104. Что такое диссипативные структуры?
105. Что изучает синергетика?
106. Опишите модель брюсселятора.
107. Что такое термодинамическая ветвь?
108. Перечислите основные свойства систем, в которых возможны явления самоорганизации и возникновения структур.

Как мы знаем, любая система стремится придти к положению равновесия. Если мы возьмём тело с неравномерным распределением температуры, то рано или поздно во всех точках установится одна и та же температура. Если мы возьмём колбу с химическими реакциями, то рано или поздно концентрации веществ перестанут меняться во времени.

Или всё же есть исключения? Есть!
Вы наверняка слышали на уроках химии про реакцию Белоусова-Жаботинского – колебательную химическую реакцию! С тех пор было предложено много матмоделей на эту тему. Одной из них является так называемый брюсселятор (математики, его придумавшие, жили в Брюсселе, отсюда и название).

Пусть на отрезке оси абсцисс от 0 до L находятся молекулы двух веществ. Их концентрации будем описывать как X(x, t) и Y(x, t).
Эти молекулы диффундируют, а также участвуют в химических реакциях,.

$$\begin{cases} X_t = A - (B+1)X + X^2Y + \overline{\overline{D}}_1 X_{xx}; \\ Y_t = BX - X^2Y + \overline{\overline{D}}_2 Y_{xx}, \quad 0 < x < L, \ t > 0; \\ X(x,0) = X_0(x), \quad Y(x,0) = Y_0(x), \quad 0 \leqslant x \leqslant L; \\ X_x(0,t) = X_x(L,t) = 0, \quad Y_x(0,t) = Y_x(L,t) = 0, \quad t \geqslant 0. \end{cases}$$

Первые два уравнения – дифуры, третья строчка – НУ, четвёртая – ГУ. A, B, D1, D2 – константы.

Боголюбов сказал, что для ответа на вопрос «что такое брюсселятор» мы должны написать именно ту систему из 4 уравнений (пруф: https://www.youtube.com/watch?v=7alIO144Dng&list=PLcsjsqLLSfNCH9MtnmhIewIAFWmF6Yzex&index=14 , 33:33), так что мы ответили на
106. Опишите модель брюсселятора.

Если вы посмотрите на систему дифуров, то слагаемые D_1X_{xx} и D_2Y_{xx} отвечают за диффузию (производная концетрации по времени

пропорциональна второй производной по координате). Остальные слагаемые в дифурах вызваны химическими реакциями.

Итак, что будет с системой спустя некоторое время?

Оказывается, что если B мало (меньше $B_c=B_{critical}$), то система рано или поздно станет стабильной и однородной. Можно даже найти положение равновесия. Для этого надо всего-то занулить в системе дифуров все производные ☺

$$\begin{cases} A-(B+1)X+X^2Y=0; \\ BX-X^2Y=0. \end{cases}$$

Единственное решение имеет вид:

$$X=A, \quad Y=\frac{B}{A}.$$

Тогда, какие не были бы НУ $X_0(x),\ Y_0(x)$, если $B<B_c$, мы придём к вечной стабильности: $X(x,t)=A, \quad Y(x,t)=\frac{B}{A}.$

Этот режим называется ***термодинамической ветвью***.

107. Что такое термодинамическая ветвь? Почему термодинамической? Потому что здесь работают законы термодинамики: рано или поздно все переходные процессы закончатся, и всё станет однородно.

Но если $B>B_c$, то будут существовать другие устойчивые решения с неоднородным распределение молекул по отрезку! Как тебе такое, Илон Маск?

Эта ситуация называется уже ***диссипативной структурой.***

104. Что такое диссипативные структуры?

Диссипативная структура – это стабильное состояние системы, не подчиняющееся законам термодинамики, неоднородное! За счёт чего такое возможно? Да за счёт того, что система открытая. В дифурах «зашито» то, что часть молекул удаляется из системы, а часть, наоборот, задувается в систему. Необходимое условие существования диссипативных структур (т.е. опровержения термодинамики с её однородностью-стабильностью) – взаимодействие системы с внешним системным миром.

Примером такой диссипативной структуры является человек. Он не очень подчиняется законам термодинамики, ведь верно? А всё потому, что он вдыхает молекулы, выдыхает молекулы, попутно жрёт, а в туалете потом…

(ну вы поняли). Он – открытая система! Но у него тоже есть B_c. Если человека мы заморозим до 100 Кельвинов, то он очень быстро начнёт подчиняться законам термодинамики, перейдя в термодинамическую ветвь ☺

Так что открытость – одно из требований. Другим является нелинейность дифуров.

Вот мы и ответили на

108. Перечислите основные свойства систем, в которых возможны явления самоорганизации и возникновения структур.

Боголюбов отвечает также, но более сложным языком:

1) Система является термодинамически открытой, то есть в ней возможен обмен энергией, веществом и т.д. с окружающей средой.

2) Макроскопические процессы происходят согласованно (кооперативно, когерентно). В рассмотренном нами случае такое согласование обеспечивают диффузионные процессы.

3) Отклонения от равновесия превышают критическое значение то есть рассматриваются состояния, лежащие вне термодинамической ветви.

4) Процессы рассматриваются в таком диапазоне параметров, когда для описания этих процессов необходимы нелинейные математические модели.

1) – открытость

2) – не знаю

3) – B_C велико

4) – дифуры нелинейны.

Осталось ответить на

105. Что изучает синергетика?

Слово прикольное, созвучное с названием одной из главных шараг.

Синергетика изучает процессы образования структур в сложных самоорганизующихся системах.

Т.е. синергетика изучает, какие же прикольные диссипативные структуры возникают при выполнении всех условий выше.