

ТЕРМОДИНАМИКА

Кафедра нормальной физиологии

Доцент Зобенко В.Я.

Термодинамика

Термодинамика рассматривает физические системы, между которыми возможен обмен энергии, не принимая во внимание микроскопического строения тел, составляющих систему.

Различают термодинамику **равновесных систем** (равновесная термодинамика), и термодинамику **неравновесных систем**, в которой рассматривают биологические системы.

Термодинамическая система

Термодинамической системой называют макроскопическое тело, отделенное от окружающей среды математической поверхностью и способное обмениваться с внешней средой веществом и энергией. По характеру обмена с внешней средой выделяют следующие виды систем: изолированная, закрытая и открытая.

1. Если система с внешней средой не обменивается ни веществом, ни энергией она называется **изолированной**.
Изолированная система - это модель.
2. Если термодинамическая система обменивается с внешней средой только энергией, то такая система называется **закрытой**.
3. При наличии обмена с внешней средой и энергией и веществом говорят об **открытой системе**. Биологические объекты, как правило, открытые термодинамические системы

Термодинамическое равновесие

Состояние системы определяется совокупностью макроскопических физических величин (параметров), которые можно измерить. К ним относятся: давление P , объем V , температура T , плотность и др.

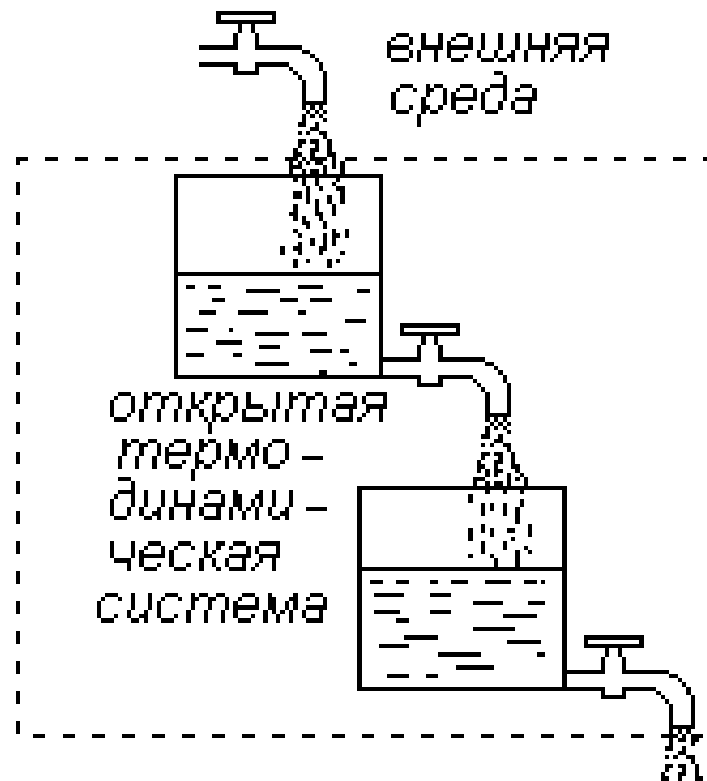
Состояние может быть равновесным (**термодинамическое равновесие**), в которое изолированная система приходит через достаточно большой промежуток времени.

Стационарное состояние

В состоянии равновесия параметры системы не меняются со временем. Если параметры открытой системы не изменяются с течением времени, то состояние системы называется **стационарным**. Уравнение, связывающее параметры в состоянии термодинамического равновесия, называют термическим уравнением состояния.

$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

Модель стационарного состояния



Термодинамический процесс

Термодинамическим процессом называют переход системы из одного равновесного состояния в другое в результате ее взаимодействия с внешними телами. Всякий процесс идет с нарушением равновесия, однако если параметры системы изменяются медленно, то процесс можно считать состоящим из следующих один за другим равновесных состояний. Такой **процесс** называют **равновесным**

Внутренняя энергия

Внутренняя энергия U есть суммарная кинетическая и потенциальная энергия взаимодействия всех частиц системы:

$$U = \sum_i^N (E_{ki} + E_{ni})$$

где E_{ki} - кинетическая энергия i -й частицы системы,
 E_{ni} - потенциальная энергия i -й частицы системы,
 N - число частиц.

Изменение внутренней энергии

Изменение внутренней энергии системы (замкнутой) может происходить двумя способами: **путем совершения работы A** и в процессе **теплообмена** (или **теплопередачи**). Если работа является мерой изменения энергии, в том числе и внутренней, то мерой изменения только внутренней энергии при теплообмене вводится величина, называемая **количеством теплоты Q** .

Первое начало термодинамики

Закон сохранения энергии для тепловых процессов формулируется как **первое начало термодинамики**. Изменение внутренней энергии системы равно сумме работы совершения системой над внешней средой (-) или над системой (+) и количества теплоты, переданное среде (-) или полученное системой (+):

$$\Delta U = Q + A$$

Направленность процессов

Изменение состояния системы, помимо изменения количественных параметров, характеризуется **направленностью**.

Обратимым называют такой процесс, который может протекать в прямом и обратном направлениях, причем так, что система возвращается в исходное состояние.

Необратимые процессы могут протекать самопроизвольно только в одном направлении.

Второе начало термодинамики

Теплота и работа являются неравноценными формами передачи энергии. Совершая работу, мы можем непосредственно увеличить энергию системы в любой ее форме.

Теплота же непосредственно может быть использована только для нагревания, т.е. для повышения внутренней энергии системы.

Обратный процесс самопроизвольного перехода внутренней энергии, например, в механическую или электрическую энергию невозможен.

Энтропия

Второй закон термодинамики можно выразить через одну из функций состояния системы - энтропию.

Энтропия S есть мера необратимого рассеяния энергии. Энтропию в дифференциальной форме выражают как бесконечно малое приведенное количество теплоты:

$$dS = dQ/T$$

Для обратимых процессов энтропия остается постоянной, а для необратимых процессов энтропия возрастает, т.е. $\Delta S \geq 0$.

Поэтому второе начало можно сформулировать так: **в изолированных системах энтропия не может уменьшаться ни при каких процессах, достигая максимума в равновесном состоянии системы**

Термометрия

Область прикладной физики, в которой изучаются методы измерения температуры и связанные с этим вопросы, называют **термометрией**

температурные шкалы:

шкала Цельсия,

шкала Кельвина,

шкала Фаренгейта,

шкала Реомюра.

По шкале **Цельсия** 0°C соответствует таянию льда, а 100°C - кипению воды.

По шкале **Кельвина** 273°K соответствует таянию льда, а 373°K - кипению воды.

По шкале **Фаренгейта** 32°F соответствует таянию льда, а 212°F - кипению воды.

По шкале **Реомюра** 0°R соответствует таянию льда, а 80°R - кипению воды.

Превращение энергии в живом организме

Живой организм есть открытая термодинамическая система, в которой происходит обмен с окружающей средой энергией и веществом.

Живой организм употребляет пищу, дышит, излучает и поглощает энергию внешней среды.

Непрерывный обмен энергией между организмом и внешней средой возможен при наличии в организме источников тепла

Уравнение энергетического баланса живого организма

В применении к живому организму закон сохранения энергии может быть сформулирован так:

количество теплоты Q , освобождающееся в организме при усвоении пищи, затрачивается на компенсацию потери теплоты Q_{π} в окружающую среду и на совершаемую организмом работу A , т.е.:

$$Q = Q_{\pi} + A$$

Закон Гесса

Термический эффект (**энергетический выход**) химической реакции зависит только от состояния исходного вещества и конечных продуктов.

Если начальные и конечные продукты реакции в двух химических процессах одинаковы, то тепловой эффект этих процессов будет один и тот же, даже если бы они шли через разные промежуточные стадии

Калориметрия

метод **прямой калориметрии**, в котором сравнивают теплосодержание продуктов питания, потребленных живым организмом за время эксперимента, с теплом, выделенным организмом (при дыхании, непосредственно, при испарении, с продуктами метаболизма и т.п.).

метод **непрямой калориметрии**, в котором тепловыделение в организме определяют через количество потребленного кислорода или количество выделенного углекислого газа

Энергия в организме

Энергия, образующаяся при окислении продуктов питания, выделяется в виде теплоты, которую условно подразделяют на **первичную** (основную) и **вторичную** (активную).

Первичная теплота выделяется сразу же после окисления и не зависит от того, совершает ли организм работу или нет. Эта теплота идет на нагревание организма и рассеивается в окружающем пространстве.

Часть энергии, полученной при окислении продуктов питания, накапливается в макроэргических связях, из которых организм черпает энергию на все основные процессы жизнедеятельности

Макроэргические связи

Макроэргические связи - это химические связи, обладающие большой (макро-) энергией (эргон- работа). При необходимости совершения работы связи разрываются, выделяется дополнительная энергия, которая после совершения работы также превращается в теплоту (вторичную теплоту).

Основная часть вторичной теплоты образуется в результате мышечной деятельности. Одновременно с любой работой происходит выделение некоторого количества первичной теплоты

Теплопродукция

удельную теплопродукция, равна количеству теплоты, выделяемой единицей массы организма в единицу времени:

$$q = Q/(Mt)$$

где q - удельная теплопродукция, Q - количество теплоты, M - масса организма, t - время

Терморегуляция

Существует четыре механизма,
определяющих тепловое равновесие в
организме. К ним относят

теплопроводность,

конвекция,

излучение,

испарение

Изменение энтропии

Представим изменение энтропии (ΔS) биологической системы в виде суммы двух слагаемых:

$$\Delta S = \Delta S_i + \Delta S_e$$

где ΔS_i - изменение энтропии, обусловленное необратимыми процессами в системе,

ΔS_e - изменение энтропии, вызванное взаимодействием системы с внешними телами (потоки, проходящие через систему).

Величина ΔS_i всегда больше нуля, так как характеризует необратимые процессы внутри организма.

Величина ΔS_e может принимать любые значения, положительные, нулевые, отрицательные.

Изменение энтропии

Если $\Delta S_e > 0$, то входящий поток увеличивает энтропию организма, т.е. происходит распад сложных молекул на простые, клетки разрушаются, жизнь прекращается (зеленый лист в кипящей воде).

Если $\Delta S_e = 0$, то общее S будет также больше нуля, что рано или поздно приведет к прекращению жизни организма.

Если $\Delta S_e < 0$ и по абсолютной величине больше, чем S_i , то общее $\Delta S < 0$, что означает усложнение организации системы, создание более сложных молекул, образование клеток, рост тканей и т.п.

Изменение энтропии

Для биосистем присуще понятие **потока энтропии**.

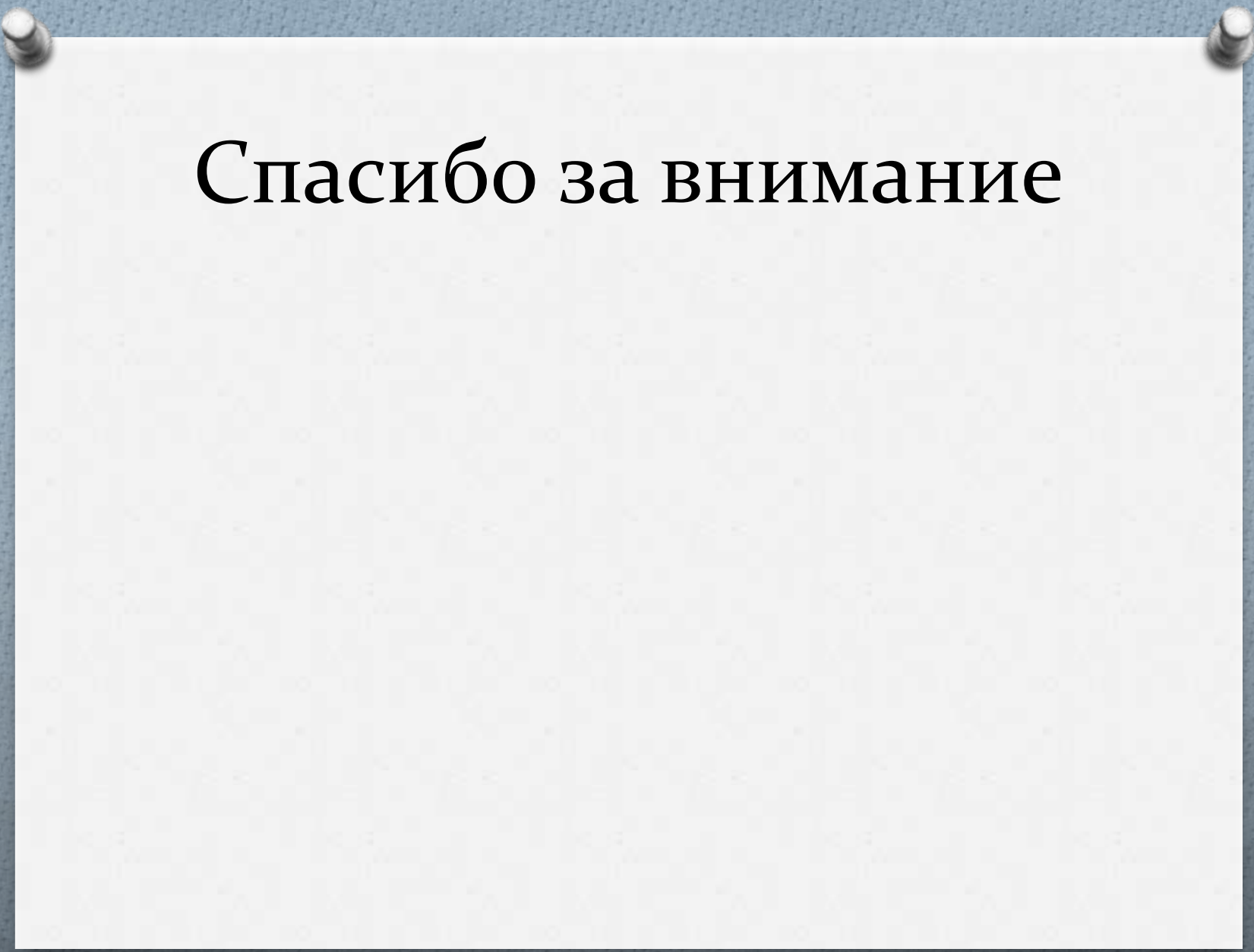
Положительная энтропия есть мера превращения упорядоченной формы движения в неупорядоченную.

Отрицательная энтропия является мерой превращения рассеянной, беспорядочной формы движения материи в упорядоченную форму.

Неравенство $\Delta S < 0$ определяет отток из организма положительной энтропии или приток извне отрицательной энтропии, что является условием существования и усложнения живых организмов

Изменение энтропии

- Для растущей биосистемы изменение энтропии $\Delta S < 0$
- Для взрослой биосистемы изменение энтропии $\Delta S = 0$
- Для не живой системы изменение энтропии $\Delta S > 0$



Спасибо за внимание