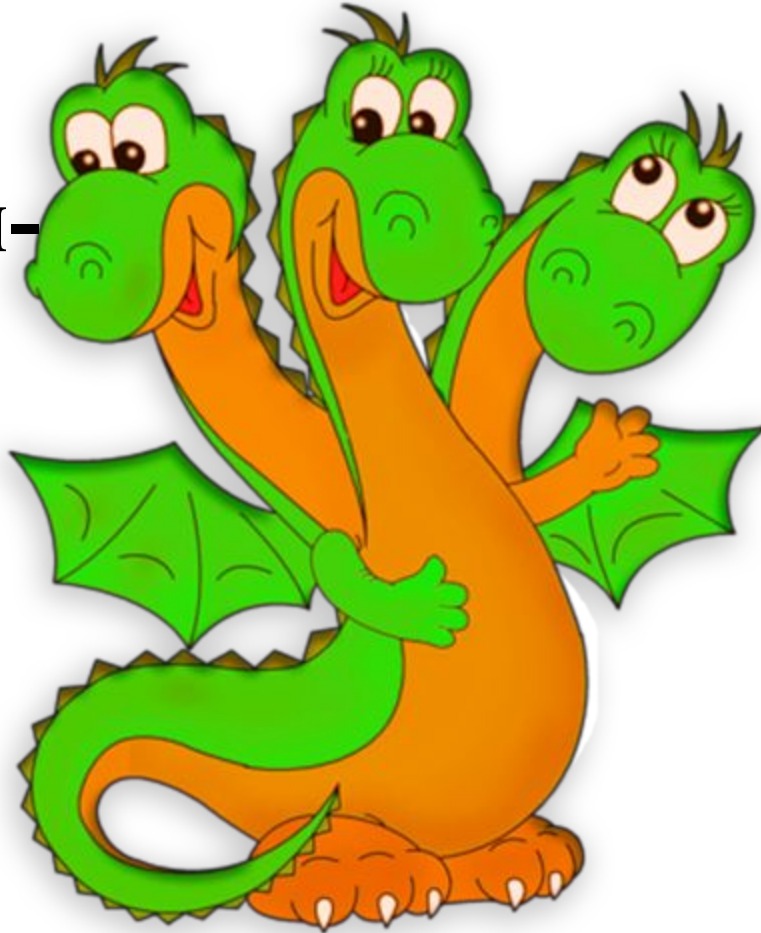


# Общая химия

- раздел химической науки,  
изучающий основные  
законы, описывающие  
химические процессы,  
протекающие в живой и  
неживой природе.

# Семинары -12

Лекции-  
9



Самостоятель-  
ная работа

# **Химическая термодинамика**

**раздел химии, изучающий  
взаимные превращения  
энергии, теплоты и работы  
в термодинамических  
системах разных типов.**

# Лекция 1

## Первый закон термодинамики. Термохимия

# **П Л А Н**

**1.1 Основные понятия**

**химической**

**термодинамики**

**1.2 Первый закон**

**термодинамики**

**1.3 Термохимия**

# 1.1 ЭНЕРГИЯ –

способность совершать

работу (кДж, ккал)

$$1 \text{ ккал} = 4,184 \text{ кДж}$$

# Виды энергии

- **Потенциальная** -  
**энергия взаимодействия**
- **Кинетическая** -  
**энергия движения**

# По видам совершаемых работ различают:

- **ХИМИЧЕСКУЮ,**
- **ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ,**
- **СВЕТОВУЮ,**



**По видам совершаемых работ  
различают:**

- механическую,**
  - звуковую,**
  - поверхностную,**
- и др. виды энергии**

**Работа (A) – это способ превращения одного вида энергии в другой ее вид.**

**Различают: (а) работу расширения газа  $= p \Delta V$ ,**  
где  $p$  - давление,  
 $\Delta V$  – изменение объема,  
**(б) полезную работу  $A'$**

**Важнейшими видами  
полезной работы  
в организме являются:**

**1) механическая  
работа – выполняется  
при сокращении  
мышц;**

**2) осмотическая работа  
почек и  
цитоплазматических  
мембран по переносу  
веществ против  
градиента  
концентраций,**

**3) электрическая  
работа нервной  
ткани и мозга по  
переносу  
заряженных  
частиц.**

**ТЕПЛОТА (Q) –**

**перенос энергии между**

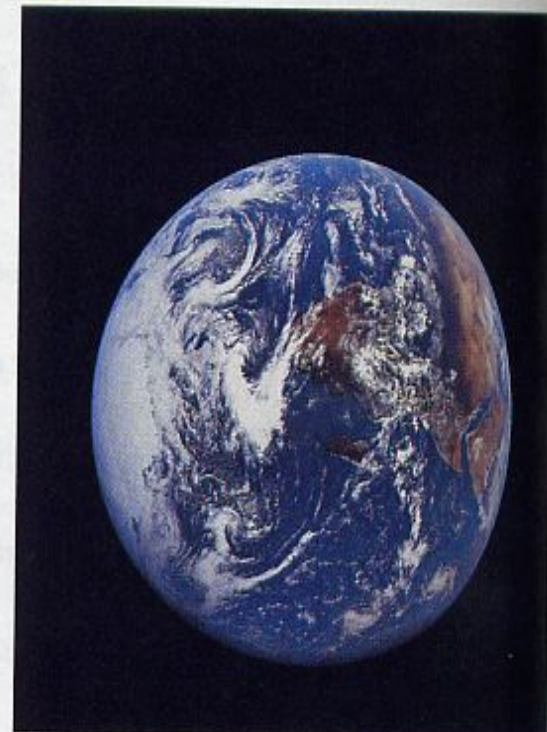
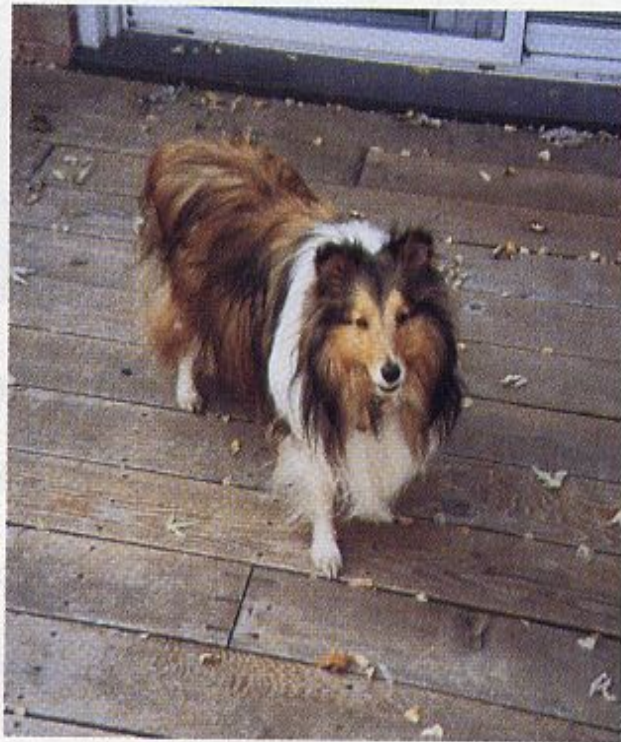
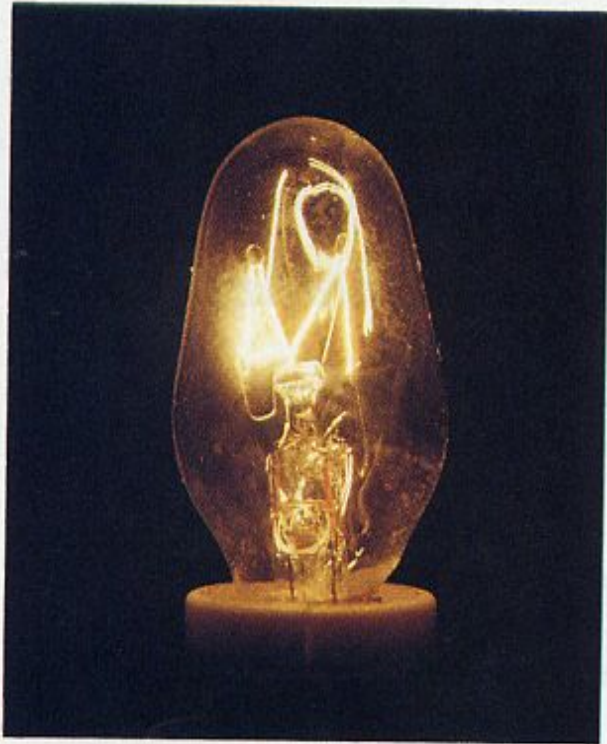
**двумя телами,**

**имеющими разные**

**температуры.**

# **ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА**

**– это тело или группа тел, отделенных от окружающей среды термодинамической оболочкой, которая может быть реальной физической или абстрактной математической.**





# **ОТКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ**

**обмениваются с  
окружающей средой и  
веществом, и энергией  
(живая клетка, человек  
и др. биосистемы);**

**За 40 лет человек  
потребляет ~40 т  
воды, 12 млн. л  
кислорода,**



**10 тысяч плиток  
шоколада и проливает  
69 литров слез.**

# **ЗАКРЫТЫЕ СИСТЕМЫ**

**обмениваются с  
окружающей средой  
только энергией;  
обмен веществом  
отсутствует  
(запаянная ампула)**



# **ИЗОЛИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ**

**не обмениваются с окружающей средой ни веществом, ни энергией. Они не существуют в природе и являются удобными упрощенными моделями реальных процессов.**

# Термодинамическое описание системы включает:

- набор термодинамических параметров:

$T, p, V, v, m,$

изменение которых  
свидетельствует о протекании  
термодинамических процессов;

● набор термодинамических функций,  
описывающих  
способность  
системы совершать  
работу.

# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

**Функции  
состояния**

**Их изменения зависят  
от начального и  
конечного состояния  
системы и не зависят  
от числа  
промежуточных  
стадий процесса**

**Функции  
процесса**

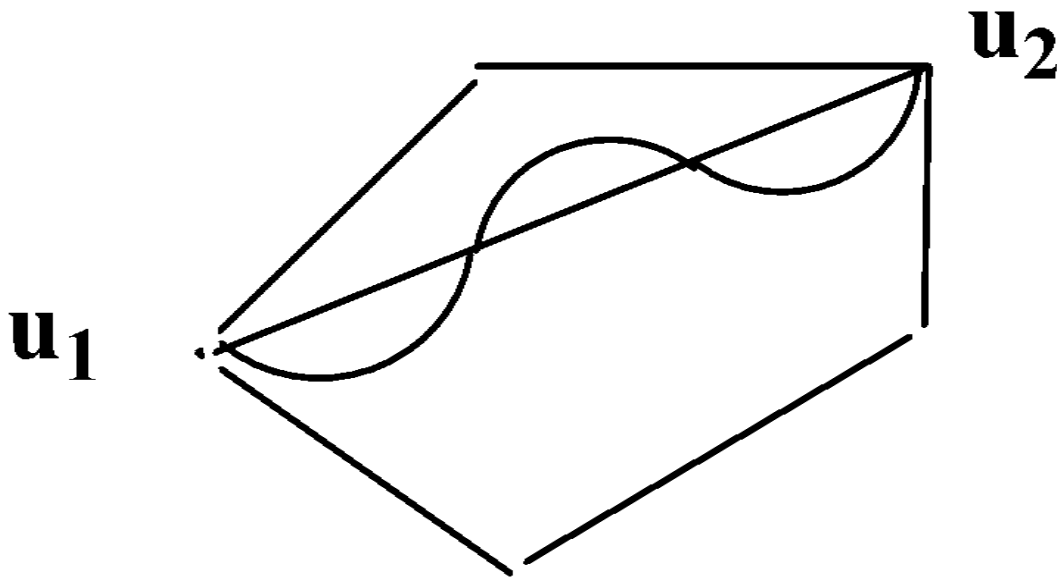
**Их величина  
зависит от числа  
промежуточных  
стадий**

**A и Q**

**Примером функции состояния**  
**является внутренняя**  
**энергия системы (U) –**  
**это совокупность**  
**потенциальной и**  
**кинетической энергии всех**  
**структурных единиц**  
**системы.**



$$\Delta U = U_2 - U_1$$



## **1.2 Первый закон термодинамики является выражением всеобщего закона сохранения энергии:**

**энергия не создается и не  
разрушается, она  
превращается из одного вида  
в другой или переходит из  
одной системы в другую.**

**В организме человека  
превращение одного  
вида энергии в другой  
сопровождается  
совершением работы:**



**Химическая энергия пищи**

**↓  
работа мышц**

**Механическая энергия**



**Химическая энергия**



**работа**

**нервной ткани**

**Электрическая энергия**



**Звуковая энергия**



**Работа  
внутреннего  
уха**

**Электрическая энергия**



**Световая энергия**



**Работа  
сетчатки  
глаза**

**Электрическая энергия**

**Первый закон термодинамики  
не имеет доказательств, но  
является результатом опыта,  
накопленного человечеством.**

**Ярким доказательством его  
справедливости служит  
невозможность создания **вечного  
двигателя первого рода.****

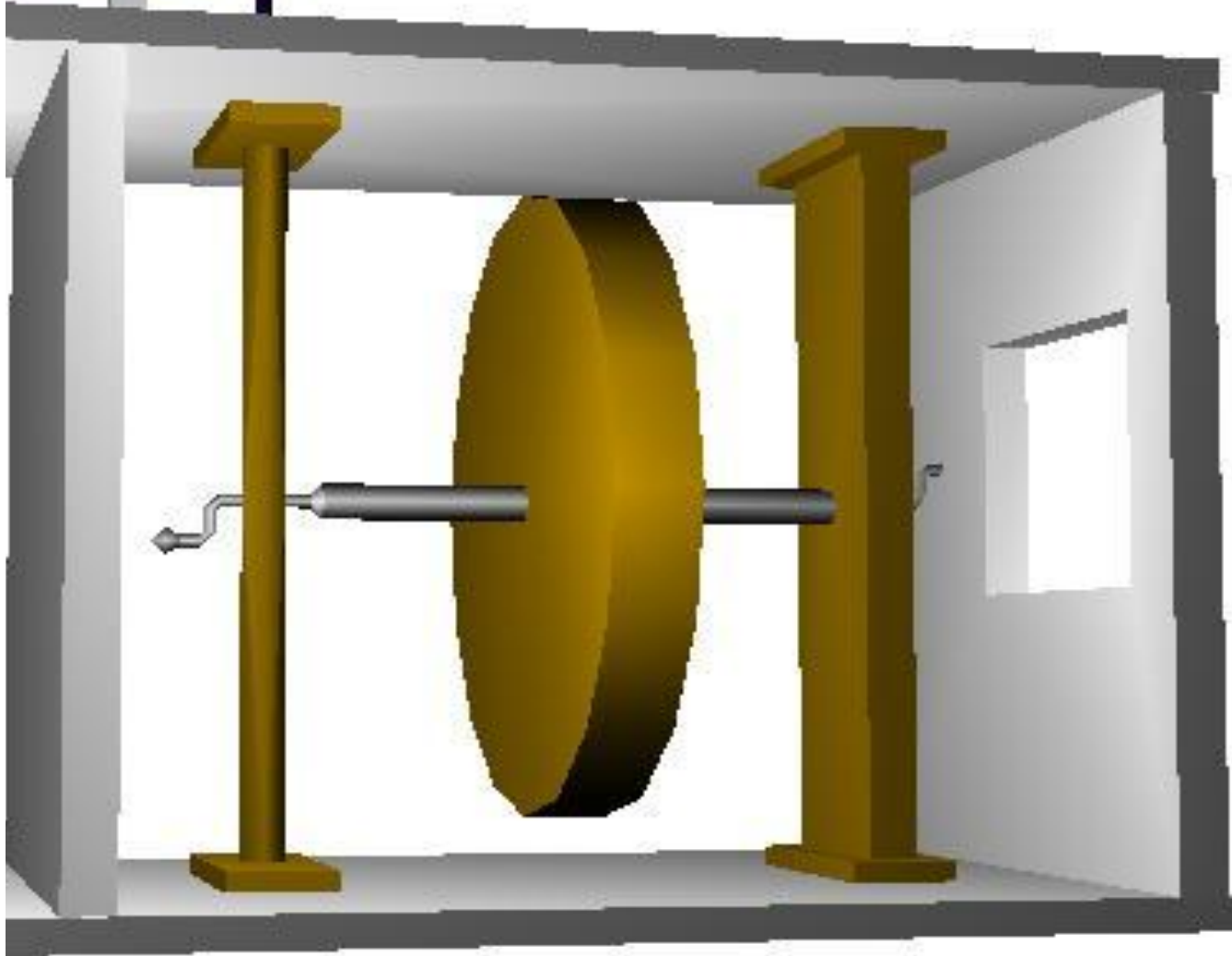
# **Вечный двигатель первого рода**

**– ЭТО машина,  
совершающая работу без  
поглощения энергии из  
окружающей среды**

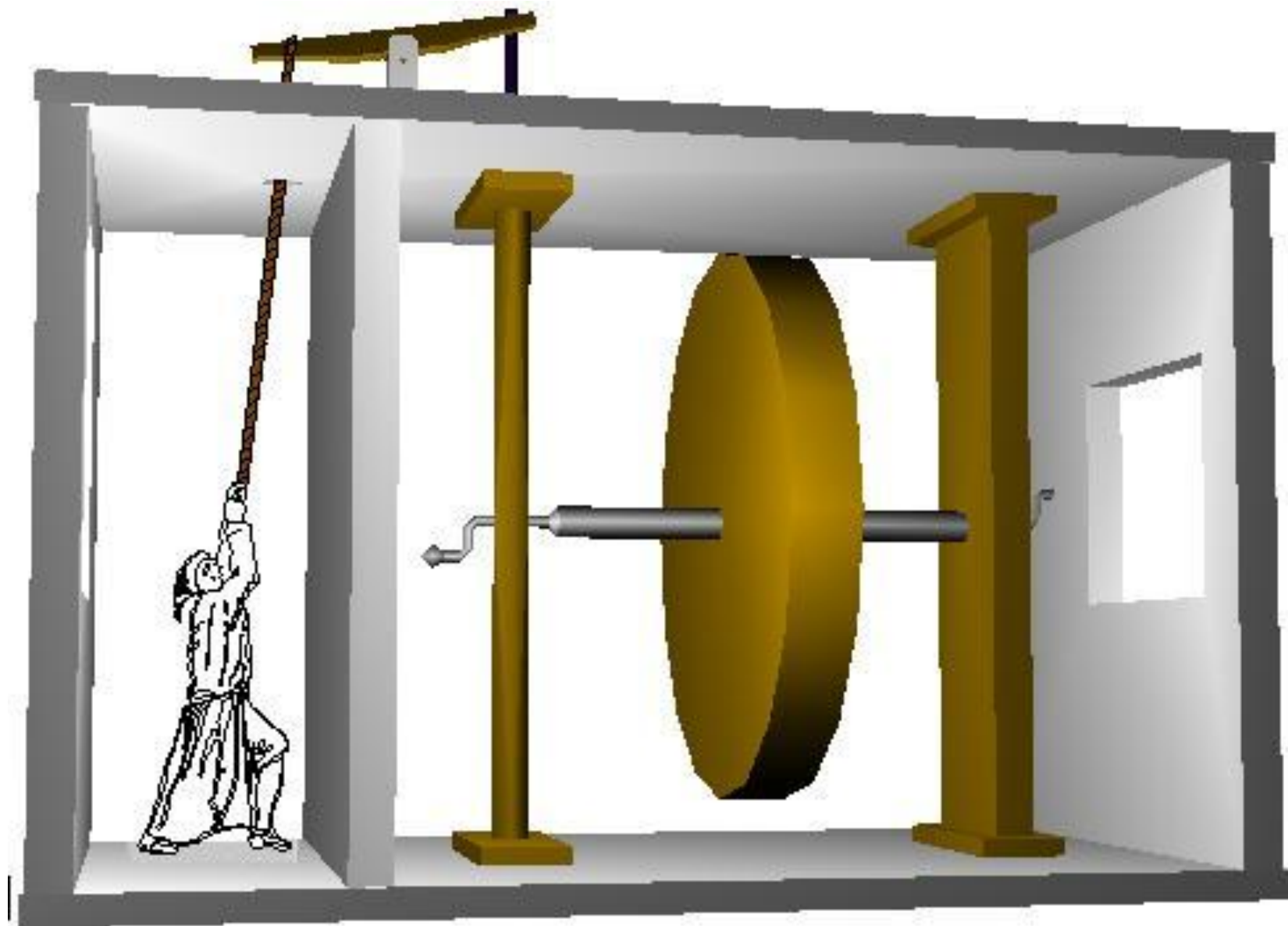


# **Первые проекты вечного двигателя появились в 13 веке**

**В 1775 году Парижская  
Академия Наук приняла  
решения не рассматривать  
заявки на патентование вечного  
двигателя из-за очевидной  
невозможности их создания.**



**Вечный двигатель Иоганна Эрнста  
Элиаса Беслера (1680-1745)**



**Математическое выражение первого  
закона термодинамики для различных  
типов систем:**

**1. Внутренняя энергия  
изолированной системы  
постоянна:**

$$U = \text{const}, \quad \Delta U = 0$$

**2. Теплота, подводимая к  
закрытой системе,  
расходуется на увеличение ее  
внутренней энергии и на  
совершение работы:**

$$Q = \Delta U + A$$

**ИЛИ**

$$Q = \Delta U + A' + p\Delta V$$

**Для изобарного процесса  
( $p = \text{const}$ ), при условии  $\Delta' = 0$**

$$Q = \Delta U + p\Delta V = (U_2 - U_1) + p(V_2 - V_1) = \\ = (U_2 + pV_2) - (U_1 + pV_1)$$

$$U + pV = H,$$

**где  $H$  – термодинамическая функция  
состояния, называемая **энтальпией**  
**или теплосодержанием системы****

**Соответственно**

$$Q_p = H_2 - H_1 = \Delta H,$$

**где  $\Delta H$  – тепловой эффект изобарного процесса**

**для экзотермического процесса  $\Delta H < 0$ ,**

**для эндотермического процесса  $\Delta H > 0$**

**3. Внутренняя энергия открытой системы возрастает как при ее нагревании, так и при увеличении количества вещества в ней:**

$$\Delta U = Q \pm \mu \Delta \nu - A,$$

**где  $\mu$  – коэффициент пропорциональности, называемый **химическим потенциалом**,  $\Delta \nu$  – изменение количества вещества, моль**



# 1.3 Термохимия –

раздел химической термодинамики,  
изучающий тепловые эффекты  
химических реакций.

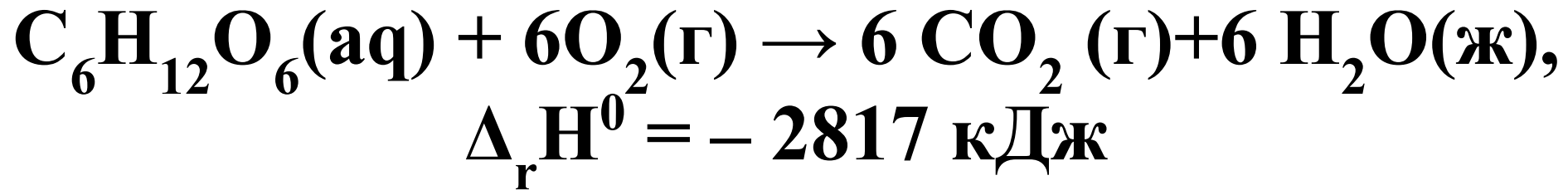
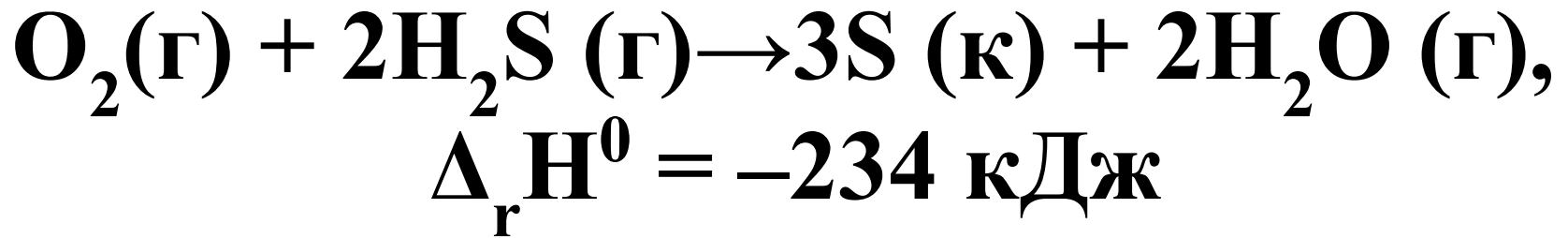
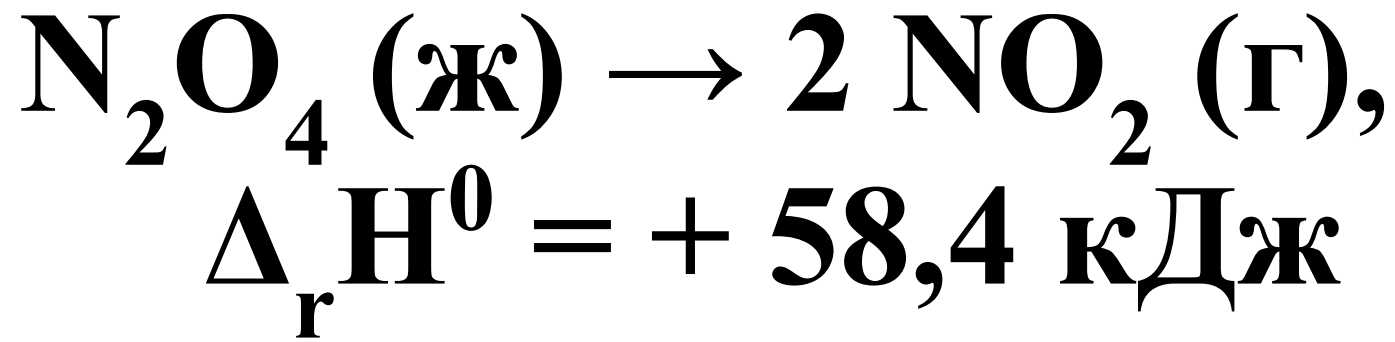
Тепловые эффекты (теплота)  
химической реакции обозначается  $\Delta_r H$   
и выражаются в кДж или ккал.

$\Delta_r H^0_{298}$  – это стандартная  
теплота реакции

т.е. теплота, измеренная  
при стандартных  
условиях:  $T = 298 \text{ K}$ ,

$p = 101,3 \text{ кПа}$ ,  $C_M$   
 $= 1 \text{ моль/л}$ ,  $pH = 7$ .

**Уравнения химических  
реакций, в которых указаны  
тепловые эффекты и  
агрегатное состояние  
веществ называются  
термохимическими  
уравнениями.**



**Центральным  
законом  
термохимии  
является закон,  
сформулированный  
в 1840 г.  
профессором  
Санкт-  
Петербургского  
университета  
Гессом**



**Герман Гесс  
(1802 - 1850)**

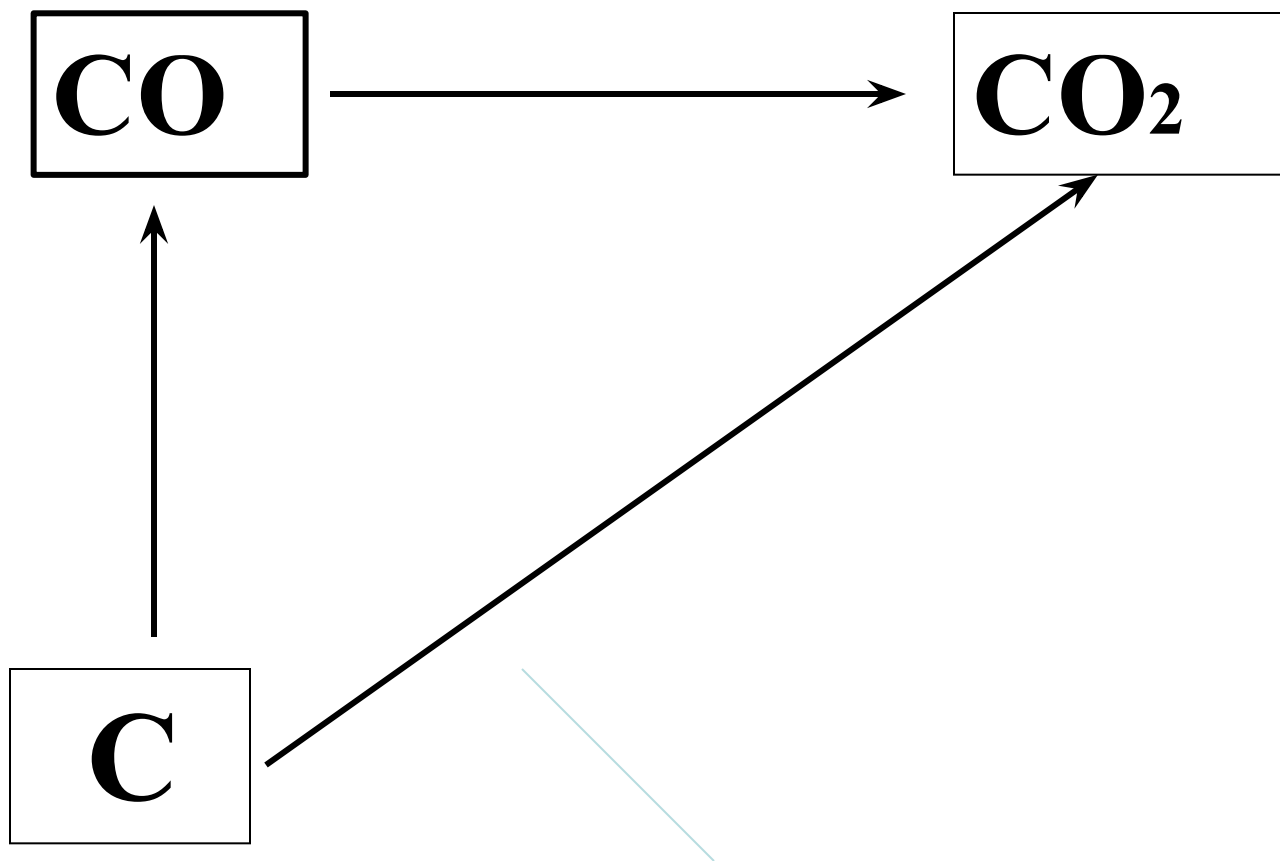
# **Закон Гесса (1840)**

**Тепловой эффект химической реакции, протекающей при постоянном давлении или объеме, зависит от состояния исходных веществ и продуктов реакции и не зависит от числа промежуточных стадий процесса.**

**Закон Гесса есть следствие первого закона термодинамики. Поскольку **энтальпия** является функцией состояния, то ее изменение определяется лишь энергетическим состоянием реагентов и продуктов:**

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

$$\Delta H = H(\text{CO}_2) - H(\text{C})$$





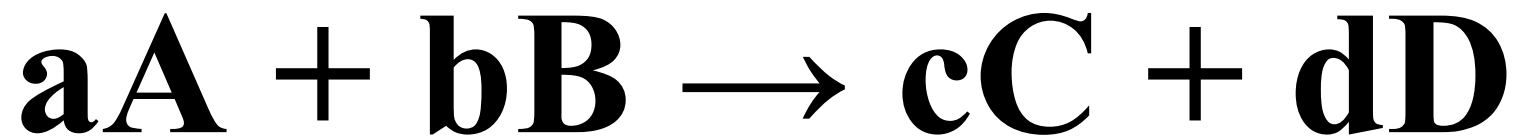
# Следствия из закона Гесса:

1. Расчет теплового эффекта реакции по теплотам образования индивидуальных веществ.

$\Delta_f H$  – теплота образования (кДж/моль) – это тепловой эффект образования одного моль сложного вещества из простых веществ.

**Стандартные теплоты  
образования простых  
веществ в их наиболее  
устойчивых формах  
равны нулю.**

**Для условной химической  
реакции:**



$$\Delta_r H = c \Delta_f H(C) + d \Delta_f H(D) - a \Delta_f H(A) - \\ - b \Delta_f H(B)$$

## 2. Расчет теплового эффекта химической реакции по теплотам сгорания индивидуальных веществ.

$\Delta_{\text{сг}} H$  – теплота сгорания  
– тепловой эффект окисления  
одного моль вещества в чистом  
кислороде до высших оксидов.

**Для условной реакции:**

$$\Delta_{\text{r}}\text{H} = a \Delta_{\text{сг}}\text{H}(\text{A}) +$$
$$+ b \Delta_{\text{сг}}\text{H}(\text{B}) - c \Delta_{\text{сг}}\text{H}(\text{C}) -$$
$$- d \Delta_{\text{сг}}\text{H}(\text{D})$$

**Термохимия является основой диетологии, науки о рациональном питании.**

**Приведенные теплоты сгорания (кДж/г или ккал/г) пищевых продуктов характеризуют их энергетическую ценность.**

# Калорийность важнейших компонентов пищи

**Жиры** ~ 9 ккал/г

**Белки** ~ 4 ккал/г

**Углеводы** ~ 4 ккал/г

**Таблица 1 Химический состав и калорийность  
некоторых пищевых продуктов**

Название продукта	Содержание, %				Калорий- ность кДж/кг
	белки	жиры	углеводы	H <sub>2</sub> O	
<b>Хлеб ржаной</b>	<b>6,3</b>	<b>1,3</b>	<b>46,1</b>	<b>43,9</b>	<b>9500</b>
<b>Макаронные изделия</b>	<b>11,0</b>	<b>0,9</b>	<b>74,2</b>	<b>13,6</b>	<b>14980</b>
<b>Сахар</b>	–	–	<b>99,9</b>	<b>0,1</b>	<b>17150</b>
<b>Масло сливочное</b>	<b>0,5</b>	<b>83,0</b>	<b>0,5</b>	<b>16,0</b>	<b>32470</b>
<b>Говядина</b>	<b>18</b>	<b>10,5</b>	–	<b>71,3</b>	<b>7150</b>
<b>Картофель</b>	<b>2,0</b>	–	<b>21,0</b>	<b>76</b>	<b>3930</b>
<b>Яблоки</b>	<b>0,4</b>	–	<b>11,3</b>	<b>87</b>	<b>2130</b>



# Суточная потребность человека в энергии зависит от мышечной нагрузки и составляет:

- при легкой мышечной работе – **2500 ккал**,
- при умеренной и напряженной мышечной работе (студенты, врачи и др.) – **3500 ккал**,
- при тяжелом физическом труде (литейщики, каменщики и др.) – **4500 ккал**,
- при особо тяжелом физическом труде (спортсмены) – **7000 ккал**.

**Энергозатраты организма  
возрастают при различных  
заболеваниях. Например,  
при ревматоидном артрите  
энергетическая прибавка на  
болезнь составляет ~10 %.**

**Мозг человека, как во  
время сна, так и в  
период напряженной  
творческой  
деятельности,  
стабильно окисляет 5-6г  
ГЛЮКОЗЫ.**

**Увеличение калорийности пищи  
при одновременном снижении  
мышечной активности являются  
главными причинами ожирения.**

**Ожирение –  
неинфекционная эпидемия  
21 века.**

По данным ВОЗ в мире  
зарегистрировано **300 млн.**

**больных ожирением. В  
развитых странах число  
страдающих от ожирения  
составляет **30 %** от общего  
числа населения**





$$\text{Индекс массы тела} = \frac{\text{Масса (кг)}}{\text{Рост}^2 \text{ (м)}}$$

**Если ИМТ > 30**



**имеет место ожирение**



**Ожирение повышает  
риск сердечно-  
сосудистых  
заболеваний,  
диабета и рака.**

**Благодарим**

**за**

**внимание!!!**