент VII группы периодич. системы элементов, ат. номер 9, ат. масса 18,9984, относится к *галогенам*. В природе представлен стабильным ^{19}F . Конфигурация электронных оболочек $1s^2 2s^2 2p^5$. Энергии последоват. ионизаций 17,422; 34,987; 62,661; 87,2; 114,25 эВ. Средство к электрону 3,448 эВ. Радиус атома F 64—71 пм (по разным данным), иона F^- 133 пм. Значение электроотрицательности 4,0 (наивысшее среди всех элементов).

Газ бледно-жёлтого цвета, с резким запахом, сильно ядовит. Во всех агрегатных состояниях состоит из молекул F_2 , межъядерное расстояние 141,31 пм (в газе), энергия связи атомов 159,6 кДж/моль. $t_{\text{пл}} = -219,699^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}} = -188,200^\circ\text{C}$. При $-227,60^\circ\text{C}$ тв. Ф. претерпевает фазовый переход и существующая при более высоких темп-рах кубич. модификация превращается в моноклинную. Плотность газообразного Ф. при нормальных условиях 1,695 г/дм³. Уд. теплоёмкость $c_p = 37,34$ Дж/(моль · К). Уд. теплота плавления 0,5104 кДж/моль, уд. теплота испарения 6,544 кДж/моль. Теплопроводность 24,8 мВт/(м · К) (0 °C).

Ф. — сильнейший окислитель (степень окисления —1), обладает высокой реакционной способностью. Соединения Ф. — фториды — известны для всех хим. элементов, кроме лёгких инертных газов (He, Ne и Ar). С помощью Ф. получен легколетучий UF_6 , к-рый используется в диффузионных методах разделения изотопов урана. Водный раствор HF (плавиковая к-та) широко применяется для травления стекла и др. целей. Использование Ф. позволяет получать разл. фторопласты, в т. ч. термически и коррозионно стойкий тефлон. Соединения, содержащие Ф. (т. н. фреоны), до сих пор применяют в качестве хладагентов в холодильных установках и для др. целей, несмотря на то, что содержание фреона в окружающей среде — один из

показателей её загрязнения. Долгоживущих искусств. радиоизотопов Ф. нет; для исследований используют короткоживущий ^{20}F (β^- -распад, $T_{1/2} = 11,176$ с).

С. С. Бердонов.

ФУГИТИВНОСТЬ (фугативность) (англ. fugacity, от лат. fugio — убегаю) в термодинамике — ф-ция $f_i(p, T)$ давления p и абс. темп-ры T , определяющая отклонение *химического потенциала* $\mu_i(p, T)$ вещества (на моль) в чистом виде и в смеси от его значения $\mu_i^0(p, T)$ в приближении идеального газа. Термин «Ф.» введён амер. физикохимиком Г. Н. Льюисом (G. N. Lewis) в 1901, однако однозначное определение ф-ции $f_i(p, T)$ не установилось. Так, Ф. называют [1] ф-цию

$$f_i^{(1)} = \exp \{ [\mu_i(p, T) - \mu_i^0(p, T)_{p=1}] / RT \},$$

а также [2] ф-цию

$$f_i^{(2)} = \exp \{ [\mu_i(p, T) - \mu_i^0(p, T)] / RT \};$$

при этом для идеального газа $f_i^{(1)} = p$, а $f_i^{(2)} = 1$. Понятие Ф. используется при исследовании термодинамич. свойств неидеальных газов (особенно смесей) и систем газ — жидкость при фазовом равновесии. Однако введение Ф. не открывает принципиально новых возможностей по сравнению с методами, использующимися лишь хим. потенциалы.

В статистич. физике Ф. определяется через хим. потенциал на одну частицу μ' и применяется при анализе статистич. сумм большого канонич. ансамбля и построении вириальных разложений для неидеального газа. При этом встречаются разл. определения Ф. Так, в [3] $f = kTz$, где $z = (2\pi mkT/h^2)^{3/2} \exp(\mu'/kT)$ — активность; в этом случае для идеального газа, для к-рого

$$\mu'_0 = kT \ln \{ n(2\pi mkT/h^2)^{-3/2} \},$$

где n — плотность числа молекул, $f = p$. В [4] и [5] Ф. названа активность z , к-рая в пределе идеального газа переходит в p . Иногда Ф. называют величину $\exp(\mu'/kT)$.

Лит.: 1) Кричевский И. Р., Понятия и основы термодинамики, 2 изд., М., 1970; 2) Кубо Р., Термодинамика, пер. с англ., М., 1970; 3) Квасников И. А., Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем, М., 1991; 4) Münster A., Statistical thermodynamics, v. 1, N. Y. — [a. o.], 1969; 5) Кубо Р., Статистическая механика, пер. с англ., М., 1967. А. Г. Башкиров.

ФУКО МАЯТНИК — маятник, используемый для демонстраций, подтверждающих факт суточного вращения Земли. Ф. м. представляет собой массивный груз, подвешенный на проволоке или нити, верх. конец к-рой укреплен (напр., с помощью карданного шарнира) так, что позволяет маятнику качаться в любой вертикальной плоскости. Если Ф. м. отклонить от вертикали и отпустить без нач. скорости, то действующие на груз маятника силы тяжести и натяжения нити будут лежать всё время в плоскости качаний маятника и не смогут вызвать её вращения по отношению к звёздам (к инерциальной системе отсчёта, связанной со звёздами). Наблюдатель же, находящийся на Земле и вращающийся вместе с ней (т. е. находящийся в неинерциальной системе отсчёта), будет видеть, что плоскость качаний Ф. м. медленно поворачивается относительно земной поверхности в сторону, противоположную направлению вращения Земли. Этим и подтверждается факт суточного вращения Земли.

На Северном или Южном полюсе плоскость качаний Ф. м. совершит поворот на 360° за звёздные сутки (на 15° за звёздный час). В пункте земной поверхности, географич. широта к-рого равна φ (рис.), плоскость горизонта вращается вокруг вертикали с угл. скоростью $\omega_1 = \omega \sin \varphi$ (ω — модуль угл. скорости Земли, см. рис.) и плоскость качания маятника вращается с той же угл. скоростью. Поэтому видимая угл. скорость вращения плоскости качаний Ф. м. на широте φ , выраженная в градусах за звёздный час, имеет значение $\omega_{\text{в}} = 15^\circ \sin \varphi$, т. е. будет тем меньше, чем меньше φ , и на

