

Формы энергии и виды энергии

1. Путаница в определениях форм и видов энергии
2. Что следует называть формами энергии и видами энергии?
3. Классификация форм и видов энергии в термодинамике
4. Краткая история появления понятий, связанных с энергией
5. Кинетическая и потенциальная энергии принадлежат каждой форме энергии
6. Сколько может быть всего видов энергии?
7. Что следует называть формами и видами энергообмена?
8. Биологическая форма энергии и спекуляции вокруг нее

1. Путаница в определениях форм и видов энергии

Понятие “энергия” в современной научной, учебной и справочной литературе и, особенно, в средствах массовой информации обросло большим количеством дополняющих слов, которые иногда не имеют никакого отношения к физике. Но и в самой физике в вопросе систематизации этих дополняющих слов тоже нет четкости. И прежде всего этого касается таких понятий, как “формы энергии” и “виды энергии”.

В словаре Глоссарий.ру “энергия – это скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения материи и мерой перехода движения материи из одних форм в другие”. (Здесь и далее подчеркивания в цитатах наши - И.К.). О том же говорит и БСЭ: “Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает; она только может переходить из одной формы в другую“. В приведенных определениях речь идет только о формах движения и о формах энергии. Но можно привести и другие примеры.

В популярном метрологическом справочнике [1] сказано так: “Различным видам движения и взаимодействия материи соответствуют разные виды энергии: механическая (кинетическая и потенциальная), внутренняя, электромагнитная, ядерная и др.”. Здесь речь идет уже о видах движения и видах энергии.

В популярном справочнике по физике [2] приведено такое словосочетание: “различные виды (формы) энергии”. Здесь формы и виды энергии приравнены друг другу. А вот в учебнике по физике [3, кн.1] энергия делится только на виды: “В соответствии с различными формами движения материи рассматривают разные виды энергии - механическую, внутреннюю, электромагнитную, ядерную и др.”. И далее: “Механическая энергия бывает двух видов - кинетическая и потенциальная”. Здесь уже виды энергии соответствуют формам движения.

В статье [4] вводятся понятия упорядоченных и неупорядоченных форм энергии, выведенные из упорядоченной работы технических устройств, предназначенной для “целенаправленного преобразования одних видов энергии в другие”, и неупорядоченной работы, при которой отсутствует упорядоченное движение физической системы.

Приведенные сведения свидетельствуют о том, что в современной физике и в современной метрологии энергия на формы и виды не подразделяется вообще. А если подразделяется, то формы и виды энергии трактуются по-разному. Однако таким терминам, как “формы энергии” и “виды энергии” следует обязательно придать однозначность, и это сделано в работах [5].

2. Что следует называть формами энергии и видами энергии?

Словарь русского языка так толкует понятия форма и вид: “Форма – устройство, тип, структура, характер которой обусловлен содержанием. Вид – понятие, обозначающее ряд предметов, явлений с одинаковыми признаками и входящее в более общее понятие рода”. В соответствии с такой трактовкой форма является более общим, а вид – менее общим понятием. Следовательно, вид должен входить в форму как ее составная часть. Применим этот вывод к понятию “энергия”.

В БСЭ в словарной статье “энергия” указывается: “В соответствии с различными формами движения материи рассматривают различные формы энергии”. Это напрямую вытекает из закона сохранения энергии, в котором приращение энергии системы равно сумме приращений энергии во всех формах движения системы. Поэтому в соответствии с различными формами движения материи, следует рассматривать [5] и различные **формы энергии**: механическую, гидравлическую, тепловую, электромагнитную, ядерную и т.д..

Для выяснения того, что следует понимать под видами энергии, приведем обобщенное уравнение состояния [6] в виде:

$$\sum_{i=1}^n U_i dq_i = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=0}^m a_{ki} \frac{d^k q_i}{dt^k} \right) dq_i = dW, (1)$$

где dW – приращение полной энергии системы; i – номер элементарной формы движения; U_i – разность потенциалов i -ой формы движения; q_i – координата состояния i -ой формы движения системы; n – количество элементарных форм движения в системе; k – порядок производной по времени; m – наивысший рассматриваемый порядок производной по времени.

Уравнение (1) включает в себя в виде выражения в скобках уравнение динамики в i -ой форме движения системы в виде:

$$a_0 q_i + a_1 (dq_i/dt) + a_2 (d^2 q_i/dt^2) + \dots = U_i, (2)$$

где a_0 , a_1 и a_2 – коэффициенты пропорциональности при производных по времени t , разность потенциалов U_i рассматривается как воздействие на физическую систему, а слагаемые в левой части – как противодействия системы. В современной физике рассматриваются обычно лишь три разных вида противодействий системы, что соответствует в уравнении (1) $m = 2$, а противодействия при $m > 2$ пренебрегаются.

При порядке производной $k = 0$ речь идет о противодействии жесткости системы при ее деформации, при $k = 1$ – о диссипативном противодействии среды и при $k = 2$ – о противодействии инертности системы. Каждое из этих трех противодействий определяет одну из трех составляющих энергии i -ой формы движения: **потенциальной энергии, энергии диссипации и кинетической энергии**. Все слагаемые уравнения состояния (1) как раз и следует называть **видами энергии**.

3. Классификация форм и видов энергии в термодинамике

Особую важность представляет собой решение проблемы классификации понятий, связанных с энергией, в термодинамике, поскольку там это невозможно сделать без классификации так называемых **термодинамических потенциалов**. Последние по своей физической природе являются разновидностями энергии, а вовсе не разновидностями потенциалов, как это следует из их названия.

Воспользовавшись справочником [2], статьей [7] и словарными определениями, на рис. 1 представлена схема классификации понятий, связанных с энергией. При записи определяющих уравнений на этой схеме использованы стандартные обозначения. Схема на рис. 1 используется при систематизации физических понятий.

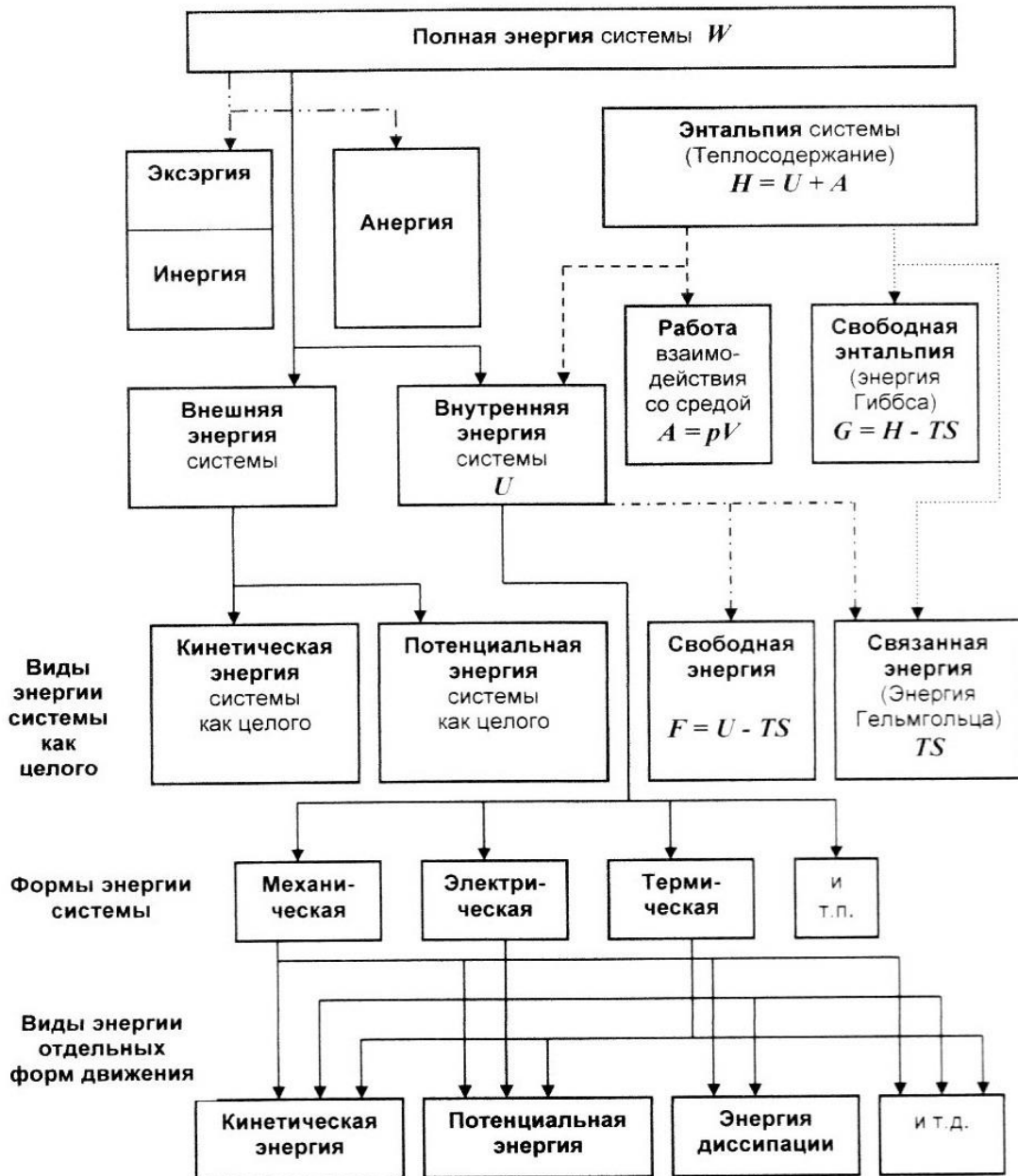


Рис. 1 Классификация понятий, связанных с энергией

4. Краткая история появления понятий, связанных с энергией

Появление понятий, приведенных на рис. 1, связано с введением У.Томсоном (Кельвином) в 1851 г. понятия “внутренняя энергия“, из которого следовало, что **полная энергия** системы является суммой внешней и внутренней энергии системы. **Внешняя энергия** состоит из кинетической и потенциальной энергий системы как целого. **Внутренняя энергия** – это энергия системы, зависящая только от ее внутреннего состояния и не включающая в себя виды энергии системы как целого. Она включает в себя энергии всех форм движения, существующих в системе. Связи между полной

энергией и ее составными частями указаны на схеме сплошными линиями. Правда, в 2006 г. В.Эткин [7] показал, что “часть внешней энергии системы зависит от внутреннего состояния системы“. И что “деление энергии на внешнюю и внутреннюю не позволяет в полной мере отразить в терминологии качественные различия форм энергии“.

В 1865 г. после введения Р.Клаузиусом физической величины S под названием “энтропия“ появились дополнительные варианты. Энергию системы стали различать по признаку **работоспособности системы**. В 1874-1878 г.г. Дж.Гиббс разработал метод термодинамических потенциалов и ввел понятие **энтальпии** (теплосодержания) системы, равной сумме внутренней энергии системы и совершенной ею работы взаимодействия со средой. Эта сумма на схеме указана штриховыми линиями.

Работоспособная часть энтальпии (**энергия Гиббса**) была названа **свободной энтальпией**. А неработоспособная часть, связанная с хаотическим движением составляющих систему частиц, была названа **связанной энергией**. Это так называемая “обесцененная” энергия системы, которую называют также **энергией Гельмгольца**. Эта сумма на схеме указана пунктирными линиями.

В 1882 г. Г.Гельмгольц ввел деление внутренней энергии системы на свободную и связанную энергию. **Свободная энергия** – это работоспособная часть внутренней энергии системы. Классификация Гельмгольца показана на схеме штрих-пунктирными линиями.

В 1955 г. З.Рант ввел новые два новые понятия – эксергию и анергию, призванных различать полную энергию системы только по признаку работоспособности. **Эксергия** – это работоспособная (технически пригодная) часть полной энергии. Согласно БСЭ, это “максимальная работа, которую может совершить система при переходе из данного состояния в равновесие с окружающей средой“. **Анергия** – это неработоспособная (технически непригодная) часть полной энергии. Это деление на схеме показано штрих-пунктирными линиями с двумя точками.

В 2006 г. В.Эткин [7] указал на то, что работа совершается системой “не только за счет энергии самой системы, но и окружающей среды (пополняясь в процессе теплообмена с ней)“ и что эксергия З.Ранта тоже зависит от параметров окружающей среды. А это “делает понятие эксергии неоднозначным и неполным“. В.Эткин предложил взамен термина “эксергия“ ввести для превратимой (неравновесной) составляющей полной энергии новое понятие “**инергия**“, определив ее как “способность системы к внутренним превращениям безотносительно к тому, в чем эти превращения будут выражаться – в совершении полезной или диссипативной, внешней или внутренней работы“. В.Эткин утверждает, что информативнее и вернее деление полной энергии системы на инергию (превратимую часть) и анергию (непревратимую часть).

В 2007 г. И.Коган [5] разделил понятия формы энергии и виды энергии и опубликовал схему, представленную на рис. 1, где каждой форме энергии соответствуют $(m + 1)$ видов энергии, показанных на схеме в последнем ряду.

5. Кинетическая и потенциальная энергии принадлежат каждой форме энергии

Совершенно неверно приписывать кинетическую и потенциальную энергию только механической форме движения, как это сделано, например, в справочнике по физике [2]. Все виды энергии относятся к любой форме движения и к любой форме энергии. Например, имеется кинетическая электрическая энергия, и это не то же самое, что кинетическая механическая энергия.

Конечно, в основе любой формы энергии лежит механическое движение энергоносителей (движение электронов, ионов, молекул газа или жидкости). Но в механической форме движения подразумевается энергия движения тела в целом, а не движение энергоносителей внутри тела. Поэтому, например, кинетическая энергия движения электронов не является кинетической энергией движения тела. Точно так же потенциальная электрическая энергия это не то же самое, что потенциальная механическая энергия.

Обычно вместо слов “кинетическая электрическая энергия” говорят просто об электрической энергии, не подразумевая слово “кинетическая”. Но слово “электрическая” определяет форму энергии, а не вид энергии. Точно так же, когда произносят два слова “кинетическая энергия”, то имеют обычно в виду только кинетическую механическую энергию, а слово “механическая” при этом опускают. В плане сказанного выше это неверно. В результате смешения понятий “формы энергии” и “виды энергии” возникают подчас неверные физические аналогии. Иногда считается, что кинетическая механическая энергия может быть аналогична потенциальной электрической энергии, но такая аналогия неверна, она не отражает физическое содержание явлений.

Виды энергии могут переходить друг в друга, при этом оставаясь принадлежащими одной и той же форме энергии. При этом не исключается перенос любого вида энергии данной формы движения в любой вид энергии другой формы движения. В разных разделах физики иногда меняется математическая запись одного и того же вида энергии при переходе от одной формы энергии к другой, а иногда меняется и название. Но это лишь затрудняет понимание сути происходящего.

6. Сколько может быть всего видов энергии?

Поскольку в уравнении динамики современная физика рассматривает лишь три слагаемых, то и рассматриваются только три вида энергии (потенциальная, кинетическая и диссипации). Но в уравнениях (1-2) нет запрета на существование видов энергии, определяемых порядком производной по времени $k > 2$. В частности, четвертый вид энергии (при $k = 3$) интересует исследователей процессов разгона и торможения двигателей в энергетике, на транспорте, в космонавтике, в теории удара. В работе [8], например, в систему физических величин включены величины, связанные с четвертым видом энергии. Специалисты по теории удара называют коэффициент a_3 из уравнения (2) резкостью. Пятый вид энергии (при $k = 4$) может интересовать, например, специалистов по взрывным процессам.

Отметим также, что энергия диссипации связана не просто с энергетическим противодействием, а с качественным изменением энергии. К слову, применяемый иногда термин “диссипативные потери энергии” некорректен, ибо энергия теряться не может. Точнее было бы сказать о диссипативных потерях энергии упорядоченных форм движения. Вместо термина “энергия диссипации” (в переводе на русский язык – энергия рассеяния) в некоторых научных работах применяют термин “энергия деградации” (в переводе на русский язык – энергия вырождения). Но и это не точно, вырождается не энергия, а способность системы производить механическую работу.

К числу противодействий системы внешнему энергетическому воздействию следует добавить возможное противодействие физического поля, связанное с перемещением системы в этом поле или с ее возможным поворотом относительно силовых линий поля. Это противодействие является удельным изменением еще одного вида энергии, называемого в физике потенциальной энергией в физическом поле или сокращенно

потенциальной энергией положения. Поэтому вид энергии, связанный с противодействием жесткости, следует называть **потенциальной энергией деформации.** Этот вид потенциальной энергии, в отличие от предыдущего, связан с внутренним силовым полем (полем упругих сил).

7. Что следует назвать формами и видами энергообмена?

При переходе энергии из систему в окружающую среду или наоборот следует применять обобщающий термин **энергообмен** и говорить не о формах и видах энергии, а о формах и видах энергообмена, что и отражено на схеме рис. 2 [9].

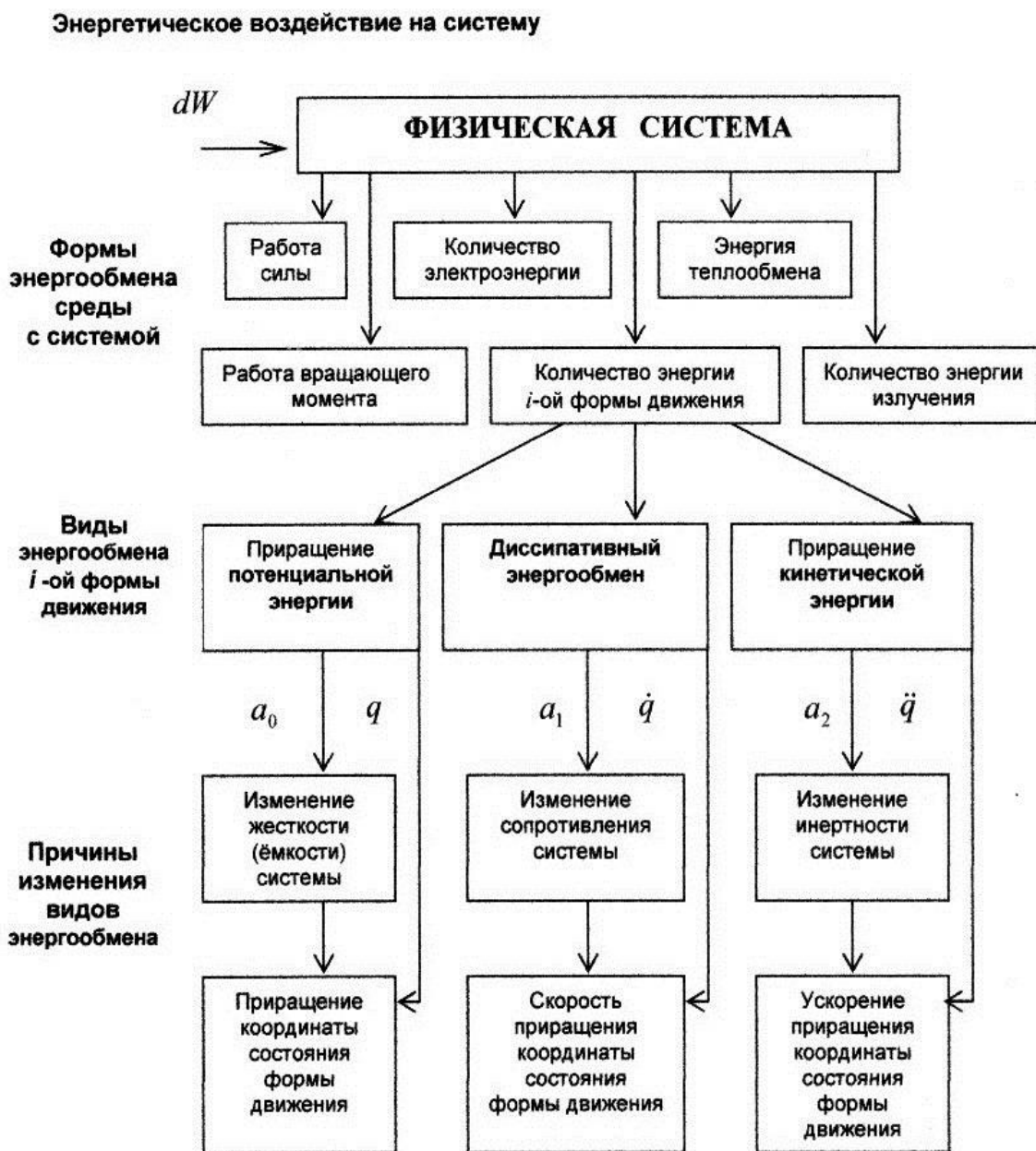


Рис. 2 Классификация форм и видов энергообмена

Такие общепринятые понятия, как работа силы, теплообмен, количество электроэнергии, являются различными формами энергообмена в различных формах движения. Каждой из них соответствуют виды энергообмена внутри одной и той же формы энергообмена (изменение потенциальной и кинетической энергии, диссипативный

энергообмен). Причинами изменения видов энергообмена становятся различные виды противодействий системы (изменения жесткости, сопротивления, инертности). А суммарное противодействие системы, равное и противоположное по знаку энергетическому воздействию dW на систему, состоит из суммы изменений видов противодействий системы.

8. Биологическая форма энергии и спекуляции вокруг нее

К формам энергии, естественно, относятся формы энергии любого вида излучения, в том числе, и так называемая *биоэнергия*. Ей в средствах массовой информации придают какое-то мистическое значение, хотя последнее можно отнести только к желанию неграмотных в физике журналистов придать своим статьям привлекательность и характер сенсации.

Дилетанты в области естественных наук авторитетно рассуждают о хорошей и плохой энергии, о положительной и отрицательной энергии, об энергетике души и об энергетике космоса. При этом они не утруждают себя тем, чтобы точно определить, что они понимают под словами “энергия” и “энергетика”. Автор тщетно пытается найти в многочисленных публикациях на тему “энергетики человека” четкое определение этого понятия, пока ему это не удастся.

В БСЭ имеется определение биоэнергетики, но там недвусмысленно указывается на то, что *“все исследования в области биоэнергетики основываются на единственно научной точке зрения, согласно которой к явлениям жизни полностью применимы законы физики и химии, а к превращениям энергии в организме — основные начала термодинамики”*. Ничего похожего в публикациях об энергетике человека не имеется.

Говорить об энергии в том смысле, хорошая она или плохая, это значит присваивать энергии свойства, в природе отсутствующие. Энергия – это мера движения, говорить о хорошем или плохом движении бессмысленно. Короче говоря, журналисты и разные экстрасенсы играют с термином, который им непонятен. Такое положение оказалось возможным по разным причинам.

Во-первых, энергия связана с человеческой деятельностью, а в таком смысле это слово хорошо знакомо всем людям, и поэтому хорошо воспринимается в средствах массовой информации. Во-вторых, в других областях науки (не в физике) понятие “энергия” пытаются трактовать иначе, чем в физике. Различное понимание одного и того же термина – явление не такое уж и редкое. Потому-то и следует определять тот или иной термин, прежде чем им пользоваться.

В-третьих, жизнь живых существ действительно связана с энергией, особенно с энергией излучения, которое исходит от любых живых существ и в них же извне и входит. На людей влияют энергия магнитного поля Земли, Солнца и других небесных тел, энергия техногенного происхождения и т.д. Но это область биофизики, а не эзотерики. Последняя не дает определения понятию “энергия”, говоря вместо этого о каких-то неопределенных “силах природы”, “карме”, “ауре” и проч.

Воздействие внешнего излучения на человека зависит не только от энергии, но и от частоты излучения. А это еще важнее, так как восприятие излучения носит, как правило, резонансный характер. Энергия воспринимаемого человеком внешнего излучения обычно настолько мала, что она чаще всего пока не фиксируется современными измерительными средствами из-за их относительного высокого порога чувствительности. Но в любом

случае энергия излучения остается характеристикой излучения именно в физическом смысле этого слова, а не в каком-нибудь ином.

Конечно, одни излучения влияют на самочувствие человека положительно, другие – отрицательно. Одно и то же излучение на разных людей может влиять по-разному. Для этого и существуют научные методы исследования, в том числе, и биоэнергетические, ничего общего с магией, колдовством и мистикой не имеющие. Никто не собирается отрицать мудрость древней восточной медицины, но ее достижениям следует давать естественно-научное объяснение, а не пользоваться словесной эквилибристикой.

Литература

1. Чертов А.Г., 1990, Физические величины. – М.: Высшая школа, 336 с.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А., 1990, Справочник по физике. 3-е изд. М.:Наука, Физматгиз, 624 с.
3. Савельев И.В., 2005, Курс общей физики (в 5 книгах). – М.: АСТ: Астрель
4. Эткин В.А., 2008, Энергодинамика (синтез теорий переноса и преобразования энергии). – СПб.: Наука, 409
5. Коган И.Ш., 2007, Систематизация и классификация определений и дополнений к понятию “энергия” – <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/8784.html>
6. Коган И.Ш., 1998, О возможном принципе систематизации физических величин. – “Законодательная и прикладная метрология”, 5, с.с. 30-43.
7. Эткин В.А., 2006, Энергия и анергия. – http://zhurnal.lib.ru/e/etkin_w_a/energijaianergija.shtml
8. Pirnat P., 2005, Physical Analogies. – <http://www.ticalc.org/cgi-bin/zipview?89/basic/science/physanal.zip;physanal.txt>
9. Коган И.Ш., 2009, Систематизация и классификация определений и дополнений к понятию “энергия”. – “Автоматизация и ИТ в энергетике”, 2-3, с.с. 56-63.