

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2021 Issue: 09 Volume: 101

Published: 09.09.2021 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Ulugbek Rakhmatulla ugli Bekpulatov

Navoiy State Pedagogical Institute
Doctor of Philosophy (PhD) Philosophy Sciences,
docent, Republic of Uzbekistan.
bekpulatov.u.@mail.ru

DISSYMMETRIC ANALYSIS OF PHASE TRANSITIONS IN THE AGGREGATE STATE OF A SUBSTANCE

Abstract: The article analyzes the mechanisms of phase transitions of aggregate states of matter based on the principles of symmetry, asymmetry and dissymmetry. The nature of the dissymmetry of internal and external physico-chemical factors that cause changes in aggregate states in the system, the formation of new structures, as well as the philosophical meanings of dissymmetry are revealed.

Key words: thermodynamics, motion, interaction, aggregate states, phase transition, solid, liquid, gas, potential well, symmetry, asymmetry, dissymmetry.

Language: Russian

Citation: Bekpulatov, U. R. (2021). Dissymmetric analysis of phase transitions in the aggregate state of a substance. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 09 (101), 259-263.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-09-101-20> **Doi:** <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.09.101.20>

Scopus ASCC: 1211.

ДИССИМЕТРИЧНЫЙ АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В АГРЕГАТНОМ СОСТОЯНИИ ВЕЩЕСТВА

Аннотация: В статье анализируются механизмы фазовых переходов агрегатных состояний вещества на основе принципов симметрии, асимметрии и диссимметрии. Раскрыта природа диссимметрии внутренних и внешних физико-химических факторов, вызывающих изменение агрегатных состояний в системе, формирование новых структур, а также философские смыслы диссимметрии.

Ключевые слова: термодинамика, движение, взаимодействие, агрегатные состояния, фазовый переход, твердое тело, жидкость, газ, потенциальная яма, симметрия, асимметрия, диссимметрия.

Введение

В одной из своих публикаций М. Борн писал: “Чтобы ответить на ряд вопросов своей науки, физик должен оставить свой собственный предмет. Он должен проследить теоретико-познавательные и философские основания своего метода мышления и попытаться философски обосновать свой разорванный и не наглядный способ мышления, чтобы здравый человеческий ум мог быть удовлетворен” [1, с. 6 – 7].

По своей природе физика в самой основе – глубоко философская наука. Современная физика представляет собой систему теоретических моделей природы, пронизанных онтологическими, эпистемологическими и методологическими

смыслами, осознание которых реализуется в лоне философского знания. Физика – наука о свойствах, движущих силах и движениях материальных тел. Разделы физики: механика (о движении отдельных тел); статическая физика и статическая механика (о движении огромного числа отдельных частиц); термодинамика (о внешних свойствах и проявлениях совокупного действия огромного числа частиц) и др... Они отражает непрерывную борьбу человеческого разума с природой, полную самых неожиданных открытий с которыми люди под действием должны соотносить затем свою деятельность.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
ПИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Действие – это физическая величина, являющаяся одной из основных характеристик движения системы; понятия действие возникло в механике как мера изменения количества движения. Это понятие обобщается на немеханические формы движения, и тогда под действием понимают количественную меру процесса, связанного с преодолением каких-либо сил.

Сила – понятие, относящееся к двум и более объектам. Предметом физики являются материальные взаимодействия; в зависимости от природы сил выделяют механические, электрические, магнитные, химические, ядерные и другие взаимодействия.

Взаимодействия (или силы) являются фундаментальной сущностью и движущей силой развития материального мира, которая определяет всё разнообразие, его структур и проявлений. Взаимодействие любых частиц является собой пример диалектического единства противоположности – между частицами одновременно действует и сила притяжения, и сила отталкивания. Причем эти противоположно направленные силы, вообще говоря, не уравновешивают друг друга; они по-разному зависят от расстояния между частицами, причем так, что на сравнительно далеких расстояниях преобладает сила притяжения, на малых же расстояниях доминирует сила отталкивания.

Обычно говорят не о силах взаимодействия, а о потенциальной энергии взаимодействия частиц. При значительной интенсивности изучаемой системы с внешней средой глубина неравновесности, т. е. градиенты (пространственные и временные) переменных состоянии возрастают настолько, что гипотеза линейности термодинамического описания приводит к неточностям не только количественного, но и качественного характера [2, с.268; 3, с. 1095]. В теориях физических взаимодействий силы рассматриваются как способ установления тех или иных симметрии природы. Понятие симметрии означает неизменность (инвариантность) свойств некоторого объекта по отношению к преобразованиям, выполняемым над этим объектом. В современной физической науке и философии - симметрия приобретает еще большую содержательность при помощи таких принципов, как кооперативное сотрудничество, согласование (координирование), альтернативность, фрактальность. Асимметрия понимается как противоположное всем перечисленным выше свойствам симметрии. Между присутствием симметрии и отсутствием ее, т. е. асимметрии, наблюдается промежуточное явление – диссимметрия – это состояние системы, которую под действием возникающих факторов создаёт новые качественных необратимых изменений

упорядоченные или неупорядоченные структуры [4, с.123-126]. Иначе говоря, симметрия объекта понижается в определенном направлении, индивидуализируя объект, придавая особую геометрию его структуре. Именно в этом смысле по-кратко точку зрения П. Кюри на диссимметрию можно сформулировать так: “диссимметрия творит явление” [5, с.259]. Иными словами диссимметрия всегда связана с кооперативными процессами, с коллективным согласованным поведением частей системы, благодаря которому возникают новые структуры. Как указывает Пригожин, “образ устойчивого мира, избегающего процесса возникновения, вплоть до нашего времени остается идеалом теоретической физики” [6, с.23].

Основная часть

Применение принципа самоорганизации и диссимметризация позволяет построить термодинамическую модель самоорганизующихся систем, во многом лишенную недостатков сложных систем и позволяющих получить ряд довольно интересных результатов. Диссимметризация происходит под воздействием диссимметризирующих факторов, т. е. факторов, нарушающих симметрию [7, с.180-195]. Начальные условия теории очень просты – сложная система должна быть материальной (не идеальной), открытой и неравновесной, чтобы обладать возможностью обмениваться с другими системами ресурсами в виде энергии, информации, вещества. Все эти периоды в полной мере отражаются в процессах симметризации ↔ диссимметризации степенями диссимметрического развития и критической точкой – диссимметрическим равновесием, формирующим новое состояние системы [8]. Диссимметрия, таким образом, выступает в роли и процесса, и его причины, что указывает на универсальный характер данного явления и имеет важное мировоззренческое значение.

Если взять большое количество частиц, тогда попарно взаимодействующих частицы будут стремиться расположиться в устойчивых, симметрических положениях равновесия, на одинаковых расстояниях друг от друга. В пределе можно представить себе совокупность большого числа неподвижных одинаковых частиц, расположенных на одинаковых расстояниях друг от друга. Так представляет себе классическая физика идеальный кристалл при температуре, равной абсолютному нулю: частицы неподвижны. Скачкообразный переход количественных изменений в качественные может быть и кратковременным актом (сжижение газа), и длительным процессом (испарение). Поэтому неправильно считать, что действие этого закона ограничено лишь теми случаями, когда скачки

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

происходят в течении коротких промежутков времени.

Прежде чем раскрывать сам закон перехода количественных изменений в качественные, следует показать, что между объектами (явлениями) имеются существенные (качественные) различия. Так, между различными инерциальными системами отсчета нет никакой принципиальной разницы, они отличаются друг от друга лишь в количественном отношении – у них различны относительные скорости движения. Отличая же инерциальных и неинерциальных систем отсчета (в отличии от инерциальных) не выполняются законы Ньютона.

А, квантовая теория изменила это представление: движение не прекращается и абсолютном нуле, только оно не является тепловым; и при абсолютном нуле частицы кристалла обладают энергией, она называется нулевой энергией. Наличие нулевой энергии вытекает из соотношений неопределенностей Гейзенберга: неопределенность координаты частицы обуславливает неопределенность ее импульса, а с импульсом связана энергия; это и есть нулевая энергия. Система обладает известным количеством энергии, которая при фиксированном нулевом состоянии полностью определяется мгновенным состоянием. Это количество остается постоянным, будет сохраняться, пока система не передает вовне и соответственно не получит извне никаких действие, внутренние же действие изменяют только ее форму, но не величину [9, с.56]. При температурах, отличных от абсолютного нуля, тепловое движение частиц стремится нарушить идеальный порядок, т. е. симметрии. Степень нарушения симметрии (асимметрия) зависит от энергии теплового движения, т. е. от температуры: чем выше температура, тем интенсивнее беспорядочное тепловое движение. При агрегатном превращении жидкость – газ (испарение - конденсация) некоторого вещества симметрия системы сохраняется. При других агрегатных превращениях (твёрдое вещество – жидкость, твёрдое вещество – газ) симметрия системы изменяется.

В сложных системах могут действовать разнообразные силы: массовые, электрические, химические, поверхностного натяжения, упругости и др. Наряду с переносами энергии и вещества могут происходить фазовые превращения [10, с.79]. Кроме этого, фазовые переходы связаны с качественными изменениями макроскопических свойств вещества: плотности, вязкости, теплоёмкости, электропроводности, магнитного момента и т. д. , а также типа кристаллической

структуры и других характеристик. С помощью фазового перехода в системах с сильным взаимодействием частиц реализуется возможность достижения большой или меньшей упорядоченности состояний [11, с. 35].

Наряду с ними глубокий и конструктивный смысл имеют так называемые термодинамические потенциалы взаимодействие – такие параметры, разница которых во внешней среде и системы является движущей силой взаимодействий (ими являются p, T, φ –электрический потенциал, μ –химический потенциал; вследствие изменения этих потенциалов разности давлений, плотностей и температур в среде, концентраций веществ и др.) система совершает соответствующий вид неупорядоченной работы. Каждой форме обмена энергией соответствует свой потенциальная кривая взаимодействие имеющий соответствующий расстоянию r_0 между частицами. Это кривая взаимодействия позволяет понять, каковы количественные условия существования различных агрегатных состояний, или, как говорят, различных фаз: твердой, жидкой и газовой. Таким образом, “выделяется скалярный характер переноса энергии в одной и той же форме. Полная совокупность термодинамический потенциалов позволяет определить все необходимые свойства неоднородной системы произвольного типа” [12, с.81].

Потенциальная энергия U_0 в положении равновесия, или глубина потенциальной ямы, характеризует прочность связи частиц: чтобы частицы освободить от взаимного плена и одну из них удалить бесконечность, необходимо совершить внешнюю работу, по крайней мере равную глубине потенциальной ямы. По этому, величина $|U_0|$ называется энергией связи частиц.

Итак, чем глубже потенциальная яма, тем сильнее упорядочивающий фактор в кристалле. Образуют ли данные частицы при данной температуре кристалл, жидкость или газ - это зависит от соотношения между энергией теплового движения, равной по порядку величины kT (k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура), и энергией связи : $kT \ll |U_0|$, т.е. частицы при достаточно низких температурах образуют твердое тело – кристалл; в другом предельном случае, когда $kT \gg |U_0|$, т. е. при достаточно высоких температурах , совокупность частиц представляет собой газ ; наконец , при условии, что энергия теплового движения примерно равна энергии связи, будучи несколько меньше ее ($kT \leq |U_0|$), частицы образуют жидкость.

Impact Factor:

ISRA (India)	= 6.317	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 1.582	РИИЦ (Russia)	= 3.939	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 9.035	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 7.184	OAJI (USA)	= 0.350

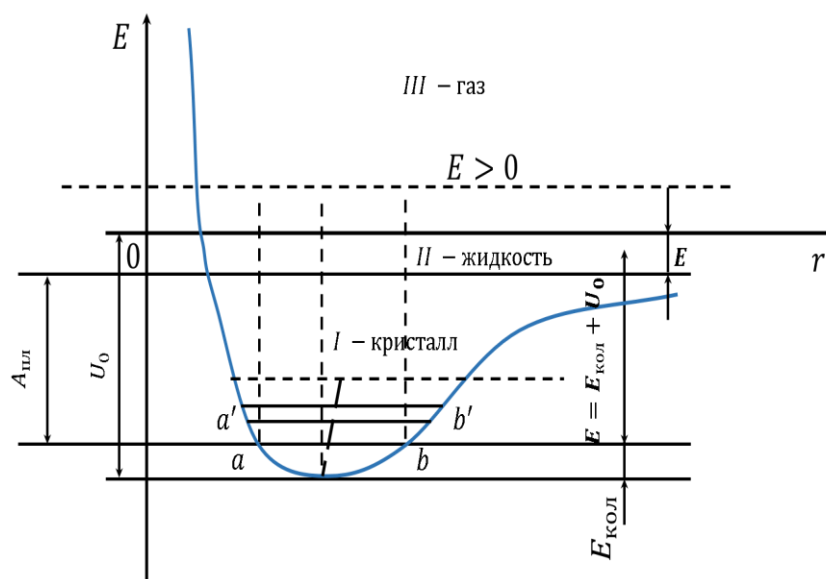


Рис. 1. Энергетические области существования трех фаз вещества.

На этом рисунке наглядно представлены энергетические области существования трех фаз вещества: твердой, т. е. кристаллической (область I), жидкой (область II) и газообразной (область III).

В случае кристалла энергия тепловых колебаний $E_{\text{кол}}$ лишь незначительно поднимает энергию частиц кристалла над дном потенциальной ямы. Частицы совершают колебания между точками a и b кривой, соответствующими постоянной полной энергии колебаний $E_{\text{кол}}$. Колебания – это порождение асимметрии. Этому правилу подчиняются космические, физические и вообще любые явления объективной реальности. Расстояние между частицами изменяется от r_1 до r_2 ; амплитуда колебаний каждой частицы равна $\frac{1}{2}(r_2 - r_1)$.

Для плавления кристалла нужно каждой его частице сообщить энергию $A_{\text{пл}}$, равную теплоте плавления, отнесенную к одной молекуле. Тем самым частицы кристалла будут подняты

энергетически в область существования жидкой фазы (область II на рисунке). Строго говоря, теплота плавления меньше глубины потенциальной ямы. Последняя определяет скорее теплоту испарения (возгонки) кристалла. Жидкое состояние в энергетическом отношении отличается от кристаллического состояния только меньшей величиной энергии связи. Это обуславливает, как уже говорилось, текучесть жидкости.

При агрегатным превращении жидкость – газ (испарение – конденсация) некоторого вещества симметрия системы сохраняется. При других агрегатных превращениях (твёрдое вещество – жидкость, твёрдое вещество – газ) симметрия системы изменяется. В каждой точки на всех пограничных линиях (рис. 2) выполняется условие равенства параметров соответствующих фаз: температур, давлений, химических потенциалов. Пограничные линии, на которых происходит фазовые переходы, заканчивается в точки равновесия всех трёх фаз T_p .

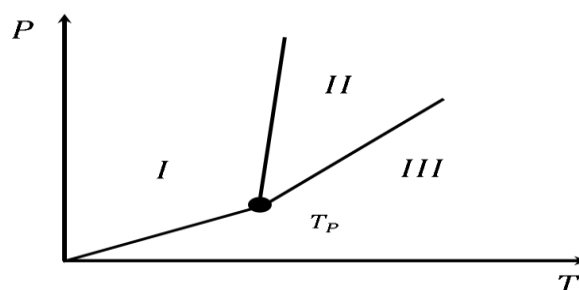


Рис.2. Линии фазовых равновесий:

I – твёрдое вещество, II – жидкость, III – газ, T_p – точка тройного равновесия.

Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317
ISI (Dubai, UAE) = 1.582
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 3.939
ESJI (KZ) = 9.035
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Общем у фазового перехода являются феномен аномального возрастания флуктуаций по мере приближения к точке перехода; скачкообразное изменение симметрии системы; ряд свойств вещества ведет себя качественно одинаково: скачок испытывает теплоёмкость и другие функции состояния, выражающиеся через вторые производные термодинамических потенциалов [13, с.63]. Взаимодействие в системе при фазового перехода носят кооперативный характер. Такие переходы не сопровождаются изменениями агрегатного состояния вещества; их механизм состоит в перегруппировке атомов и молекул в существующих структурах вещества.

Очевидно, симметрии можно рассматривать как сохранение данного качества в процессе количественных изменений, а асимметрии – как изменение качественного состояния в существовании вещи, процесса, явления. Действительность постольку асимметрична, поскольку она разнокачественна, и постольку симметрична, поскольку она однокачественна и характеризуется постепенностью количественных изменений.

Определение совокупности преобразований, сохраняющих без изменения все структурные соотношения объекта, является одним из главных принципов современной физики. В настоящее время теоретико-групповые методы точного выражения симметрии широко используются в математике и естествознании, демонстрируя

высокую эффективности и универсальность: “группы симметрии – это самое важное, что мы сегодня можем узнать о природе”. (С. Вайнберг, Нобелевская премия 1979 г.).

Заключение

В заключение можно сказать, что глубинная общность фазовых переходов состоит в явлении диссимметризации системы. Процесс диссимметризации может быть связано со скачкообразным изменением состояния термодинамической системы (например, переходы твёрдое тело – жидкость – газ), а может происходить при непрерывном изменении состоянии (переходы типа ферромагнетик – парамагнетик). Феноменологическое описание фазовых переходов основано на представлениях симметрии и концепции параметра порядка. И так, принцип симметрии, обобщающий важное свойство физических законов – их инвариантность, сам оказывается в состоянии предсказывать физические законы. Он, таким образом, выступает главенствующим принципом познания, идея симметрии проявляется в качестве метод теоретического группирования, и нарушение симметрии приобретает статус фундаментально-методологического принципа и становится метапринципом не только физики, но и теоретических парадигм всех естественнонаучных знаний.

References:

1. Born, M. (1960). *Phusik und Politik*. Vandenhoeck Ruprecht in cottingen.
2. Gyershanskiy, V.F. (2003). *Nelineyniy podxod a teorii mikromira*. Fraktali i prikladnaya sinergetika. Tr. mejdun. Mejdissiplinarnogo simpoziuma FiPS-03. (p.271). Moscow: Izd-vo MGOU.
3. Sobolev, S.L. (2000). Loalno nyeravnovesnie modeli prosessov pyerenosa. *Uspexi fizicheskix nauk*, T. 167, № 10, p.1106.
4. Safarova, N.O., & Bekpulatov, U.R. (2018). *Simmetriya va asimmetriya (Falsafty-metodologik tahlil)*. Tashkent: “Fan va texnologiya”.
5. Gott, V.S. (1988). *Filosofskie voprosi sovremennoy fiziki*. (p.343). Moscow: 6 Vissh.shk.
6. Prigojin, I.R. (1985). *Ot sushestvuyushogo k vznikayushemu. Vremya i slojnost' v fizicheskix naukax*. Moscow.
7. Uрманsev, Yu.A. (1978). *O prirode pravrg r i levogo (osnovi teorii dissfaktorov)*. Prinsip simmetrii. (p.320). Moscow: Nauka.
8. Golubeva, N.A. (2007). *Filosofskie aspekti dissim-metricheskogo razvitiya real'nix ob'ektov*. Monografiya. (p.266). Kaluga: Izd-vo “Eydos”.
9. Plank, M. (1964). *Prinsip soxraneniya enyergii*. (p.108). Moscow.
10. Gittyerman, M., & Xelpyern, V. (2006). *Fazovie prevrasheniya: kratkoe izlojenie i sovremennie priloeniya*. (p.128). Moscow: - Ijevsk : NIS “Regulyarnaya i xaoticheskaya dinamika”, In-t kompyutyernix issledovaniy.
11. Korolkov, B.P. (2011). *Tyermodinamicheskie osnovi samoorganizasii*: Monografiya. (p.120, p.35). Irkutsk: IrGUPS.
12. Bazarov, I.P. (1991). *Tyermodinamika*. (p.376). Moskva: Visshaya shkola.
13. Arnold, V.I. (1990). *Teoriya katastrof*. (p.128). Moscow: Nauka.