

Процесс обмена энергией между физической системой и средой

АННОТАЦИЯ. Поясняются применяемые в физике термины “энергообмен” (обмен энергией) и “изменение энергообмена”. Приводятся особенности процесса изменения состояния физической системы при обмене энергией с окружающей средой

1. Обмен энергией (энергообмен) в физике

В средствах массовой информации и в поисковых системах часто применяется слово "энергообмен" в далеком от физики понимании, например, часто встречается такое словосочетание, как энергообмен между мужчиной и женщиной. Очевидно, что это относится к физиологии, а часто и к теологии. Так что комментировать подобное применение этого термина в данной статье не предполагается.

Чтобы изменилось количество энергоносителей в физической системе, в систему должно войти какое-то количество энергоносителей, дополнительное к тому, которым система располагает, либо выйти из системы какое-то количество энергоносителей. Изменение количества энергоносителей в системе приводит к изменению количества энергии в системе, что и является обменом энергией (или **энергообменом**) системы с окружающей средой. Энергообмен является функцией процесса переноса энергоносителей, а не функцией состояния системы.

К сожалению, это понятие сейчас используется, в основном, в биологии, а не в физике, хотя это чисто физическое понятие, при систематизации физических величин это понятие является одним их ключевых. Приращение энергии системы dW является не чем иным, как следствием дисбаланса энергообмена между системой и окружающей средой.

Важное пояснение сделал А.Вейник (1968), указывая на то, что в записи dW оператор d перед W не говорит о том, что dW является дифференциалом, так как величина dW есть не изменение чего-либо, а просто бесконечно малое приращение энергообмена. Значение энергообмена зависит от того, каким образом происходит процесс изменения состояния системы в течение переходного процесса. Поэтому элементарные значения работы и теплоты не являются полными дифференциалами и обозначаются в физике символами δA и δQ .

Это не означает, что в физике не используются широко понятия, вытекающие из понятия “энергообмен”. Например, в механической форме движения вместо энергообмена говорят о **работе силы**, в электрической форме движения – о **количестве электроэнергии**, в тепловой форме движения – о **теплообмене**, а это частные случаи обобщенного понятия “энергообмен”. Наконец, необходимо учитывать, что внутри реальных физических систем всегда происходит диссипативный энергообмен, то есть перенос части энергии упорядоченного движения любой формы движения в энергию неупорядоченной тепловой формы движения.

В различных формах движения рассматриваются различные виды работы, но, в конечном счете, все они являются следствиями переноса энергоносителей через контрольную поверхность системы, а энергоносители обычно содержат в себе комплект координат состояния различных форм движения. По этой причине И. Коган (1998) применил вместо термина "энергообмен" термин "**обобщенная работа**". Количество теплоты можно рассматривать, как частный случай обобщенной работы, так как энергоноситель содержит в себе наряду с координатами состояния других форм движения координату состояния тепловой формы движения (тепловой заряд).

2. Причины появления энергообмена.

Рассмотрим причинно-следственную цепочку событий, вызывающих появление энергообмена. Если рассматриваемая форма движения согласно классификации Б.Доброборского (2008) является пассивной, то есть такой, в которой нет изменения внутренней энергии, и равновесной, то потенциал системы P для любой формы движения неизменен. В этом случае энергообмен может возникнуть только при появлении разности потенциалов ΔP этой формы движения в окружающей среде и в системе.

В термодинамике, где рассматривают только два вида энергообмена (работу давления и количество теплоты), их разность при переходе системы от состояния 1 к состоянию 2 равна изменению внутренней энергии dU . Появление разности потенциалов приводит к изменению количества энергоносителей рассматриваемой формы движения из системы в среду или в обратном направлении и, как следствие, к энергообмену в соответствии с первым законом термодинамики

$$dU = \delta Q - \delta A \quad (1)$$

Во избежание недоразумений следует помнить, что понятие "энергообмен" - это следствие "обмена материальными энергоносителями", а не непосредственный обмен энергией. Энергия – физическая величина и переноситься может только с помощью энергоносителей. Поэтому само понятие "перенос энергии", часто применяемое в физике, нерелевантно.

Внутри неравновесной системы поток энергоносителей возникает при возникновении неравномерного распределения внутри системы потенциалов подсистем. При этом также возникает разность потенциалов, но уже внутри системы. Правда, если энергообмен происходит внутри системы, то общее количество энергоносителей в системе не изменяется, то есть энергообмен системы с окружающей средой не происходит.

В современной физике энергообмен часто отождествляют с работой сил. Однако работа силы является частным случаем энергообмена, применяемым для механической прямолинейной формы движения. А термин "энергообмен" является обобщенным термином, и поэтому его применение при общих рассуждениях предпочтительнее.

3. Обобщенное уравнение энергообмена.

Перенос энергоносителей через контрольную поверхность системы является процессом, происходящим во времени. Поэтому систематизация физических величин базируется не только на рассмотрении состояния системы, а и на процессе изменения этого состояния.

Обычно выбирается какой-то момент времени $t = 0$, который называют **начальным моментом времени**, и исследуется, как меняется состояние системы в течение конечного промежутка времени, прошедшего после начального момента. В физике это называется исследованием поведения системы в динамике. Поэтому в название предлагаемой автором системы физических величин включено слово "динамическая".

Главной особенностью исследования динамической системы является то, что в ней акцентируется внимание не на абсолютных значениях физических величин, а на их изменениях относительно значений в начальный момент времени. Это является одним из условий успешной систематизации физических величин.

Потенциал i -ой формы движения равновесной системы P_i согласно обобщенному уравнению состояния равен

$$P_i = (\partial W / \partial q_i)_0 \quad (3)$$

то есть является скалярной величиной. Соответственно, скалярной величиной является и элементарное изменение координаты состояния dq_i . Но разность потенциалов ΔP_i между системой и средой и элементарное количество перемещающихся энергоносителей $(dq_{fl})_i$ могут быть только векторными величинами, так как они определяются направлением движения энергоносителей. Из этого следует, что **обобщенное уравнение энергообмена** должно быть записано в отличие от уравнения (1) в виде

$$dU = \sum_i \Delta P_i (dq_{fl})_i . \quad (4)$$

Приведем примеры координат состояния и разностей потенциалов.

Если в механической прямолинейной форме движения координатой состояния выбрано перемещение, то в роли разности потенциалов оказывается сила, как отношение перепада давлений на участке контрольной поверхности.

Если в электрической форме движения изменением координаты состояния является изменение количества электрических зарядов, то в роли разности потенциалов оказывается разность электрических потенциалов.

Если в гидравлической форме движения (при течении жидкости в трубе) изменением координаты состояния является изменение объёма втекающей (или вытекающей) жидкости, то в роли разности потенциалов оказывается перепад давлений на входе и выходе трубы.

Энергообмен, как и энергия, в любых формах движения имеет одну и ту же размерность, оценивается в одних и тех же единицах. Уравнение (4) позволило создать единую структуру таблиц энергодинамической системы величин физических величин ЭСВП, приведенную ранее в работах И.Когана (1998, 2004) и в усовершенствованном виде в другом разделе.

4 . Обобщенное уравнение энергообмена

В Физическом энциклопедическом словаре сказано: "*Если система не изолирована, то ее энергия может изменяться либо при одновременном изменении энергии окружающих тел на такую же величину, либо за счет изменения энергии взаимодействия тела с окружающими телам*". Этот процесс и носит название энергообмен.

Таким образом, изменение энергии системы dW определяется не только изменением внутренней энергии dU , но и изменением энергообмена с окружающей средой dW_{ch} в соответствии с уравнением

$$dW = dU + dW_{ch} = \sum_i P_i dq_i + \sum_i \Delta P_i (dq_{fl})_i . \quad (5)$$

в котором $(dq_{fl})_i$ это элементарное количество перемещающихся из системы в среду (или в обратном направлении) энергоносителей i -ой формы движения.

Литература

1. Вейник А.И., 1968, Термодинамика. 3-е изд. – Минск, Высшая школа, 464 с.
2. Доброборский Б.С., 2008, Об активных и пассивных термодинамических системах. <http://interlibrary.narod.ru/GenCat/GenCat.Scient.Dep/GenCatPhysics/150000011/150000011.htm>
3. Коган И.Ш., 1998, О возможном принципе систематизации физических величин. – “Законодательная и прикладная метрология”, 5, с.с. 30-43.