

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

Физический факультет

Кафедра общей и молекулярной физики

Термодинамика нелинейных биологических процессов. Переход к хаосу

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Екатеринбург

2008

Глава 1 .

1. Каковы основные недостатки термодинамики неравновесных процессов, основанной на принципе локального неравновесия, в котором термодинамические потенциалы зависят от параметра неравновесности ?
2. Сформулируйте принцип Ле-Шателье в применении к нестационарным состояниям.
3. Какое движение по теореме Ляпунова может быть асимптотически устойчивым?
4. Какой малый объем будет являться локально-равновесным?
5. Какой физический смысл содержит в себе уравнение (1.9)?
6. Каковы основные особенности определения устойчивости эволюции по Ляпунову?
7. Каково условие диссипативности для открытых систем?
8. В чем состоит принципиальное отличие стационарных и равновесных состояний открытой термодинамической системы?
9. Какой физический смысл несет в себе диссипативная функция (1.22)?
10. В чем состоит основная особенность нелинейных открытых систем?
11. Является ли уменьшение энтропии в открытых системах процессом, устойчивым по Ляпунову?
12. Выполняется ли второй закон термодинамики для системы с инверсной заселенностью уровней?
13. Выполняется ли теорема Пригожина для системы с инверсной заселенностью уровней?
14. С чем связано неравновесное значение свободной энергии в уравнение (1.29) для системы с инверсной заселенностью уровней?

Глава 2

1. Запишите уравнение Ландау-Халатникова для разности плотности фазы.
2. В чем проявляется роль быстрых и медленных переменных и зачем необходимо такое разделение переменных ?
3. Каким уравнением характеризуется катастрофа сборки в описании неравновесных нелинейных процессов в открытых системах?
4. Сформулируйте теорему, которая описывает временную эволюцию в нелинейной термодинамической системе при заданных постоянных граничных условиях.
5. Как определяется локальная или глобальная устойчивость текущего состояния системы?
6. Расскажите, как вводятся вырожденные точки для катастрофы сборки и запишите уравнение сепаратрисы.
7. Запишите релаксационное уравнение. Что оно означает?
8. Как выражается восприимчивость для равновесного состояния системы, описываемого уравнением $x^3 + ax + b = 0$, или $f_e = f_i + ax + x^3$? Что она характеризует?
9. Какой функцией описывается нелинейная термодинамическая система, если в ней имеются флуктуации?
10. Сформулируйте теорему, которая описывает, как связаны метод Тома определения устойчивости состояний со вторым методом Ляпунова. Сформулируйте ее следствие.
11. Как задается коэффициент эффективности энергетических/энтропийных превращений для линейных процессов? Чем определяется его величина?

Глава 3.

1. Определите главные задачи термодинамики процессов переноса.
2. В каких условиях процесс переноса тепла можно описывать классическими уравнениями параболического типа с источниками вещества? Какими эффектами пренебрегают при таком описании?

3. Является ли производство энтропии знакоопределенной функцией в приближении локального равновесия с учетом принципа пространственной локальности? Сформулируйте теорему Пригожина для диффузионных необратимых процессов.
4. Какие эффекты не учитываются в уравнении Максвелла-Катанео для диссипативного потока тепла релаксационного типа? Для каких процессов справедливо это уравнение?
5. Какие характерные скорости можно определить в случае одностадийной релаксации диссипативных потоков к своим локально-равновесным значениям?
6. Каковы характерные особенности процессов распространения концентрационных и тепловых возмущений в а) газах, б) расплавах металлов?
7. Приведите примеры систем, в которых реализуется последовательная релаксация различных потоков к своим локально-равновесным значениям.
8. Как определяется скорость изменения энтропии в случае локально-неравновесных систем? Запишите уравнение возмущенного движения для таких систем.
9. Как связаны между собой параболическое и гиперболическое уравнения диффузии? Запишите явный вид функции притока-оттока в обоих случаях. Какой закон сохранения позволяет получить эту формулу?
10. Сформулируйте теорему Пригожина общем виде. Проиллюстрируйте поведение σ_i .

Глава 4.

1. Дайте определение гомофазных и гетерофазных флуктуаций.
2. Каковы основные характеристики хаотических движений в нелинейной динамике?
3. Дайте определение детерминированного хаоса.

4. Приведите примеры последействия. В каких задачах оно встречается? В чем его причина?
5. Что характеризует параметр порядка $\eta(\tau)$ при движении по странному аттрактору?
6. Перечислите хаотические свойства модельных уравнений с последействием.
7. В чем особенность систем с последействием (что для них определяют динамические законы)?
8. В чем особенность поведения фазового объема при движении диссипативных систем?
9. Что подразумевает хаос в детерминированных системах?
10. Какие системы называются системами с перемешиванием? В чем их особенность?
11. Каким значениям показателя Ляпунова λ соответствует устойчивый режим, а каким – хаотический?
12. Каков физический смысл термодинамической энтропии S и энтропии Колмогорова K_0 ?
13. Что показывает бифуркационная диаграмма? В чем ее особенность?
14. Каким значениям энтропии Колмогорова K_0 соответствуют области безфлуктуационного нелинейного режима, хаотического режима и режима с независимыми во времени флуктуациями?

Глава 5.

1. Какие модели используются для описания проводимости ионного канала в рамках детерминированного хаоса без ланжевеновского источника шума?
2. Чем обусловлено наличие у каналов подсостояний проводимости?
3. Что характеризует отношение τ/T_0 в модели Эйринга?
4. Чему соответствуют управляющие параметра a^* и b^* ?

5. Что характеризует показатель Херста? Чему соответствуют значения $H > 0,5$ и $H < 0,5$, в чём особенность процесса при $H = 0,5$?
6. Как фрактальная размерность связана с величиной показателя Херста?
7. В чем заключается особенность модели Эйринга?
8. Как ведет себя система при приближении к критической точке ($a^* \rightarrow 0$, $E^* \rightarrow 1$, $\tau_0 \rightarrow \infty$)?
9. Какие 2 типа флуктуаций испытывает структура белка?
10. Что такое конформный потенциал?
11. Что можно определить из бифуркационной диаграммы?
12. Чему соответствует ситуация, когда показатель $\lambda \rightarrow \infty$?

Глава 6.

1. К чему приводят нелинейные колебания миозиновой системы с диссипацией?
2. Что представляет собой мышечное волокно?
3. Из чего образованы нити саркомеров?
4. Какие проблемы возникают при моделировании сокращений саркомера?
5. Какой тип зависимости, между силой и длиной саркомера, постулируется в теории Хаксли?
6. Какой вид имеет коэффициент упругости одномерной деформации для нелинейных процессов?
7. Почему в реальном саркомере пульсации параметра порядка не являются независимыми во времени?
8. Что такое странный аттрактор?
9. Когда построение бифуркационных диаграмм затруднено?
10. Что необходимо знать для нахождения пульсаций температуры?

Глава 7.

1. Чем можно объяснить возникновение дискретности и переходов между уровнями проводимости?
2. Какие существуют модели проводимости одиночного ионного канала в рамках детерминированного хаоса без ланжевеновского источника шума?
3. Запишите уравнение, описывающее модель внешнего гармонического воздействия.
4. Запишите уравнение, описывающее модель «перескоков».
5. От чего зависят управляющие параметры a^* и b^* и что им соответствуют?
6. О чем позволяют судить знак и величина показателя Ляпунова?
7. Что такое время “жизни” детерминированной фазовой траектории?
8. Чем определяется энтропия Колмогорова (метрическая энтропия), ее отличительная особенность?
9. Как связано время жизни фазовой траектории с метрической энтропией?
10. Что такое карта динамических режимов?
11. Запишите уравнение для стационарной ($t \rightarrow 0$) и вероятностной функции распределения.
12. Роль «дрейфа» и «диффузии» в функции распределения.
13. Чем можно объяснить спад спектров пульсаций тока на высоких частотах (10^2 – 10^3) в двойных логарифмических координатах?
14. Что характеризует показатель Херста?
15. Как связана фрактальная размерность с показателем Херста?

Глава 8.

1. В чем суть метода электромиографии? Как использовался метод ЭМГ в данной работе?
2. Что является основной измеряемой характеристикой согласованности работы мышц? Объяснить достоинства метода оценки.

3. С чем связано хаотическое поведение естественного возбуждения? Как определяется “расстояние” между двумя расчетными соседними траекториями?
4. Связь времени забывания с энтропией Колмогорова? Как ведет себя энтропия Колмогорова?
5. Что оценивает показатель Ляпунова? Почему вычисляют только наибольший показатель Ляпунова?
6. Какие процессы описывает рис.7.7 ? С чем может быть связан резкий скачок динамического поведения сокращения мышц при ходьбе для патологии?
7. Какие диапазоны выделены на рис. 7.8 и каким значениям λ они соответствуют? Чем обусловлено возрастание показателя Ляпунова?
8. Имеет ли место периодическое движение при $K_0' \rightarrow \infty$?
9. Объяснить отличие фазового портрета «патологии» от «нормы». О чем говорят определенные значения $\Delta\delta_n$?
10. Какую информацию дают нам псевдофазовые портреты?
11. Как рассчитать энергетическую потенциальную функцию, которая несет в себе информацию о нелинейности процессов в мышечных волокнах? Объяснить графики для потенциальной функции для «нормы» и «патологии».