STATISTICAL THERMODYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS (THERMODYNAMICS OF INFORMATIONAL INTERACTION)

Y.M. Gorovoy

Yaroslavl State Technical University, «Modifikator» Ltd.

«Вопрос о границах применимости классической термодинамики может быть не только поставлен, но и решен путем построения статистической теории допустимых с точки зрения динамической теории микромоделей и исследования возможных отклонений от законов классической термодинамики, получающихся в данной статистической теории. Таким путем может быть поставлена и решена проблема построения некоторой <u>неравновесной неаддитивной термодинамической теории</u>, в которой классическая термодинамика должна получаться лишь как некоторый предельный частный случай при осуществлении определенных ограничений. (Я.П. Терлецкий Статистическая физика)

Axioms of thermodynamics

- Simple systems
- 1. Axiom of additivity
- 2. Axiom of equilibrium

- Complex systems
- 1. Axiom of non-additivity
- 2. Axiom of metastubility and multystationarity

- Simple system
- $\varepsilon c = \varepsilon 1 + \varepsilon 2$
- $p1 = \frac{\partial}{\partial} \frac{\varepsilon 1}{p1}$ $p1 = - \frac{\partial}{\partial} \frac{\varepsilon 1}{q1}$
- $Pc = P1 \cdot P2$; $Dc = D1 \cdot D2$

$$D2 \sum \left(\frac{\partial}{\partial} \frac{D1}{p1} \dot{p}1 + \frac{\partial}{\partial} \frac{D1}{q1} \dot{q}1 \right) + D1 \sum \left(\frac{\partial}{\partial} \frac{D2}{p2} \dot{p}2 + \frac{\partial}{\partial} \frac{D2}{q2} \dot{q}2 \right) = 0$$

- Complex system
- $\varepsilon c = \varepsilon 1 + \varepsilon 2 + \varepsilon вз$
- $q1 = \frac{\partial}{\partial} \frac{\varepsilon 1}{p1} + \frac{\partial}{\partial} \frac{\varepsilon вз(1,2)}{p1}$; $p1 = - \frac{\partial}{\partial} \frac{\varepsilon 1}{q1} - \frac{\partial}{\partial} \frac{\varepsilon вз(1,2)}{q1}$
- $Pc = P1 \cdot P2 \; i(1,2)$; $Dc = D1 \cdot D2 \; i(1,2)$
- $i(1,2)D2 \sum \left(\frac{\partial}{\partial} \frac{D1}{p1} \dot{p}1 + \frac{\partial}{\partial} \frac{D1}{q1} \dot{q}1 \right) + i(1,2)D1 \sum \left(\frac{\partial}{\partial} \frac{D2}{p2} \dot{p}2 + \frac{\partial}{\partial} \frac{D2}{q2} \dot{q}2 \right) +$
- $+ D1\, D2 \left[\sum \left(\frac{\partial}{\partial} \frac{i(1,2)}{p1} \dot{p}1 + \frac{\partial}{\partial} \frac{i(1,2)}{q1} \dot{q}1 \right) + \sum \left(\frac{\partial}{\partial} \frac{i(1,2)}{p2} \dot{p}2 + \frac{\partial}{\partial} \frac{i(1,2)}{q2} \dot{q}2 \right) \right] = 0$
- $Dc = D1 \cdot D2 \cdot i(1,2) = const(t)$

$\Gamma c = \Gamma 1 \cdot \Gamma 2 \cdot i(1,2) = const(t)$ $i(1,2) = \frac{P(1/2)}{P1}$

Gibbs microcanonical distribution

For simple system

$$wc = (1/\Omega c)\delta[Ec - Hc(Xc, a)] = (1/\Omega 1\, \Omega 2)\, \delta[E1 - H1(X1, a)]\ \delta[E2 - H2(X2, a)]$$

$$\Omega 1 = \int_{X1} \delta[E1 - H1(X1, a)]\, dX1;$$

$$\Omega 2 = \int_{XC} \delta[E2 - H2(X2, a)]\, dX2;$$

$$\Omega c = \int_{X2} \delta[Ec - Hc(Xc, a)]\, dXc$$

For complex system

$$wc = (1/\Omega c)\, \delta[(E1 + E2 + E_{вз}) - (H1(X1,a) + H2(X2,a) + H_{вз}(X1,X2,a)]$$

The fundamental thermodynamic equation

$$\mathrm{Ln}\,\Gamma_c = \mathrm{Ln}\,\Gamma 1 + \mathrm{Ln}\,\Gamma 2 + Ic(1,2); \qquad Ic(1,2) = \mathrm{Ln}\, i(1,2).$$

$$Sc = S1 + S2 + I(1,2) \qquad I(1,2) = k\ \overline{\ln Ic(1,2)}$$

$$d\ln\Gamma c = d\ln\Gamma 1 + d\ln\Gamma 2 + d\,I(1,2) = \frac{\partial \ln \Gamma 1}{\partial E1}\left(dE1 - \frac{\partial H1}{\partial a}da\right) + \frac{\partial \ln \Gamma 2}{\partial E2}\left(dE1 - \frac{\partial H1}{\partial a}da\right) +$$
$$+ \frac{\partial I(1,2)}{\partial E\text{вз}}\left(d\,E\text{вз} - \frac{\partial H\text{вз}}{\partial a}da\right)$$

$$d\,Sc = d\,S1 + d\,S2 + d\,I(1,2) = \frac{1}{T1}\left(dE1 - \frac{\partial H1}{\partial a}da\right) + \frac{1}{T2}\left(dE2 - \frac{\partial H2}{\partial a}da\right) +$$
$$+ \frac{1}{Tu}\left(dE\text{вз} - \frac{\partial H\text{вз}}{\partial a}da\right); \qquad T_1 = T_2 = T_\text{н}$$

$$\frac{\partial I(1,2)}{\partial E\text{вз}} = \frac{1}{Tu}\ ; \quad S = k\ln\Gamma; \quad \frac{1}{T\text{н}} = k\,\frac{\partial \ln \Gamma\text{н}}{\partial E\text{н}}$$

$$d\,Sc = d\,S_\text{н} + d\,I(1,2)\text{ср.} = \left(dE_\text{н} - \frac{\partial H\text{н}}{\partial a}da\right) + \frac{1}{Tu}\left(dE\text{вз} - \frac{\partial H\text{вз}}{\partial a}da\right)$$

$$d\,I(1,2)\text{ср.} = \frac{1}{Tu}\left(dE\text{вз} - \frac{\partial H\text{вз}}{\partial a}da\right)$$

- Information recipience
- Ви = Ти $\frac{\partial I(1{,}2)}{\partial Tи}$ = $\frac{\partial Eвз}{\partial Tи}$
- Evolution criterion
- $\frac{\partial xPs}{\partial t} \leq 0$
- $\frac{\partial xPsн}{\partial t} + \frac{\partial xPi}{\partial t} \leq 0$

Literature

1. Труды международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» //
2. Терлецкий Я.П. Статистическая физика. М., 1994
3. Гиббс Дж. В. Основные принципы статистической механики. М., 1946
4. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. М., 1973
5. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. М., 1982

6 Ландау Л.Д., Статистическая физика. М., 2005

7 Кадомцев Б.Б. Динамика и информация. М., 1997

8 Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М., 1975

9 Горовой Ю.М., Дьячкова С.И. Статистическая термодинамика сложных систем. Ярославль, 2007

10 Олемской А.И. Синергетика сложных систем: феноменология и статистическая теория. М., 2009

11 Особенности биологического действия спектральных составляющих сверхслабых излучений вьюна в раннем онтогенезе. А.Б. Бурлаков, А.А. Медведева, О.В.Бурлакова, Ю.И.Малахов, В.А.Голиченков. Сб. избранных трудов IV Конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» // С-Пб. 2006

12 Возможность изменения индивидуального биологического времени слабыми электромагнитными излучениями. А.Б. Бурлаков, О.В.Бурлакова, В.А.Голченков. Сб. избранных трудов V Конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» // С-Пб. 2009

Thank you for attention