Размышления. Равновесные системы

Простейшими (с одной степенью свободы) примерами таких систем могут быть гармонический осциллятор или тепловая машина Сади Карно. Неважно, как именно реализована равновесная система (гайка на нитке, грузик на пружинке, газ под поршнем, электрический колебательный контур или текстовое сообщение), значимыми являются только два ее свойства:

1. Траектория движения системы замкнута
2. Траектория движения системы имеет две экстремальные точки

Для маятника это верхняя и нижняя точки траектории, для тепловой машины - крайние температуры рабочего тела (в нагревателе и холодильнике), для кодируемого сообщения - предельные размеры при "сжатии" и "растяжении".

Заметим, что формулировка "*системы с одной степенью свободы*" будучи формально безупречной, фактически, может ввести в заблуждение. Возможно, о гармоническом осцилляторе следовало бы говорить как о "системе с двумя степенями свободы и одной связью", для различения с истинно одностепенными системами (такими, как свободно падающее тело или короткозамкнутая катушка индуктивности).

Используемый в настоящее время термин "*системы с половинной степенью свободы*" представляется физически неверным и методически некорректным.

Это различие существенно, потому что система с двумя степенями свободы содержит два разнородных аккумулирующих элемента, так что принципиально возможен полный обмен энергией между ними.

В случае физического маятника, например, это кинетическая энергия инертной массы и потенциальная энергия гравитационного поля. Для электрического колебательного контура - кинетическая энергия, запасаемая в катушке индуктивности и потенциальная энергия конденсатора итп.

Наложение связи устраняет одну из двух степеней свободы и позволяет перейти к описанию системы единственным (новым) параметром - углом отклонения от положения равновесия.

Движение равновесной системы с одной степенью свободы (*деформация*) может быть изображено замкнутой линией на плоскости двух параметров (фазовая плоскость). Например, для электрического колебательного контура, такими параметрами могут быть ток через катушку индуктивности и напряжение на ее зажимах.

Для частного случая консервативной системы, постулируем следующие два свойства:

1. Для произвольной консервативной системы с одной степенью свободы, можно указать два (сопряженных) параметра p и d таких, что движение системы будет полностью описываться траекторией в плоскости этих двух параметров *(фазовая плоскость).*

*2. В любой точке траектории, произведение сопряженных параметров **p** и **d** (мощность) является инвариантом системы.*

По сути, эти постулаты эквивалентны, сформулированному еще Архимедом в III в. до н.э., закону рычага.

Переход системы из одной точки в другую будем рассматривать как Трансформацию, а саму систему, выполняющую этот переход (как реальное физическое устройство или математический алгоритм) называть Трансформатором.

Примером трансформаторов могут служить рычажные весы, электрический двигатель, термическая деформация, пьезоэлемент, puzzles, преобразование Фурье, lossless data compression, обращение матриц итд.

Второй постулат (инвариантность мощности) может быть ослаблен так, чтобы распространить его действие и на неконсервативные системы. Для этого потребуется ввести мощность сторонних сил (источников и нагрузок).

Термин "сопряженные", вероятно, нуждается в пояснении и выбран за неимением лучшего. Как пример сопряжения, можно назвать ко- и контрвариантные векторы, или, лучше, продольные и поперечные параметры (в терминологии Флойда Файрстоуна). Например, в электрической цепи, ток ветви является продольным параметром (замеряется в разрезе), а напряжение ветви - поперечным (замеряется между двумя зажимами). Произведение ко- и контрвариантного параметров (продольного - тока и поперечного - напряжения) является скаляром (мощностью) и обладает характеристиками меры: полная мощность электрической цепи равна сумме мощностей всех ее ветвей.

Математически, обобщением понятия "мощность" является Мера.

Неформально, Мера - это скалярная характеристика такая, что при разбиении системы на части, мера полной системы равна сумме мер частей.

Например, банкноту можно разменять более мелкими купюрами. При этом сумма их номиналов будет равна номиналу исходной банкноты, гирю можно уравновесить на рычажных весах набором гирь меньшего веса, бутылку можно разлить по стаканам, полная вероятность равна сумме вероятностей всех исходов, число может быть представлено в различных системах счисления итд.

Важность меры вытекает из самой процедуры измерения. Возможны два способа измерения чего-либо: прямой, путем непосредственного сопоставления измеряемых объектов (наложения друг на друга) и косвенный, путем сопоставления двух измеряемых объектов третьему. Очевидно, в случае двух разнородных объектов, этот третий должен обладать достаточной "пластичность", так чтобы мог быть "без зазора" наложен на каждый из них.

Мера выступает в качестве объекта с абсолютной пластичностью - произвольной и бесконечной делимостью, позволяющей сравнение сколь угодно "неправильных" предметов.

Архимед, например, воспользовался пластичностью воды для косвенного измерения объема предмета очень сложной формы - золотой короны царя Гиерона.

Система может обладать произвольными независимыми свойствами (координатами), для каждой из которых возможна собственная мера.

Для стопки книг, например, можно указать три таких координаты (отдельно для каждой книги): толщина тома, его вес и его цена. Измеряемыми характеристиками стопки, как системы, будут при этом высота пачки, ее вес и полная стоимость.