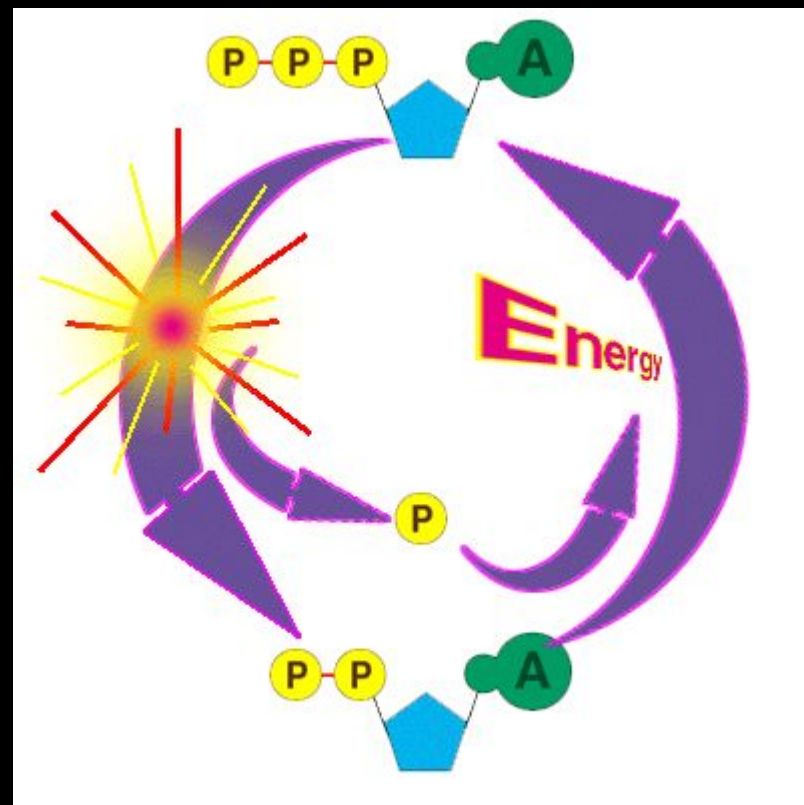


# Физиология обмена веществ и энергии



«Обмен энергии и веществ составляют суть жизни.»  
И.М. Сеченов.

**Цель лекции:**

**Выяснить основные механизмы энергетического обмена организма**

**Мотивация:**

**Знание материала этой темы необходимо для формирования клинического мышления, понимания роли обменных процессов в энергообеспечении организма**

## План лекции:

1. Основы обмена веществ и энергетического баланса организма
2. Этапы освобождения свободной энергии
3. Энергетический баланс
4. Методы оценки энергообразования
5. Дыхательный коэффициент
6. Основной обмен
7. Рабочая прибавка
8. Регуляция обмена веществ

## **ВЕХИ ИСТОРИИ**

1775—1785 — А. Лавуазье (A. Lavoisier, Франция) выяснил роль кислорода в процессах дыхания. Вместе с П. Лапласом (P. Laplace) разработал метод прямой калориметрии.

1845—1847 — Г. Гельмгольц (H. Helmholtz, Германия) обосновал закон сохранения энергии и приложил его к процессу теплообразования в мышце.

1852 — Ф. Биддер (Россия) исследовал общий баланс питательных веществ и интенсивность обмена.

1869 — Р. Клаузиус (R. Clausius, Германия) ввел понятие «энтропия».

1880 — Н. И. Лунин (Россия) впервые заявил, что в молоке, помимо жиров, белков и углеводов, должны содержаться некие вещества, необходимые для жизни.

1881 — П. Бертло (P. Berthelot, Франция) изобрел калориметр для определения энергетической ценности пищевых продуктов («бомба Бертло»).

1892—1893 — В. В. Пашутин и А. А. Лихачев (Россия) создали калориметр для человека.

1894 — М. Рубнер (M. Rubner, Германия) сравнил результаты прямой и алиментарной калориметрии.

1895 — М. Рубнер, а также Ч. Дуглас и Дж. Холдейн (Ch. Douglas, J. Haldane, Великобритания) создали метод непрямой калориметрии.

1904—1915 — Ф. Бенедикт (F. Benedict, США) построил большой калориметр для определения энерготрат при физических нагрузках. Создал таблицы для определения должных значений основного обмена человека в зависимости от пола, возраста, веса и роста.

1912 — К. Функ (K. Funk, Польша) выделил из рисовых отрубей вещество, излечивающее от заболевания бери—бери, и назвал его «витамином»; ввел термин «авитаминоз».

1922 — А. Хилл (A. Hill, Великобритания) — Нобелевская премия за описание скрытого теплообразования в мышцах. О. Мейергоф (O. Meyerhof, Германия) — за открытие законов регуляции поглощения кислорода мышцей и образования в ней молочной кислоты.

1929 — Х. Эйкман (Ch. Eijkman, Нидерланды) и Ф. Хопкинс (F. Hopkins, Великобритания) Нобелевская премия за открытие витаминов.

1935 — М. Н. Шатерников (СССР) начал разработку физиологических норм питания для различных профессиональных и возрастных групп населения.

1937 — А. Сент—Дьердьи фон Нагираполт.(A. Szent—Gyorgyi v. Nagyrapolt, Венгрия) — Нобелевская премия за исследование функции витамина С.

1943 — Х. Дам (H. Dam, Дания) и Э. Дойзи (E. Doisy, США)— Нобелевская премия за открытие витамина К и его химической структуры.

1947 — К. Кори и Г. Кори (K. Cori, G. Cori, США) — Нобелевская премия за описание обмена гликогена.

1953 — Г. Кребс (H. Krebs, Великобритания) — Нобелевская премия за открытие цикла трикарбоновых кислот (цикл Кребса).

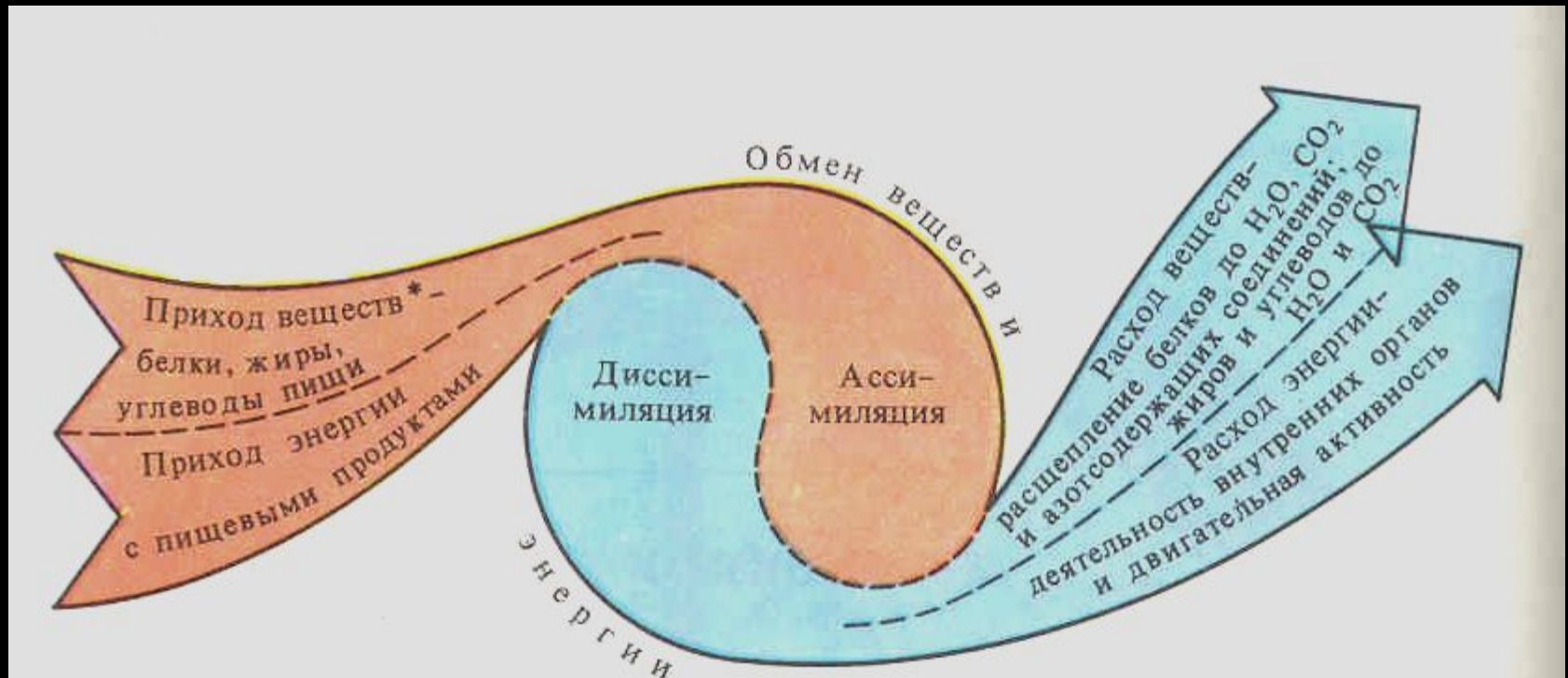
1953 — Ф. Липман (F. Lipmann, США) — Нобелевская премия за открытие коэнзима А.

1955 — Х. Теорелль (H. Theorell, Швеция) — Нобелевская премия за исследования механизма действия окислительных ферментов.

1964 — К. Блох (K. Bloch, США) и Ф. Линен (F. Lynen, ФРГ) — Нобелевская премия за исследования механизмов регуляции обмена холестерина и жирных кислот.

1970—е — А. М. Уголев (СССР) сформулировал теорию адекватного питания.

# Общее представление об обмене веществ и энергии



# Обмен веществ и энергии

**Обмен веществ и энергии** – это совокупность физических, химических и физиологических процессов, происходящих в организме с пищевыми веществами, поступающими из внешней среды.

Питательные вещества являются источником *пластических и энергетических* ресурсов для организма. За свою жизнь человек съедает около 40 тонн пищи.

В результате процессов ассимиляции происходит синтез необходимых организму веществ.

Энергообеспечение процессов ассимиляции происходит за счет диссимиляции, - т.е. распада веществ с выделением энергии, которая аккумулируется в виде связей макроэргических соединений.



У здорового человека, в зрелом возрасте, при потреблении достаточного количества необходимых организму веществ в пище, - процессы ассимиляции и диссимиляции находятся в относительном равновесии.

У молодого, растущего организма ассимиляция преобладает над диссимиляцией, при старении — процессы синтеза ослабляются.

# Данный раздел физиологии занимается решением следующих задач

1. Определением термодинамических процессов, происходящих в живых системах; определением потоков свободной и связанной энергии, способов использования энергии.
2. Определением калорийности пищевых рационов, суточной потребности организма в энергии.
3. Оценкой степени физической активности человека и определением степени тяжести работы, выполняемой человеком в условиях производства и в быту, т.е. величины физической нагрузки на скелетную мускулатуру.

## **Человеческий организм – это открытая термодинамическая система.**

В нее постоянно поступает поток свободной энергии. Одновременно, она отдает окружающей среде энергию обесцененную или связанную.

Согласно второму закону термодинамики не вся энергия, поступающая в термодинамическую систему может быть использована для выполнения работы.

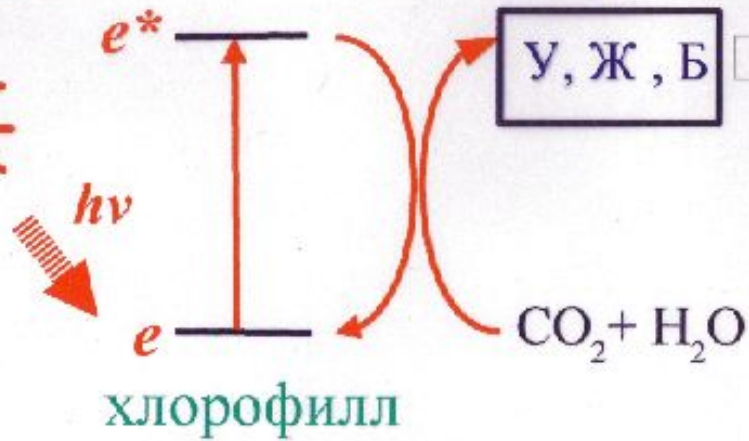
Существует **свободная энергия** – она может быть для работы, и **связанная энергия** – которая не может быть использована для выполнения полезной работы (т.е. она деградирован).

Благодаря существованию в живых организмах определенного баланса между получением свободной энергии, ее связыванием и отдачей, энтропия животного организма (степень неупорядоченности или деградации) остается на постоянном (минимальном) уровне.

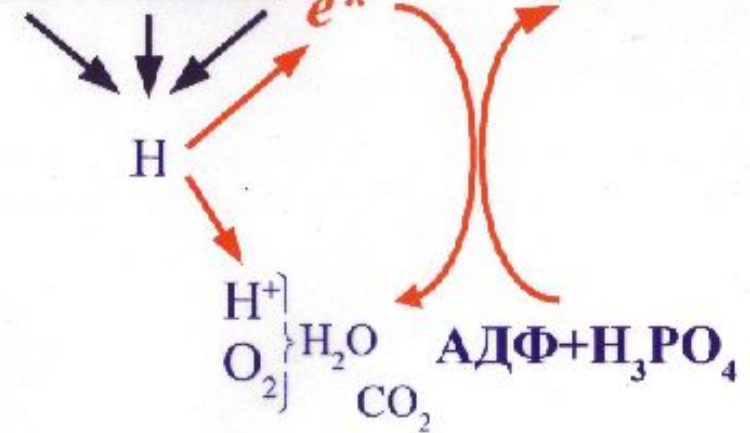
Согласно термодинамике:

**Жизнь – это борьба с энтропией, борьба упорядоченности системы с деградацией.**

Сгорание H в  
термоядерных  
реакциях



Усвоение  
пищи



**ФОТОСИНТЕЗ**

в хлоропластах

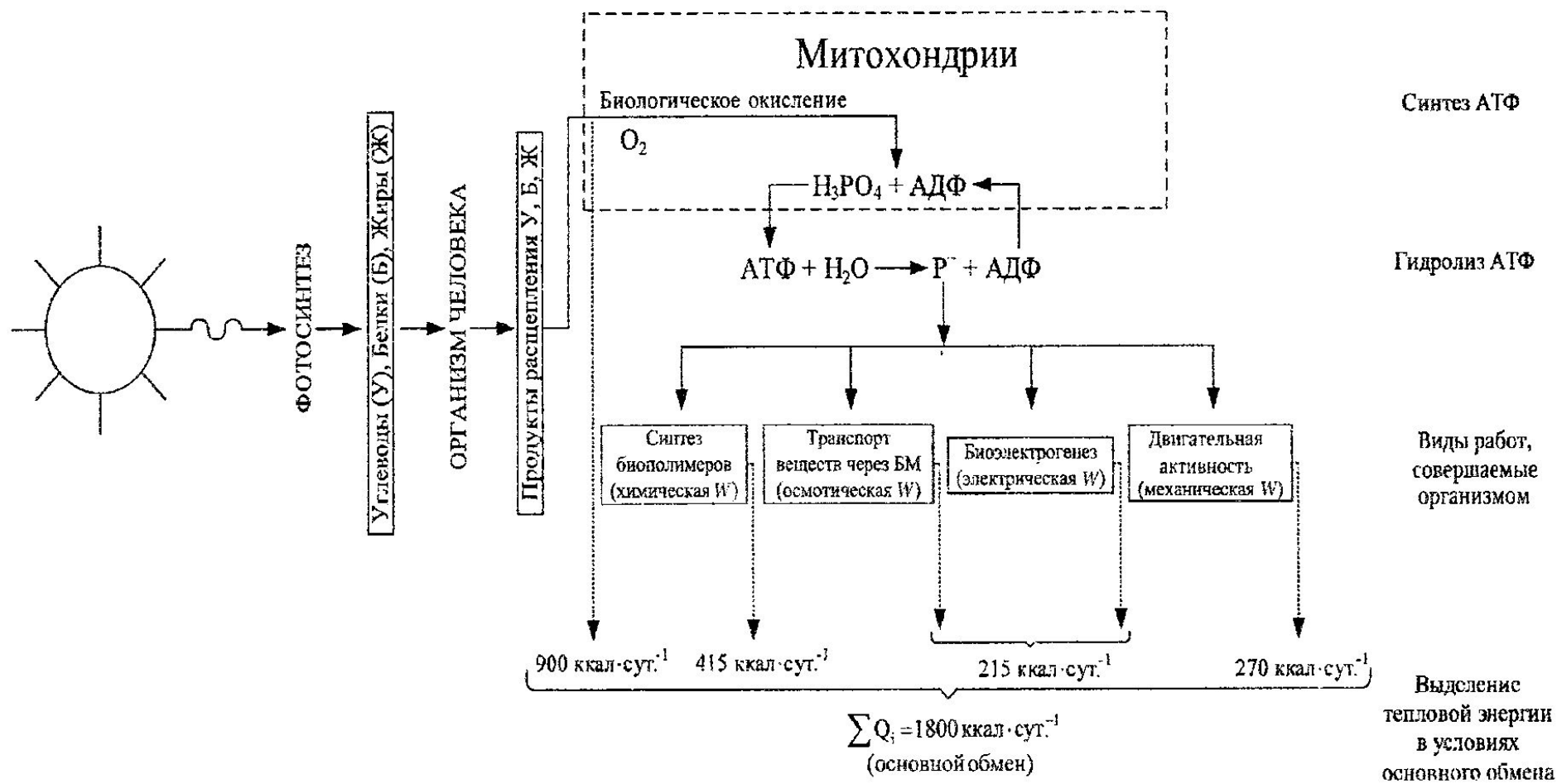
**КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ**  
(биологическое окисление и  
фосфорилирование – синтез АТФ)

в митохондриях

# Электронная схема жизни

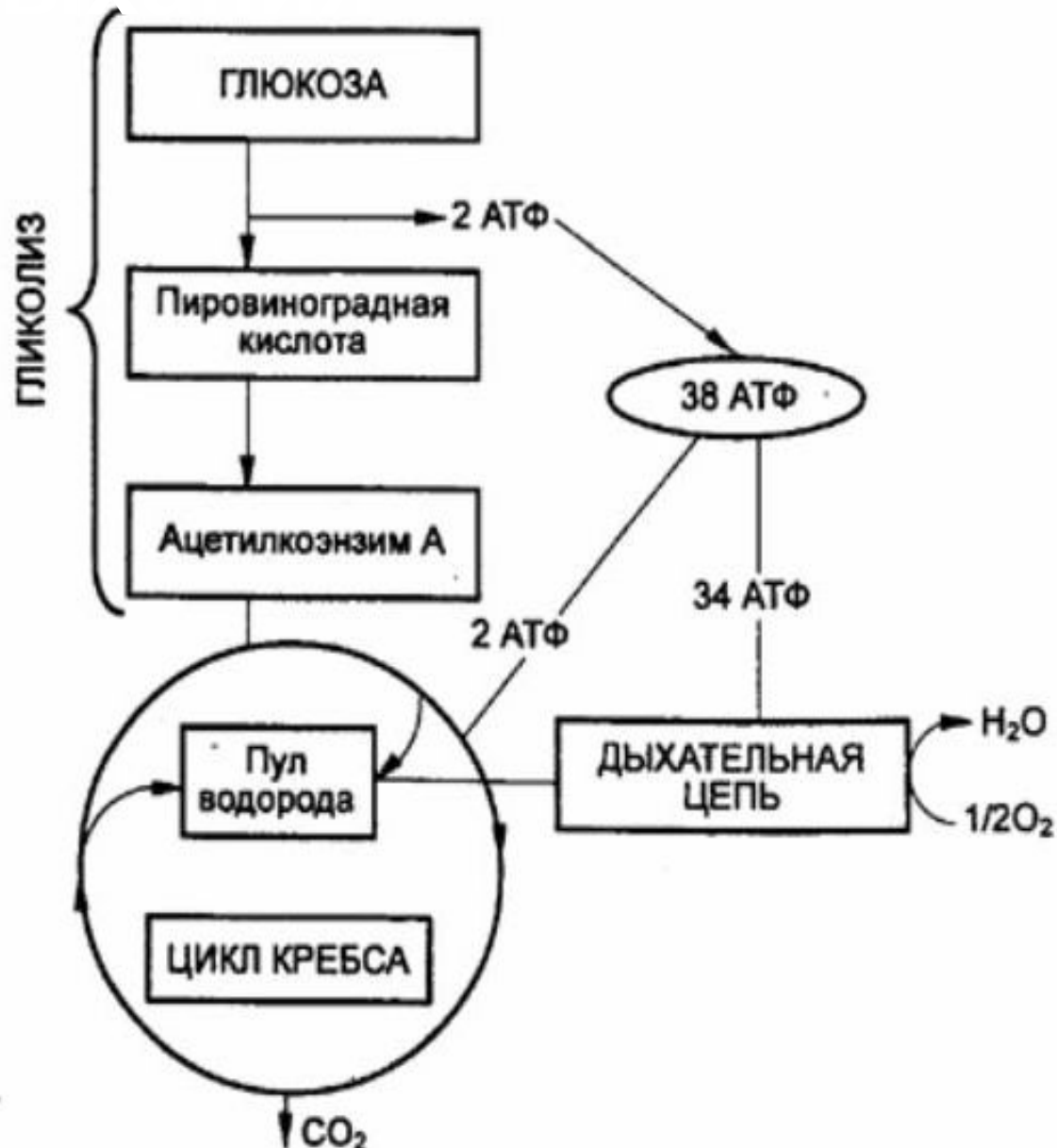
- **Мощность солнечного излучения -  $10^{26}$  Вт**
- На Землю падает его миллиардная часть -  $10^{17}$  Вт  
В этом излучении: 10% - УФИ; 45% - видимый свет, 45% – инфракрасное излучение
- Зеленые растения поглощают  $4 \cdot 10^{13}$  Вт (0,02% мощности излучения, достигшего Земли) и за счет этого ежегодно создают примерно  $10^{17}$  тонн органических веществ и выделяют в атмосферу  $3,36 \cdot 10^{11}$  тонн молекулярного кислорода .

# Схема преобразования солнечной энергии в организме человека

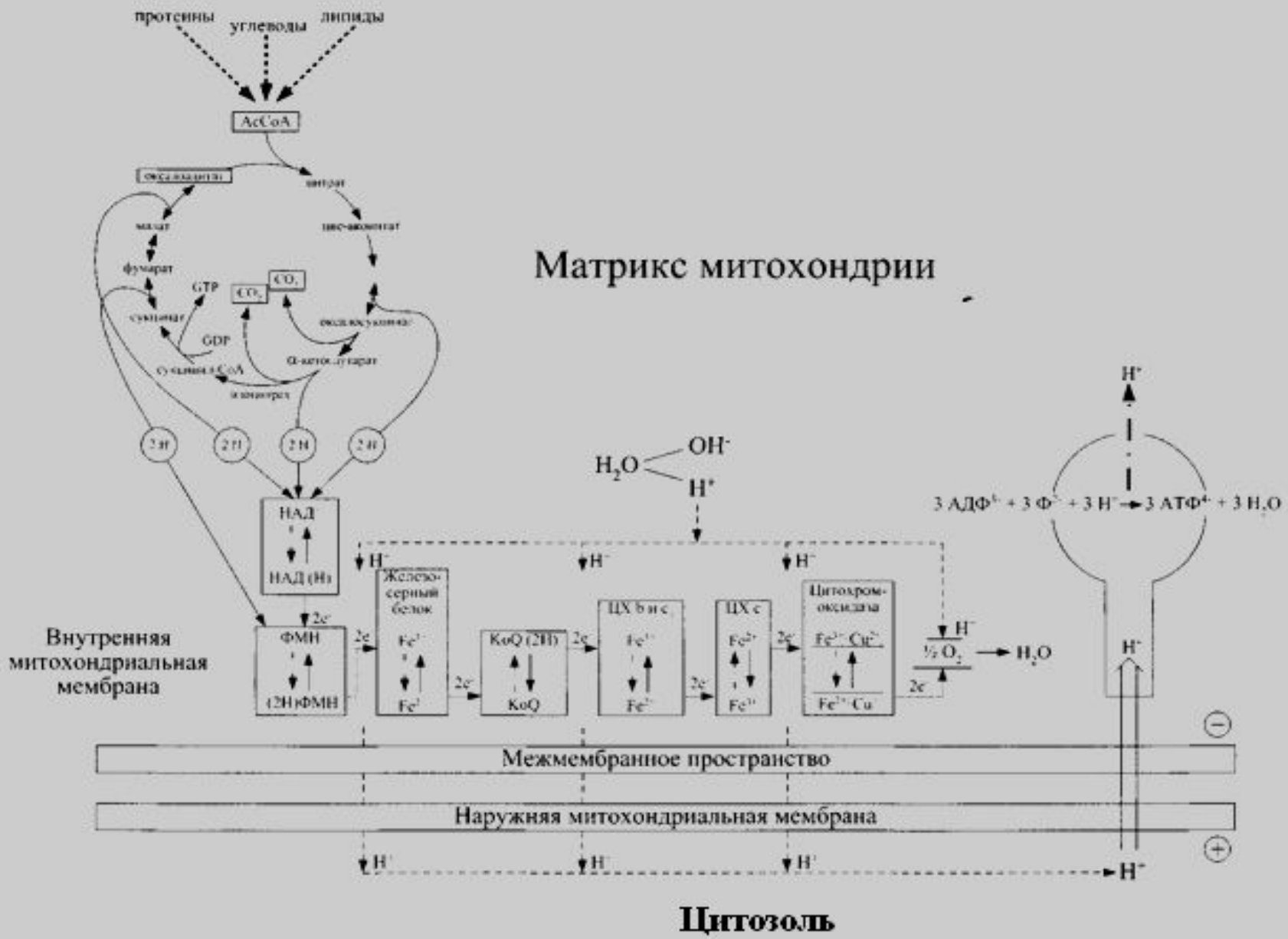


# Схема аэробного

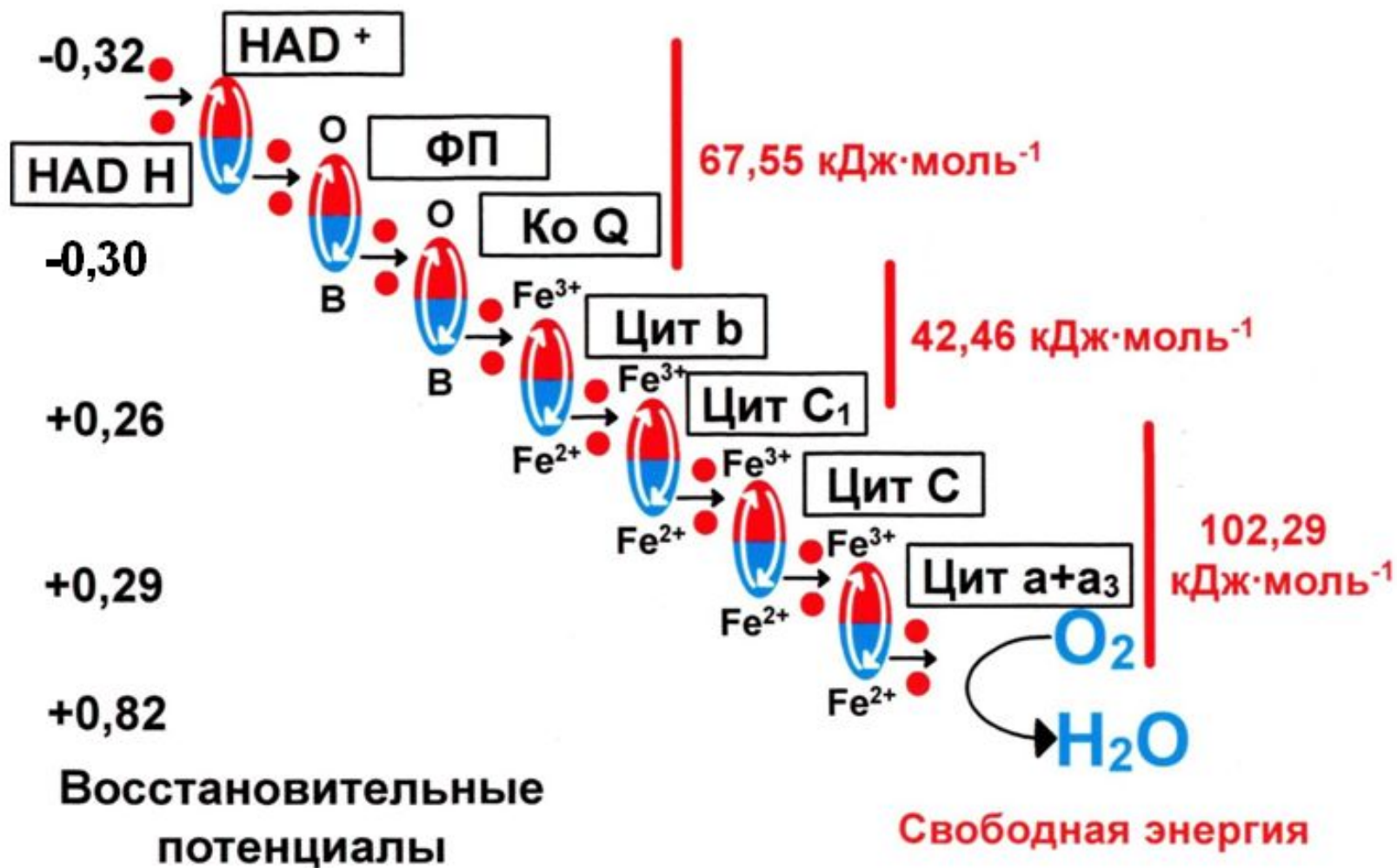
Д





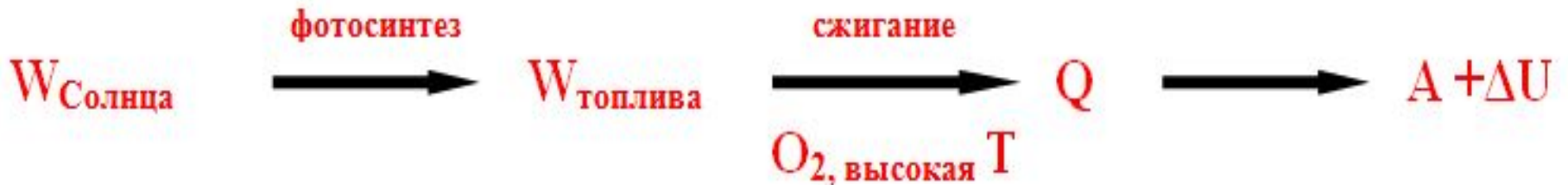


# Межмолекулярный транспорт электронов в дыхательной цепи митохондрий

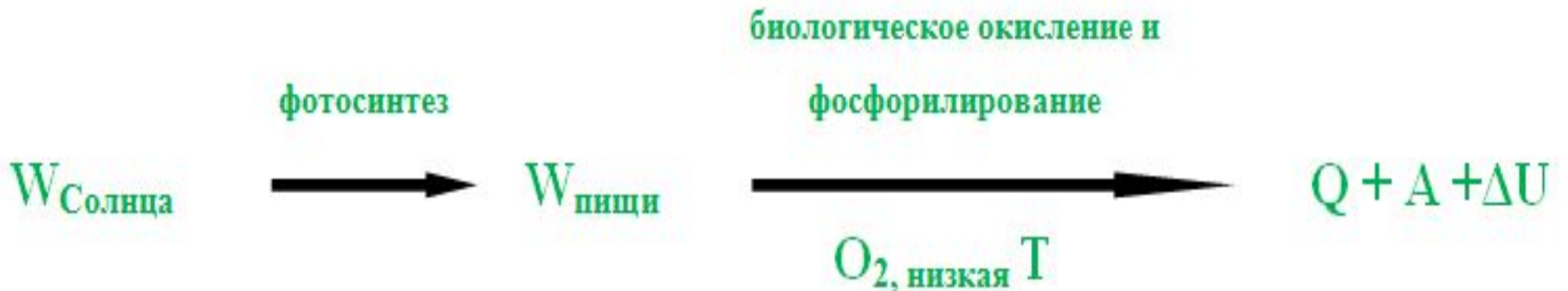


# Превращения энергии:

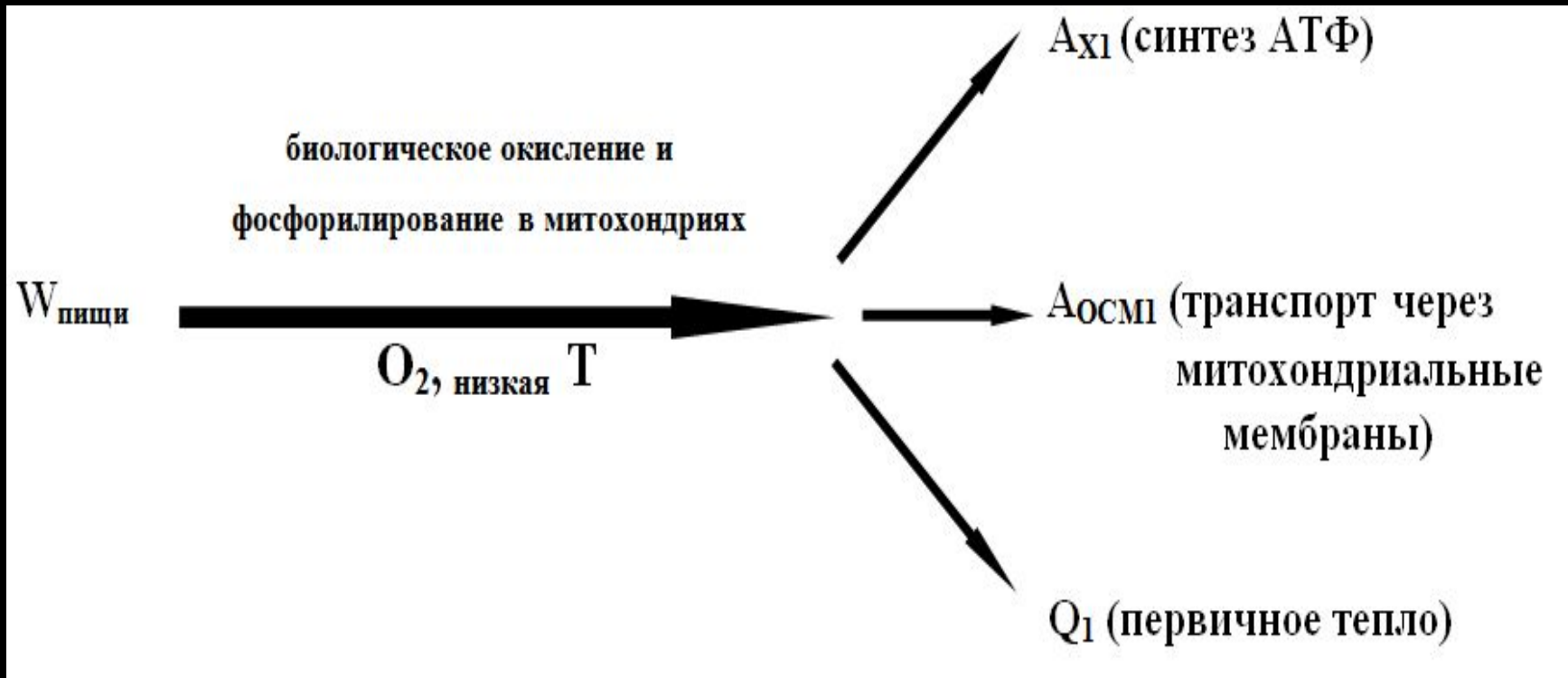
в тепловой машине



в биологической системе



# Первый этап биоэнергетических преобразований в гомойотермном организме



- **Для синтеза 1 молекулы:**
- - пальмитиновой кислоты ( $M \approx 1$  кДа) необходим гидролиз 7 молекул АТФ;
- - полисахарида ( $M \approx 200$ кДа) необходим гидролиз 20000 молекул АТФ;
- - белка – от 1500 до 16000 молекул АТФ
- - РНК – 6000 молекул АТФ
- - ДНК - 1200000000 молекул АТФ
  
- **У человека массой около 70 кг ежедневно обновляется примерно 100 г белка.**

# Баланс энергии

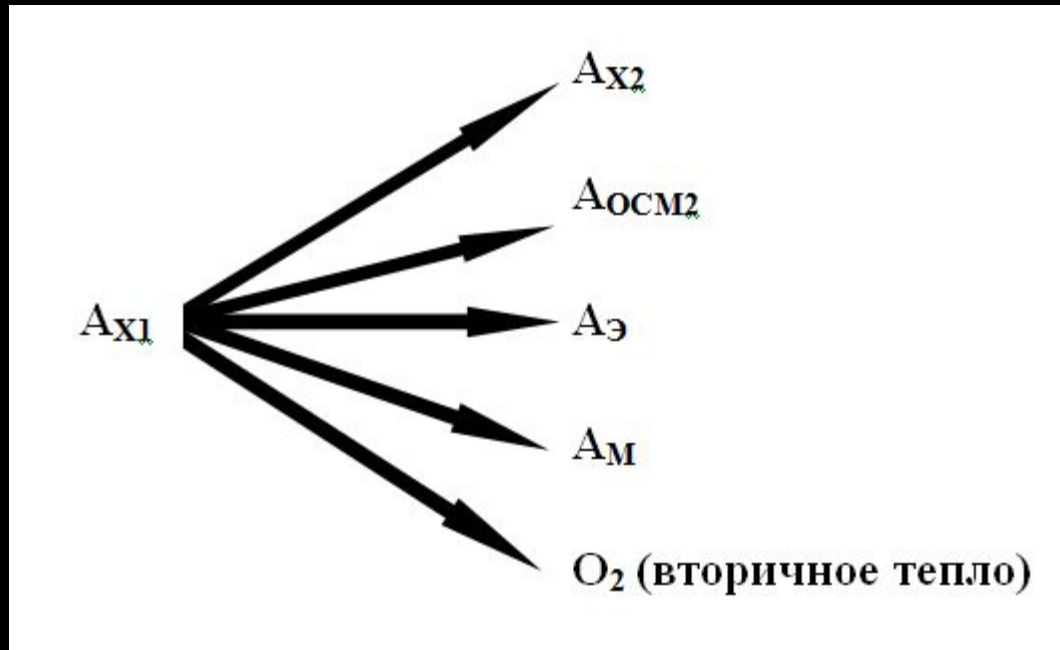
В организме насчитывается 5 форм энергии:

1. химическая,
2. механическая,
3. осмотическая,
4. электрическая,
5. тепловая.

Клетки способны использовать только химическую энергию.

Химическая энергия в организме может превращаться во все другие формы энергии.

# Второй этап биоэнергетических преобразований в гомойотермном организме



В соответствии с первым законом термодинамики энергия не может возникать из ничего и исчезать бесследно

Уравнение энергетического баланса:

$$E = A + H + S,$$

где  $E$  — общее количество энергии, получаемой организмом с пищей;

$A$  — внешняя (полезная) работа;

$H$  — теплоотдача;

$S$  — запасенная энергия.



# Этапы высвобождения свободной энергии в организме

Свободную энергию организм получает из окружающей среды в виде потенциальной энергии, заключенной в химических связях молекул жиров, углеводов и белков. Для того, чтобы освободить эту энергию, питательные вещества вначале подвергаются гидролизу, а потом окислению в анаэробных и аэробных условиях.

**Биологическое окисление по существу представляет собой «сгорание» вещества при низкой температуре.**

# первый этап высвобождения энергии

В процессе гидролиза, который осуществляется в ЖКТ, высвобождается незначительная часть свободной энергии ( менее 0,5%). Она не может быть использована для нужд биоэнергетики, так как не аккумулируется макроэргами типа АТФ. А превращается лишь в тепловую энергию — первичную теплоту, которая используется организмом для поддержания температурного гомеостаза.

## **второй этап высвобождения энергии**

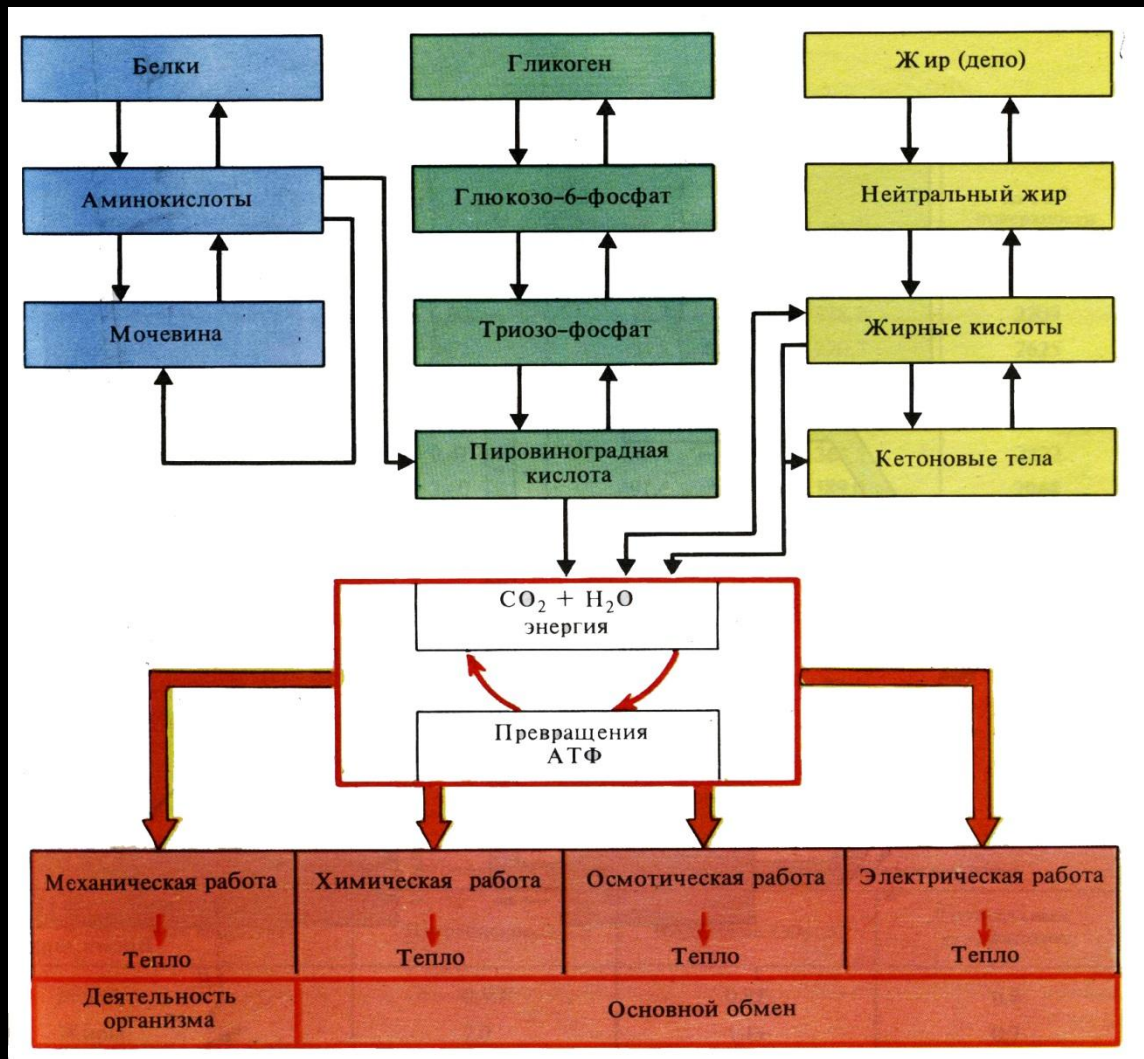
Это процесс анаэробного окисления. Освобождается около 5% всей свободной энергии, которая может быть аккумулирована макроэргом АТФ и использована для полезной работы.

В конечном итоге она также превращается в теплоту, которая называется **вторичной теплотой**.

# третий этап высвобождения энергии

Основной этап высвобождения энергии ~ 94,5% .  
Осуществляется этот процесс в цикле Кребса. При этом освобождение энергии идет постепенно, поэтому большую часть этой свободной энергии удастся аккумулировать в виде АТФ (~ 55%).

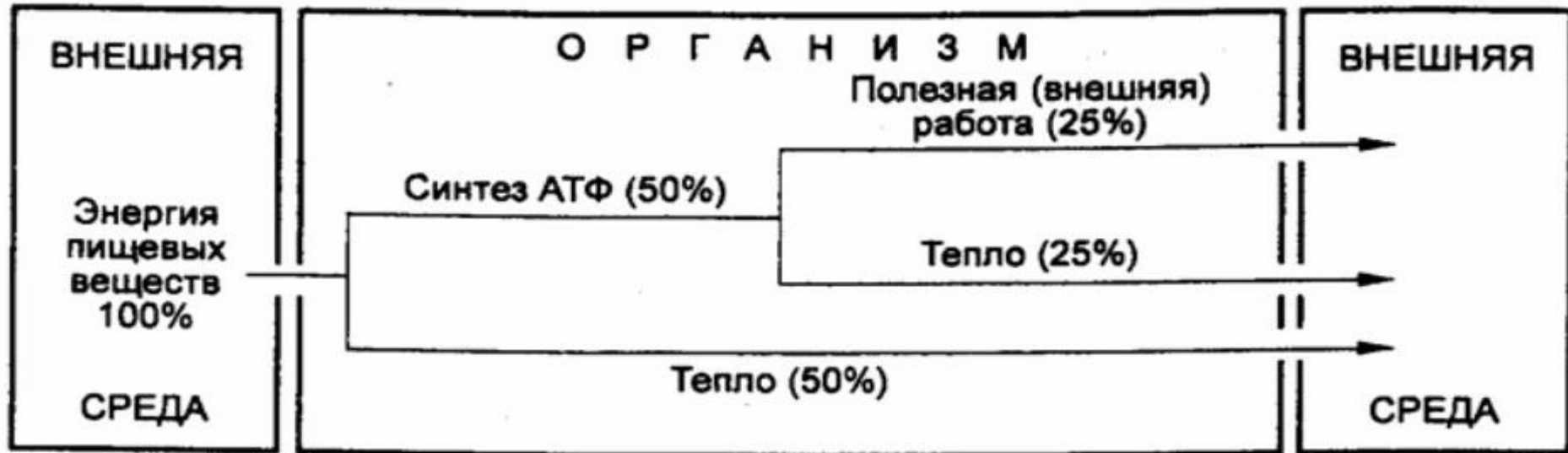
Остальная часть в виду «несовершенства» биологического окисления теряется в виде первичной теплоты. После использования энергии АТФ, для совершения полезной работы, - она превращается во вторичную теплоту.



Вся энергия, высвобождаемая во время обменных процессов, в конечном счете превращается в тепло, если не происходит внешней работы или накопления химической энергии.

Таким образом, вся свободная энергия которая высвобождается при окислении питательных веществ, превращается в тепловую энергию. Поэтому замер количества тепловой энергии, которая выделяется организмом, является методом определения энерготрат организма.

Всего за сутки образуется ~ 70-75 кг АТФ. Большая часть ее используется на покрытие нужд транспортных процессов.



**Пути превращения энергии в живом организме при высокой степени физической активности (числовые значения округлены)**

# Уравнение энергетического баланса:

$$E = A + H + S$$

где **E** — общее количество энергии, получаемой организмом с пищей;

**A** — внешняя (полезная) работа;

**H** — теплоотдача;

**S** — запасенная энергия.



$$Q = m\Delta Tc$$

- **1-й закон термодинамики: «Если теплота превращается в работу, то количество работы, произведенной системой, эквивалентно количеству поглощенного тепла »**
- **Закон Гесса: «Тепловой эффект процесса, развивающегося через ряд последовательных стадий, зависит от теплосодержания начальных и конечных продуктов химической реакции, но не зависит от путей их химических превращений»**

# Измерение энергии включает:

1. Физическую калориметрию
2. Физиологическую калориметрию

# Физическая калориметрия

Позволяет определить энергетическую ценность вещества или калорический коэффициент вещества.

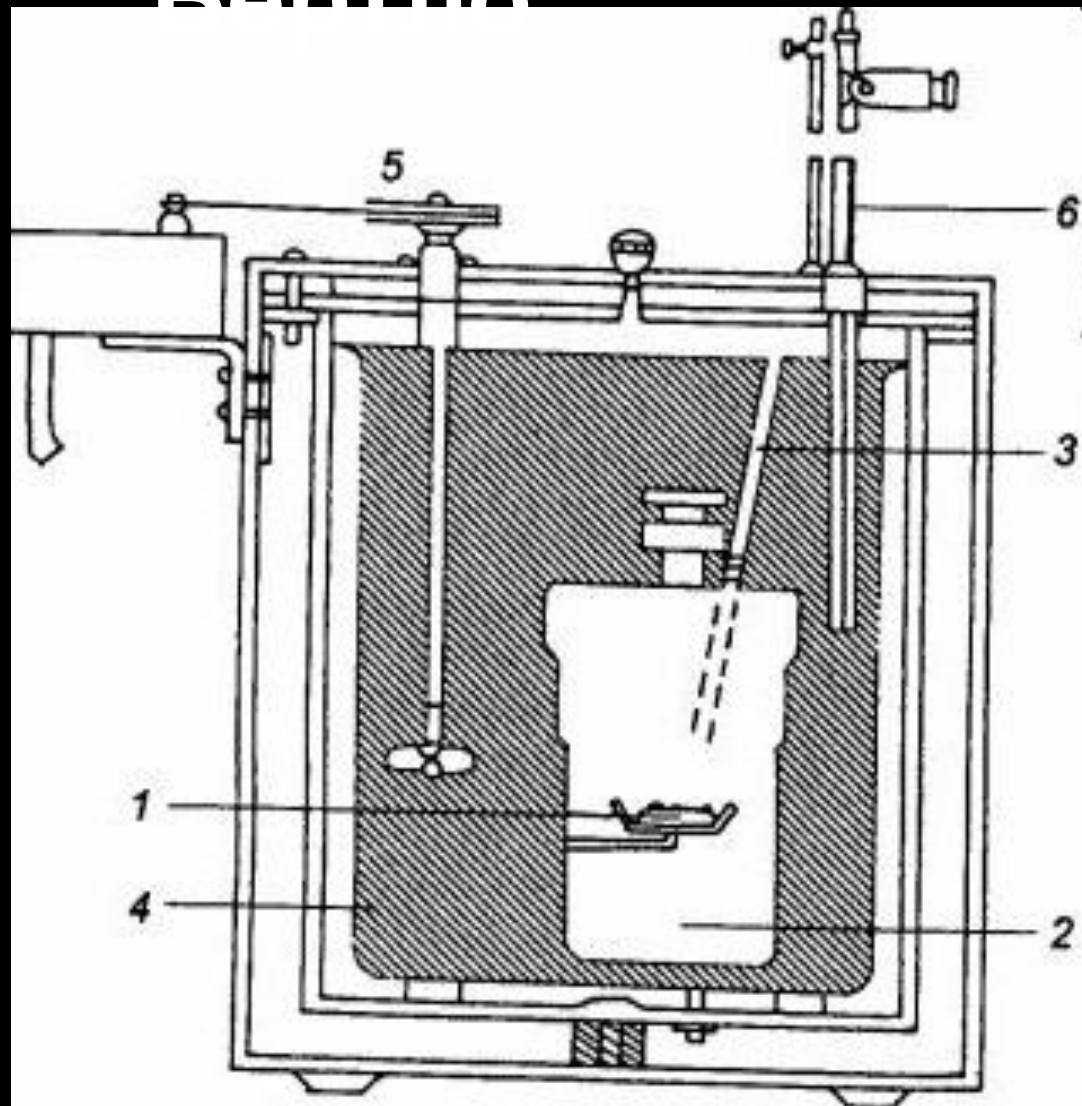
Калорический коэффициент - количество тепла, образуемого при сгорании 1 г вещества в атмосфере чистого кислорода:

ЖИРЫ - 9,3 ккал;

БЕЛКИ – 5,3 ккал,

УГЛЕВОДЫ - 4,1 ккал

# Калориметр («бомба») Берто



- 1 — проба пищи;
- 2 — камера,
- 3 - заполненная кислородом; запал;
- 4 — вода;
- 5 — мешалка;
- 6 — термометр.

**Удельное теплообразование  
(ккал/г)  
ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПИЩИ**

<b>Компоненты пищи</b>	<b>В калориметре</b>	<b>В организме</b>
<b>Углеводы</b>	<b>4,3</b>	<b>4,1</b>
<b>Жиры</b>	<b>9,5</b>	<b>9,3</b>
<b>Белки</b>	<b>5,3</b>	<b>4,1</b>

- Энергетическая ценность или калорический коэффициент вещества - количество тепла, образуемого при сгорании 1 г вещества в атмосфере чистого кислорода:

**ЖИРЫ - 9,3 ккал;**

**БЕЛКИ и УГЛЕВОДЫ – 5,3 и 4,3 ккал**

- Калорический эквивалент кислорода - количество тепла, освобождающегося в организме от сгорания 1 г вещества при потреблении 1 литра кислорода:

**ЖИРЫ - 4,69;**

**БЕЛКИ - 4,46;**

**УГЛЕВОДЫ - 5,05 ккал/л**

# Правило изодинамии

**С энергетической точки зрения питательные вещества могут замещаться в соответствии с их калорической ценностью.**

- Однако, все они выполняют не только энергетическую, но и пластическую функцию. В связи с чем, пищевой рацион должен быть сбалансирован.



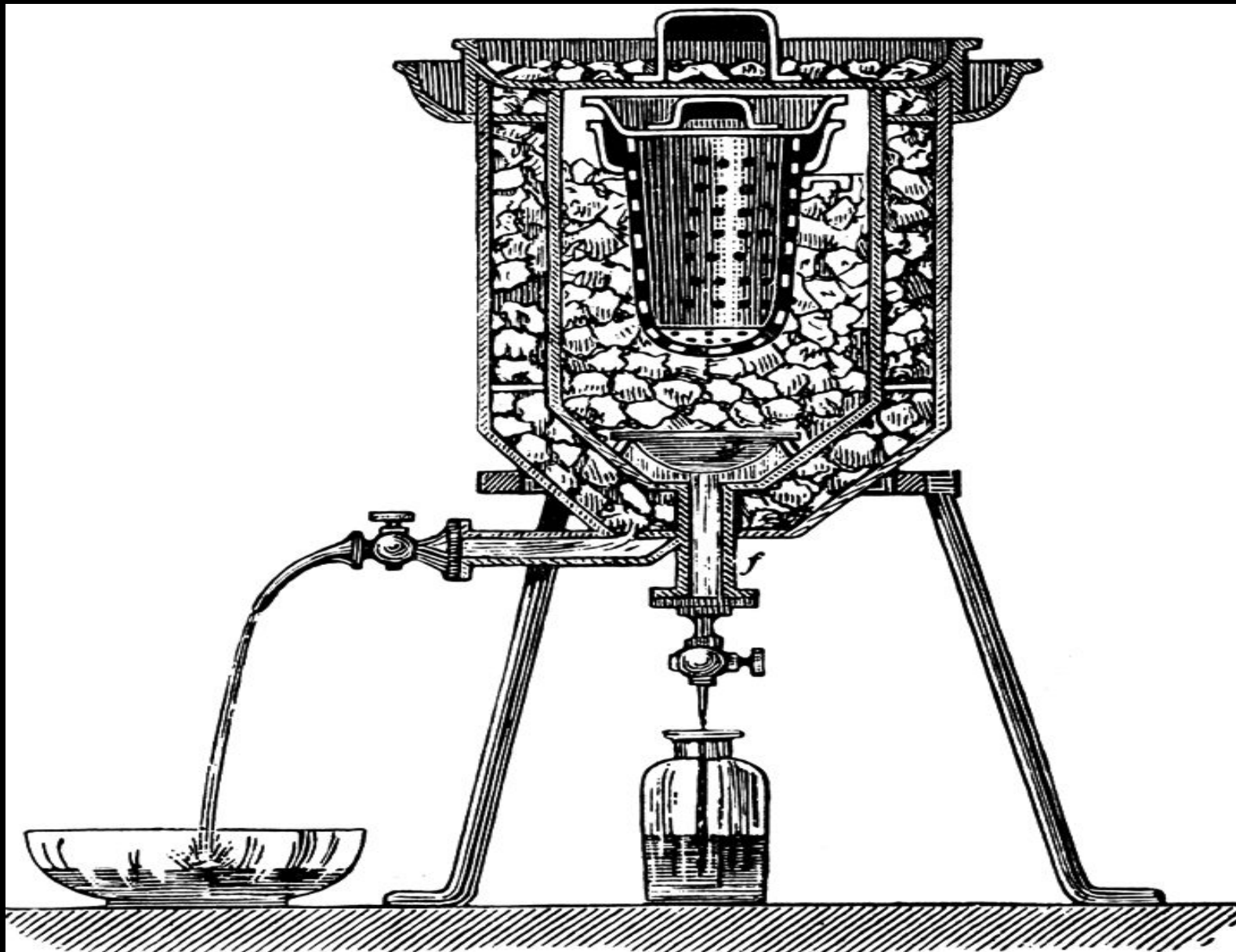
**Физиологическая  
калориметрия**

**Прямая калориметрия**  
*Непосредственное  
определение количества  
выделяемого тепла с  
помощью  
калориметрических  
камер для живых  
объектов*

**Непрямая калориметрия**  
*Косвенное определение выделяемого тепла на основе учета  
динамики дыхательного газообмена с помощью  
респираторных камер и различных систем метаболиметров*

**Методы полного газового  
анализа (учет  
поглощенного  $O_2$  и  
выделенного  $CO_2$ )**

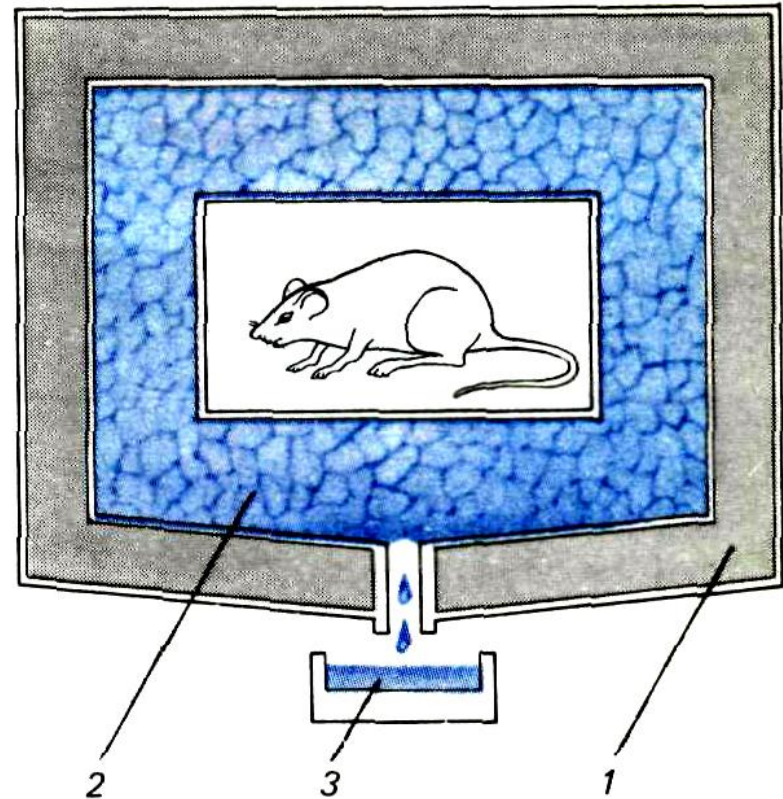
**Методы неполного  
газового анализа (учет  
поглощенного  $O_2$ )**

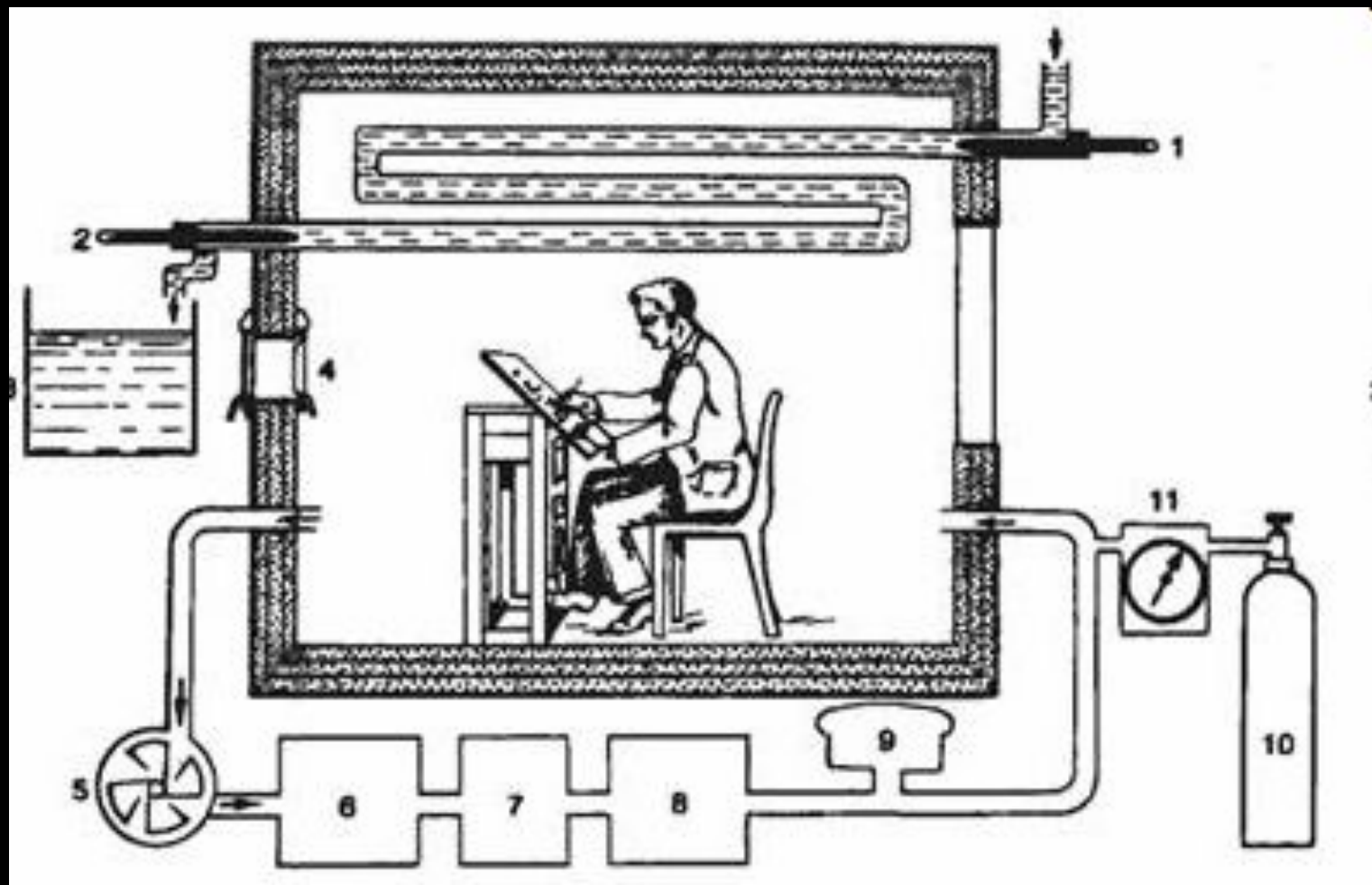


Биокалориметр Лавуазье – Лапласа  
(Mem. de l'Acad. de Paris, 1780, p. 369)

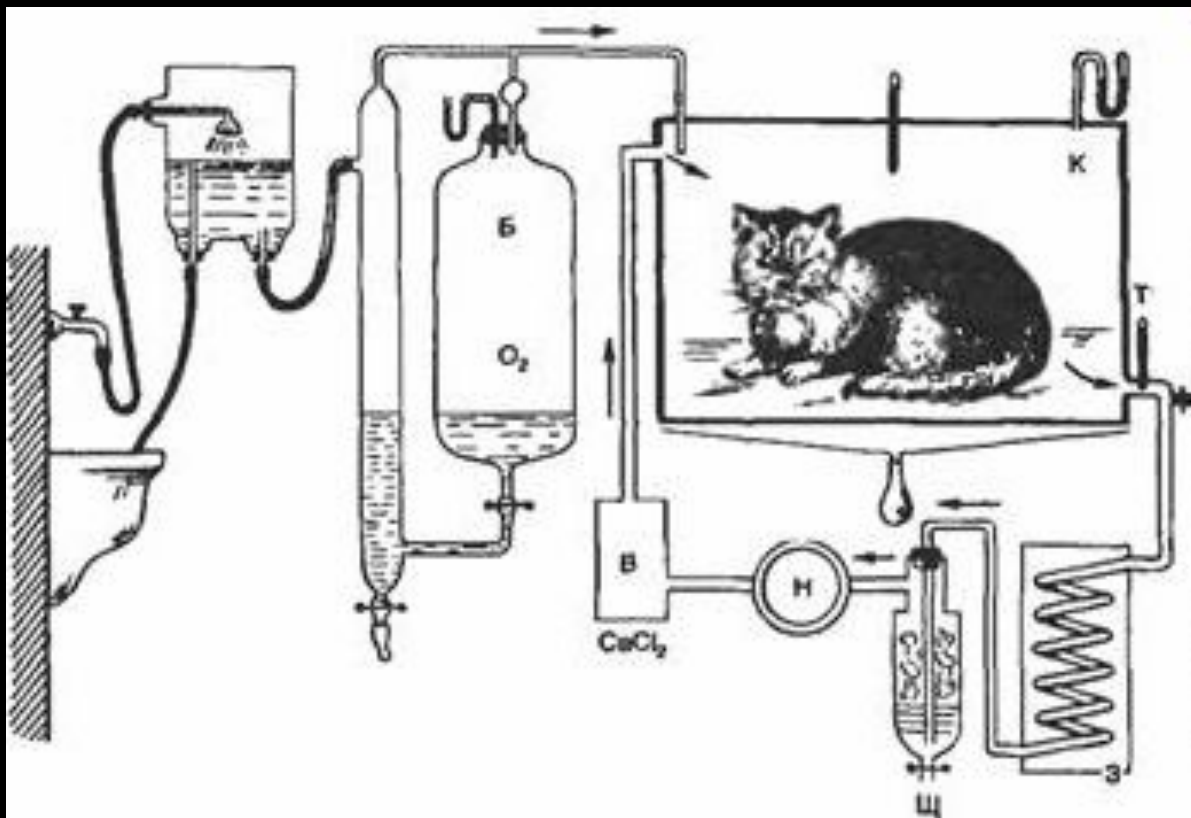
Рис. 10.4. Основной эксперимент, разработанный А. Лавуазье для определения интенсивности обмена веществ у мелких животных

Вода (3), вытекающая из-под наружной оболочки камеры по мере таяния льда (2), является прямой мерой теплоты, выделяемой животным (1 — термоизоляция)





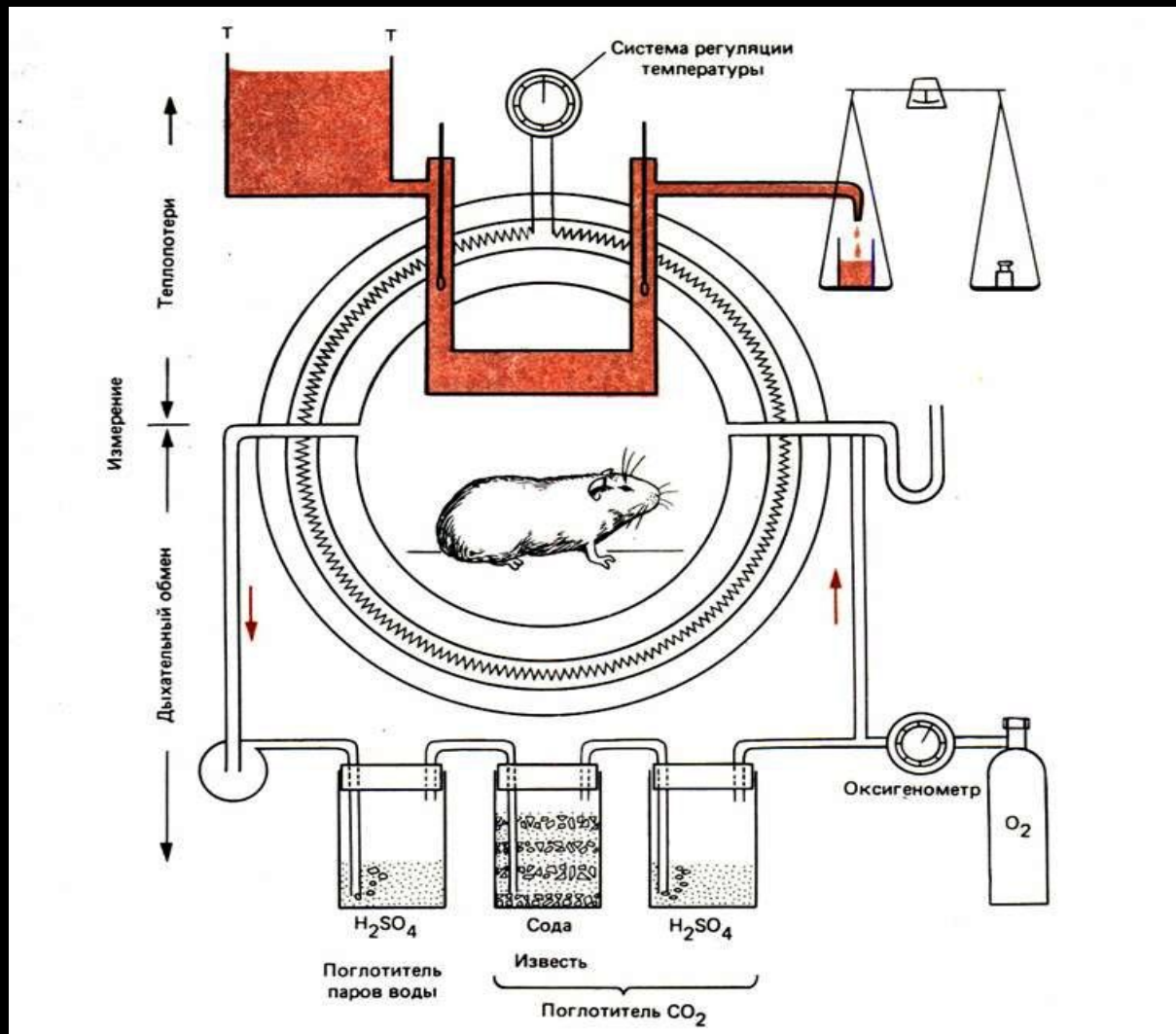
Биокалориметр Этуотера — Бенедикта



### Респираторный аппарат Шатерникова.

К— камера; Б — баллон с  $O_2$ ; Н — мотор, выкачивающий воздух из камеры; З — змеевик для охлаждения воздуха; Щ — сосуд, наполненный раствором щелочи для поглощения  $CO_2$ ; В — баллон для поглощения водяных паров хлоридом кальция; Т — термометры. Слева устройство для автоматической подачи  $O_2$  в камеру и поддержания постоянства давления в ней

# Полный газовый анализ



Респираторный калориметр Этуотера-Розе

При методе **полного газового анализа** для выяснения субстрата, используемого для окисления - определяется количества поглощенного  $O_2$  и выделившегося  $CO_2$

В расчетах используют величину дыхательного коэффициента:

$$ДК = CO_2 \text{ выд.} / O_2 \text{ погл.}$$

ДК для углеводов = 1,0

ДК для белков = 0,8

ДК для жиров = 0,7

Вместе с тем, если в течение нескольких недель кормить человека исключительно жирами, ДК не снизится до 0,70.

Точно так же, если человек будет питаться чистой глюкозой, ДК (в покое) поднимется только до 0,87, но не до 1,00.

Причина в том, что в норме, при окислении используются и углеводы, и жиры, и белки.

Выход энергии при окислении глюкозы  
описывается уравнением



В данной реакции 2826 кДж – это полная энергия (энтальпия), выделяемая при окислении 1 моль глюкозы; только часть этой энергии (свободная энтальпия) может быть использована для обеспечения клеточных функций.



**Энергетическая ценность.** Количество вырабатываемой энергии часто выражают в соответствии с массой или объемом субстрата.

Масса 1 моля глюкозы равна 180 г, а объем 6 моль кислорода –  $6 \times 22,4 \text{ л} = 134,4 \text{ л}$ .

Из этого следует, что полное окисление 1 г глюкозы сопровождается выделением  $2826/180 = 15,7 \text{ кДж}$ . Следовательно, энергетическая ценность глюкозы составляет  $15,7 \text{ кДж/г}$ .

**Энергетический эквивалент** («калорический эквивалент») выражает количество вырабатываемой энергии в соответствии с количеством поглощенного кислорода.

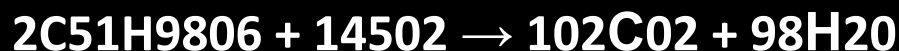
В случае приведенной выше реакции эта величина равна  $2826 \text{ кДж}/134,4 \text{ л} = 21,0 \text{ кДж на } 1 \text{ л } \text{O}_2$ .

Поскольку смесь углеводов, присутствующих в обычной пище, имеет несколько более высокую энергетическую ценность по сравнению с глюкозой, энергетический эквивалент окисления углеводов составляет  $21,1 \text{ кДж на } 1 \text{ л } \text{O}_2$ .

**В процессе окисления белков часть поглощенного кислорода не выходит затем с выдыхаемым воздухом, но образует соединения с азотом и выводится с мочой.**

**В этом случае ДК принимает значения ниже единицы (примерно 0,81).**

**При окислении жиров (например, трипальмитина):**



$$ДК = 102/145 = 0,70$$

**Тем не менее, если в течение нескольких недель кормить человека исключительно жирами, ДК не снизится до 0,70.**

**Точно так же, если человек будет питаться чистой глюкозой, ДК (в покое) поднимется только до 0,87, но не до 1,00. Причина — в том, что ежеминутно в окислении используются и углеводы, и жиры, и белки.**

## Формула расчета энерготрат методом непрямо́й биокалориметрии:

$$Q = KЭO_2 \cdot VO_{2\text{погл}}$$

Среднее значение  $KЭO_2$  составляет 20,2 кДж/л.

При его использовании погрешность не выходит за пределы 4 %, тогда как ошибка самого метода непрямо́й биокалориметрии находится в пределах 5 – 8 %.

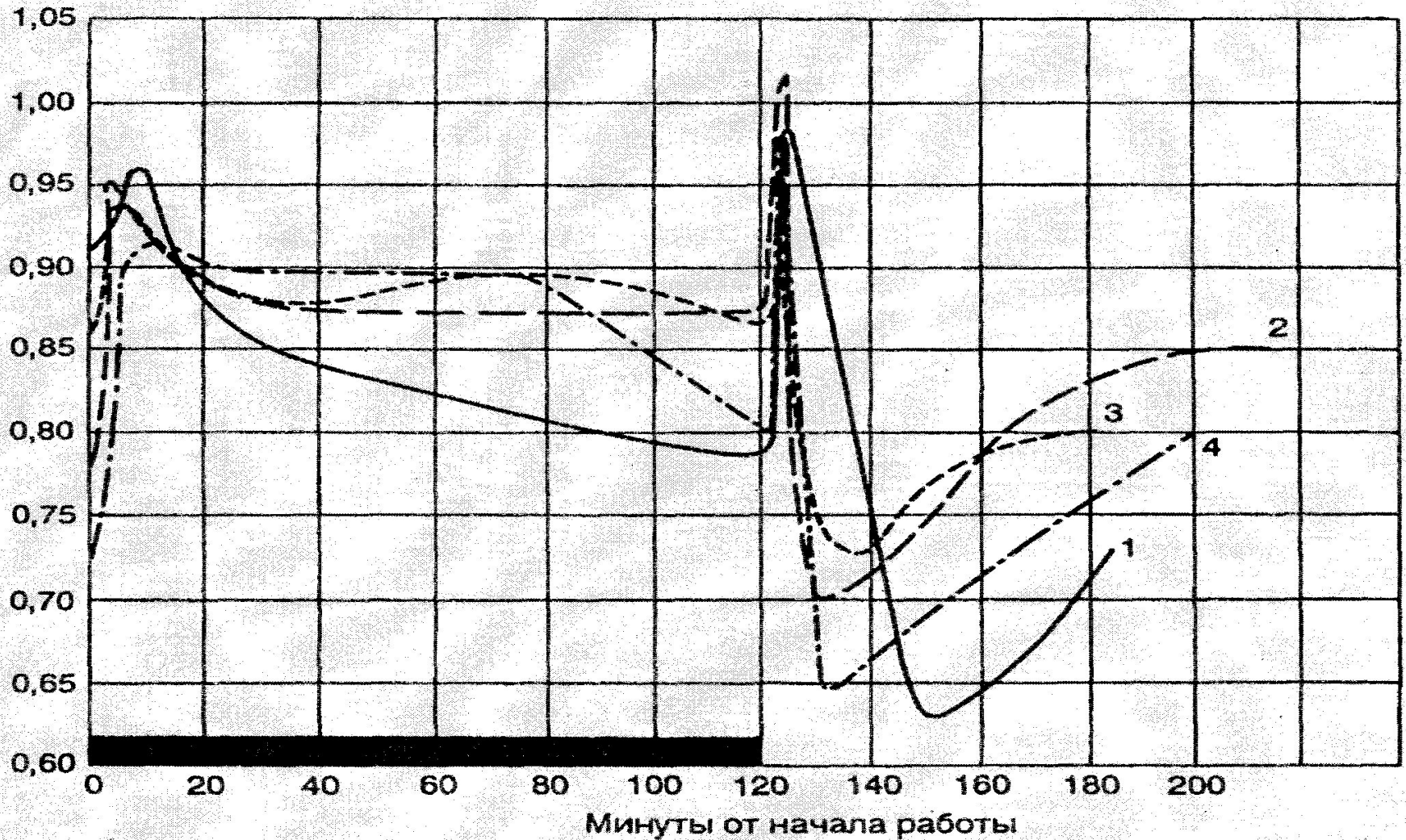
$$Q = 20,2 \cdot VO_{2\text{погл}}$$

$VO_{2\text{погл}}$  – в литрах (л<sup>3</sup>)

# Соотношения дыхательного коэффициента и калорического эквивалента 1 л кислорода

Дыхательный коэффициент		0,70	0,75	0,8	0,85	0,90	0,95	1,0
Калорический эквивалент кислорода	в кДж	19,619	19,881	20,101	20,356	20,616	20,871	21,173
	в ккал	4,686	4,739	4,801	4,862	4,924	4,985	5,057

# Кривые четырех наблюдений (1 – 4) изменения дыхательного коэффициента во время и после двухчасовой интенсивной работы



# Неполный газовый анализ

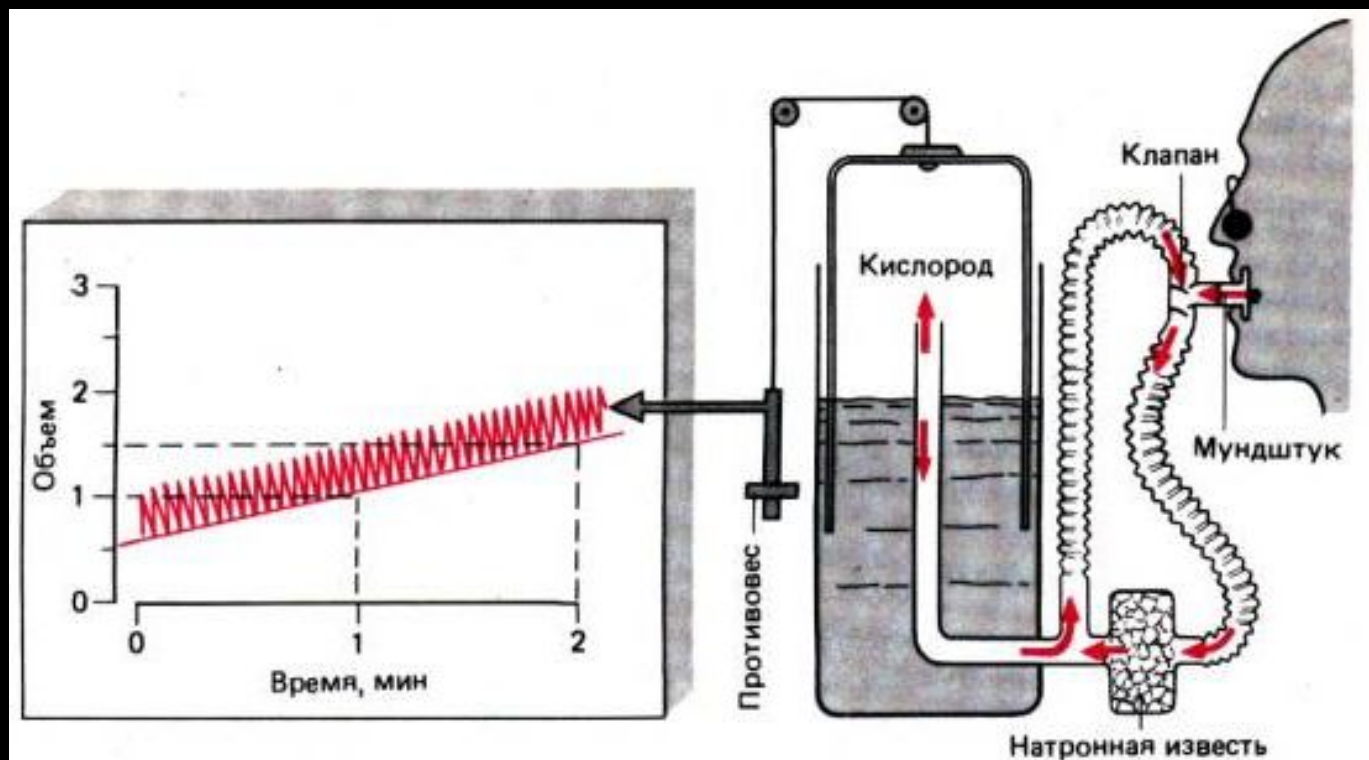
Использует калорический эквивалент кислорода  
– количество тепла, освобождающегося в  
организме от сгорания 1 г вещества при  
потреблении 1 литра кислорода:

ЖИРЫ - 4,69 ккал/л;

БЕЛКИ - 4,46 ккал/л;

УГЛЕВОДЫ - 5,05 ккал/л.

ДК, условно принимают равным 0,85.  
Остальные расчёты проводят, как при  
полном газовом анализе.



**Принцип закрытой системы для измерения поглощения кислорода.** Испытуемый вдыхает кислород из колоколообразного газометра:  $\text{CO}_2$  поглощается натронной известью и удаляется из выдыхаемого воздуха до возвращения в газометр. Проведя линию через нижние точки колебательной кривой и определив угол наклона этой линии, можно найти значение скорости поглощения кислорода (в данном случае 0,5 л/мин)



**Определение легочной  
вентиляции с  
помощью мешка  
Дугласа**



# ОСНОВНОЙ ОБМЕН

*минимальный (базисный)*

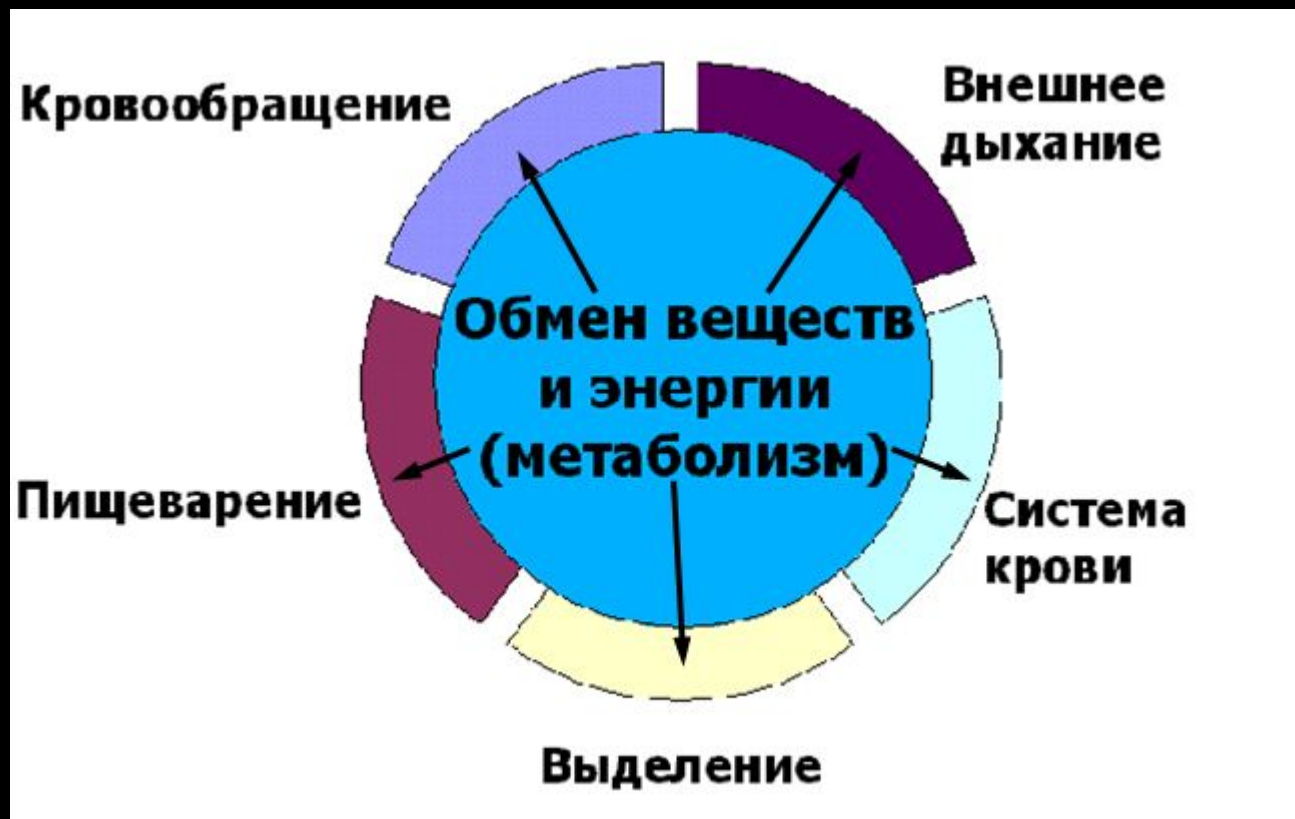
*уровень энерготрат, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма в условиях физического и эмоционального покоя*

- Условия основного обмена: утро, положение лежа, состояние бодрствования, мышцы расслаблены, натощак. температура среды около 18-20<sup>0</sup> С.
- Условные нормы основного обмена:
- у мужчин среднего возраста - 1 ккал/кг/час
- у женщин среднего возраста - 0,9 ккал/кг/час
- у детей 7 лет - 1,8 ккал/кг/час; 12 лет - 1,3 ккал/кг/ч
- у стариков - 0,7 ккал/кг/час

# Вклад в основной обмен физиологических процессов:

- синтез АТФ – 50 %,
- синтез биополимеров – 23%,
- поддержание градиентов на клеточных мембранах – 13%,
- механическая работа сердца и дыхательных мышц – 14%

# Метаболизм – уставка вегетативным процессам



- Основной обмен повышается при ряде эндокринных заболеваний. Прежде всего при гиперфункции щитовидной железы.
- Кроме того, это удобный ориентир для расчета величины физической нагрузки при производственной, спортивной и бытовой деятельности.

Величина основного обмена во многом зависит от пола, возраста и массы тела.

Так, величина ОО у мужчин на 10-15% выше, чем у женщин. Известно, что величина ОО в размере на массу тела максимальна у новорожденных и грудных детей, а в последующем величина ОО постепенно снижается, особенно после 20-25 лет.

Энерготраты в условиях физиологического покоя тесно связаны с величиной поверхности тела.

## **Закон Рубнера:**

**Чем выше величина поверхности тела, тем выше энерготраты.**

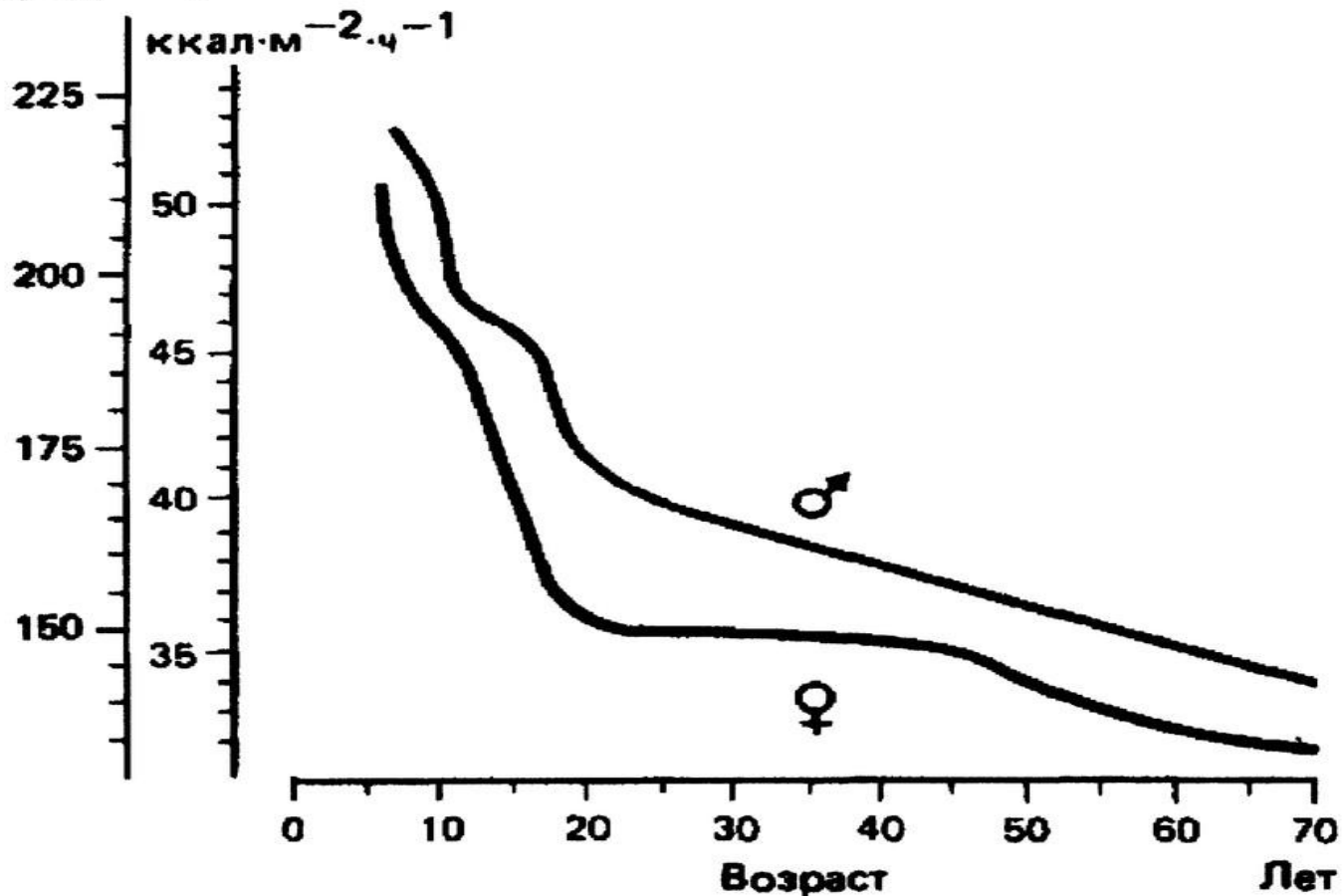
# Должный основной обмен

Для того, чтобы сравнить реальную величину ОО с нормой, рассчитывается ДОО.

Нормативы учитывают пол, возраст, рост и массу тела.

В нашей стране расчет ДОО проводится по таблицам Гаррисона-Бенедикта. Существует два варианта этих таблиц – для мужчин и женщин.

Интенсивность  
основного  
обмена  
 $\text{кДж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ч}^{-1}$



Фиг. 1

**Зависимость относительной интенсивности основного обмена от  
возраста и пола. Площадь поверхности тела ( $\text{м}^2$ ) является функцией  
роста и массы индивида**

- Основной обмен мужчины 20–25 лет составляет 1,0-1,2 ккал\*кг<sup>-1</sup>\*ч<sup>-1</sup> (1 кг Солнца в течение 1 часа излучает 1,6\*10<sup>4</sup> ккал\*кг<sup>-1</sup>\*ч<sup>-1</sup>, т.е. в 6250-6500 раз меньше, чем человек).
- В расчете на сутки у человека массой 70 кг основной обмен составляет примерно 1800 ккал.
- Корректнее выражать основной обмен в системе СИ и в расчете на 1 м<sup>2</sup> поверхности: 150 кДж\*м<sup>-2</sup>\*ч<sup>-1</sup>
- На X – XII сутки после рождения – 300 кДж\*м<sup>-2</sup>\*ч<sup>-1</sup>
- К 70 – 80 годам – 120 кДж\*м<sup>-2</sup>\*ч<sup>-1</sup>
- Основной обмен у женщин на 7 – 10% ниже, чем у мужчин



# **Вклад разных органов в основной обмен:**

- - покоящиеся мышцы – 26%**
- - печень – 26%**
- - головной и спинной мозг – 18%**
- - сердце – 9%**
- - почка – 7%**
- - остальные органы – 14%**

# Общий обмен

**Это основной обмен + рабочая прибавка  
–специфически-динамическое  
действие пищи.**

**То есть – это энерготраты организма в  
реальной жизни.**

# РАБОЧИЙ ОБМЕН

- **РАБОЧИЙ ОБМЕН** - величина энергетического обмена, характерная для определенного вида трудовой деятельности
- **Рабочая прибавка** - разница между рабочим и основным обменом
- **Специфически-динамическое действие пищи** - увеличение уровней энерготрат спустя 1-3 часа после приема пищи:
- для белков - на 30%; для углеводов и жиров - на 15%

# ГРУППЫ РАБОТНИКОВ ПО ЭНЕРГОТРАТАМ

- **1. Работники, преимущественно умственного труда:** инженерный состав, врачи(кроме хирургов), работники науки и искусства, литературы, руководители и т.п. - **2500-2800 ккал/сут**
- **2. Работники легкого физического труда:** инженерно-технический состав, работники связи, радиоэлектронной промышленности, медсестры, санитарки и т.п. - **2800-3000 ккал/сут**
- **3. Работники труда средней тяжести:** токари, слесари, железнодорожники, врачи-хирурги, водители автотранспорта, продавцы продуктов, водники - **3000 - 3200 ккал/сут**
- **4. Работники тяжелого физического труда:** строительные рабочие, металлурги и литейщики, механизаторы, плотники, нефтяники и газовики, сельхозработчие - **3400 - 3700 ккал/сут**
- **5. Работники особого тяжелого труда:** шахтеры, сталевары, вальщики леса, землекопы, грузчики - **3900 - 4500 ккал/сут**



**Энергетические затраты (за сутки) при работах разного рода и занятиях в свободное время. Фактические значения могут различаться в зависимости от того, как выполнялась работа**

# Допустимые энерготраты в зависимости от тяжести трудовой деятельности

Группы	Виды трудовой деятельности	КФА	<u>Энерготраты, кДж</u> (ккал)
I	Преимущественно умственный труд	1,4	9800–10300 (2100–2450)
II	Легкий физический труд	1,6	10500–11700 (2500–2800)
III	Физический труд средней тяжести	1,9	12400–13800 (2950–3300)
IV	Тяжелый физический труд	2,2	14250–16100 (3400–3850)
V	Очень тяжелый физический труд	2,5	16200–17600 (3850–4200)

## Средняя мощность человека (Вт):

- в условиях основного обмена - 90
- при  $KFA=2,2$  - 190
- при  $KFA=2,5$  - 220
- у марафонца - 1600
- у велосипедиста - до 1800
- у футболиста 750-1050
- у волейболиста 380-650
- у пловца (брассом) 500
- у теннисиста 500-1700

# Обменные процессы в онтогенезе

В течение первых 5 дней жизни масса тела новорожденного снижается в связи с переходом на новый тип питания, удалением лишней воды из организма и расходом запасов питательных веществ (гликогена и жиров).

Все это сопровождается значительным возрастанием интенсивности основного обмена, который начинает повышаться со 2-го дня жизни. Следующие 3—4 месяца жизни младенца характеризуются бурным ростом и повышением основного обмена.



# Обменные процессы в онтогенезе

К концу первого года жизни величины основного обмена достигают максимальных значений за весь период онтогенеза.

В течение периода от 1 года до 3 лет уровень основного обмена остается неизменным. Хотя затраты на рост снижаются, но с той же скоростью нарастает активность окислительных ферментов в созревающих тканях (почки, печень, селезенка, мозг и скелетные мышцы).

В дальнейшем уровень основного обмена снижается по мере увеличения размеров тела.

# Обменные процессы в онтогенезе

В период от 3 до 7 лет обменные процессы имеют достаточно высокий уровень (в 2 раза выше, чем у взрослого человека), что обеспечивается более интенсивной работой сердца и дыхания.

В возрасте 7—12 лет обменные процессы достаточно стабильны. Интенсивность их снижается по сравнению с предыдущим возрастом, но остается в 1,5 раза выше, чем у взрослого человека.

# Обменные процессы в онтогенезе

В период полового созревания меняется морфофункциональный статус, что сказывается и на процессах обеспечения организма энергией.

У мальчиков величина основного обмена на 8—10 % выше, чем у девочек. По изменению темпов роста и интенсивности обмена девочки опережают мальчиков на год.

# Обменные процессы в онтогенезе

Общий расход энергии у ребенка и взрослого распределяется следующим образом: основной обмен — у ребенка 60 %, у взрослого тоже 60 %, затраты энергии на рост и депонирование веществ — у ребенка 15 %, у взрослого 0 %, на работу мышц — у ребенка 15 %, у взрослого 25 %.

Энергетические затраты на рост тем больше, чем младше ребенок.

Так, в возрасте 3 месяцев на рост идет 36 % общей энергетической ценности пищи, в 6 месяцев — 20 %, в 10 месяцев — 11%.

# Обменные процессы в онтогенезе

Энергозатраты ребенка на достижение полезного результата выше, что связано с недостаточным развитием нервной системы и координацией движений.

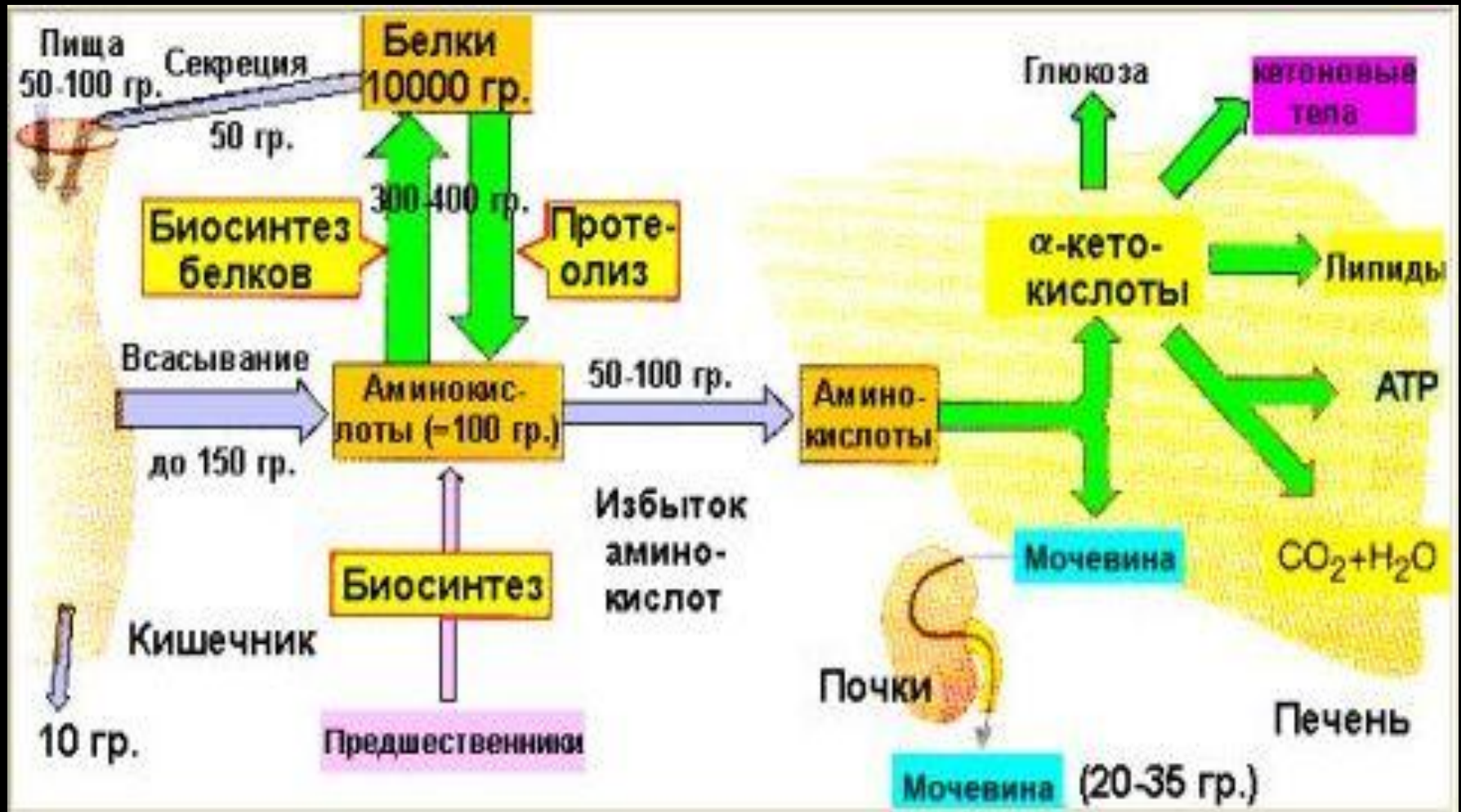
Источником энергии у новорожденных детей служат жиры. В грудном возрасте за счет жиров покрывается 50 % потребности в энергии, углеводов — 40 %, белков — 10 %.

С возрастом это соотношение меняется в пользу углеводов.

# Превращение белков в организме



# Пути использования аминокислот



# Регуляция белкового

обмена

Центральные механизмы  
регуляции

Гипоталамус

Гипофиз

Щитовидная  
железа

Надпочечники

Поджелудочная  
железа

Глюкокортикоиды

В печени

Мышцы,  
лимфоидная  
ткань

Парасимпатическое влияние

Соматотропный  
гормон

Тиреоидные гормоны

Инсулин

Симпатическое влияние

Анаболизм

Катаболизм



# АЗОТИСТЫЙ БАЛАНС

- Белковый коэффициент - это то количество белка, при расщеплении которого образуется 1 грамм азота. Он равен 6,25 г.
- Позитивный азотистый баланс - когда белков поступает больше чем выводится.
- Негативный азотистый баланс - когда белков поступает меньше чем выводится.
- Азотистое равновесие - когда азота с белками поступает столько же, сколько и выводится.

При условии, что все энергетические расходы возобновляются за счет углеводов и жиров, то есть при безбелковой диете, за сутки разрушается приблизительно 331 мг белка на 1 кг массы тела.

Для человека массой 70 кг это составляет 23,2 г.

Эту величину М. Рубнер назвал  
*коэффициентом изнашивания*

# Регуляция обмена белков

Обеспечивается гипоталамусом через эффекторные гормоны периферических желез и гормон роста гипофиза.

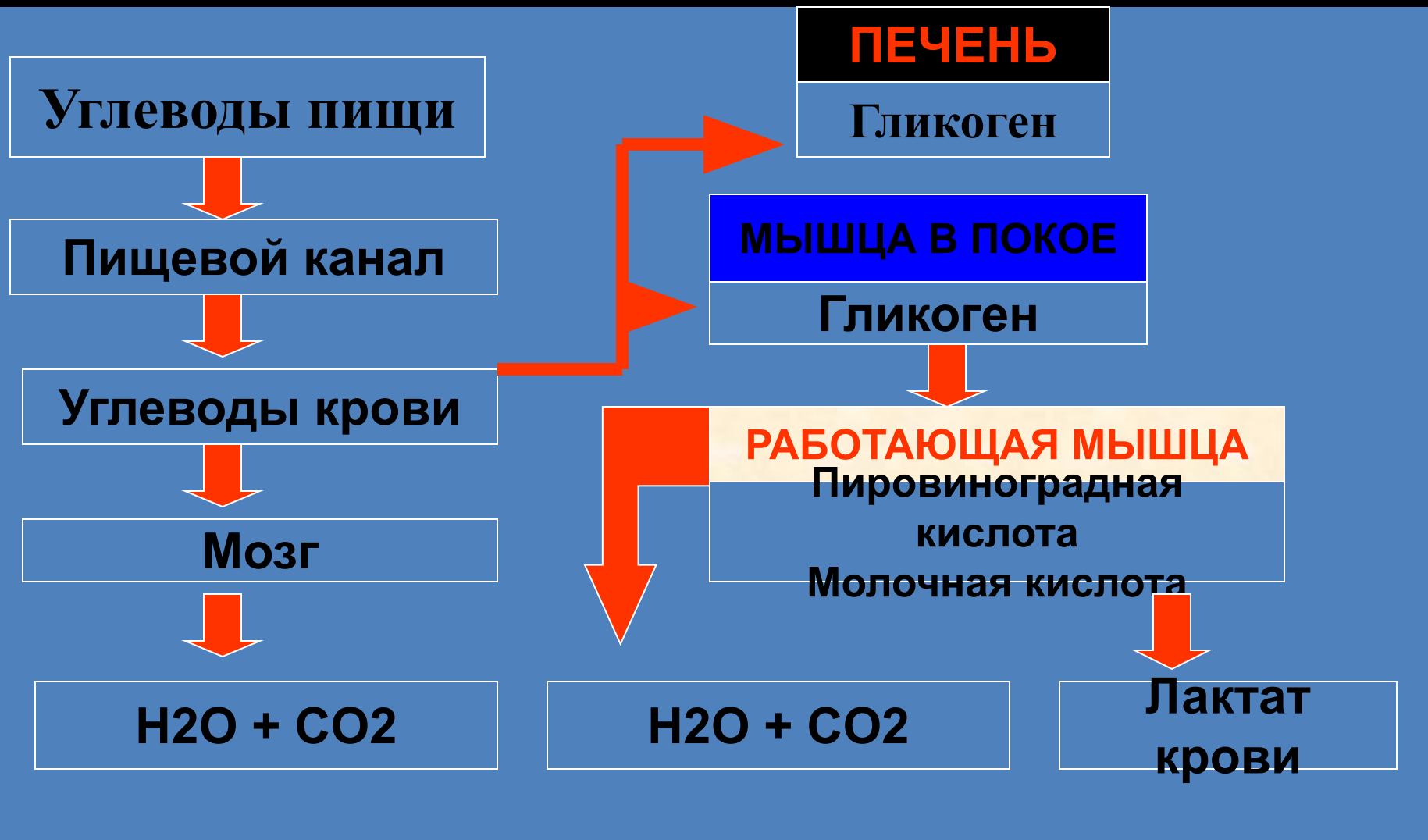
Соматотропный гормон – повышает проницаемость клеточных мембран для аминокислот, синтез и-РНК, снижает активность катепсиназов (тканевых протеаз).

Тироксин – увеличивает синтез белка.

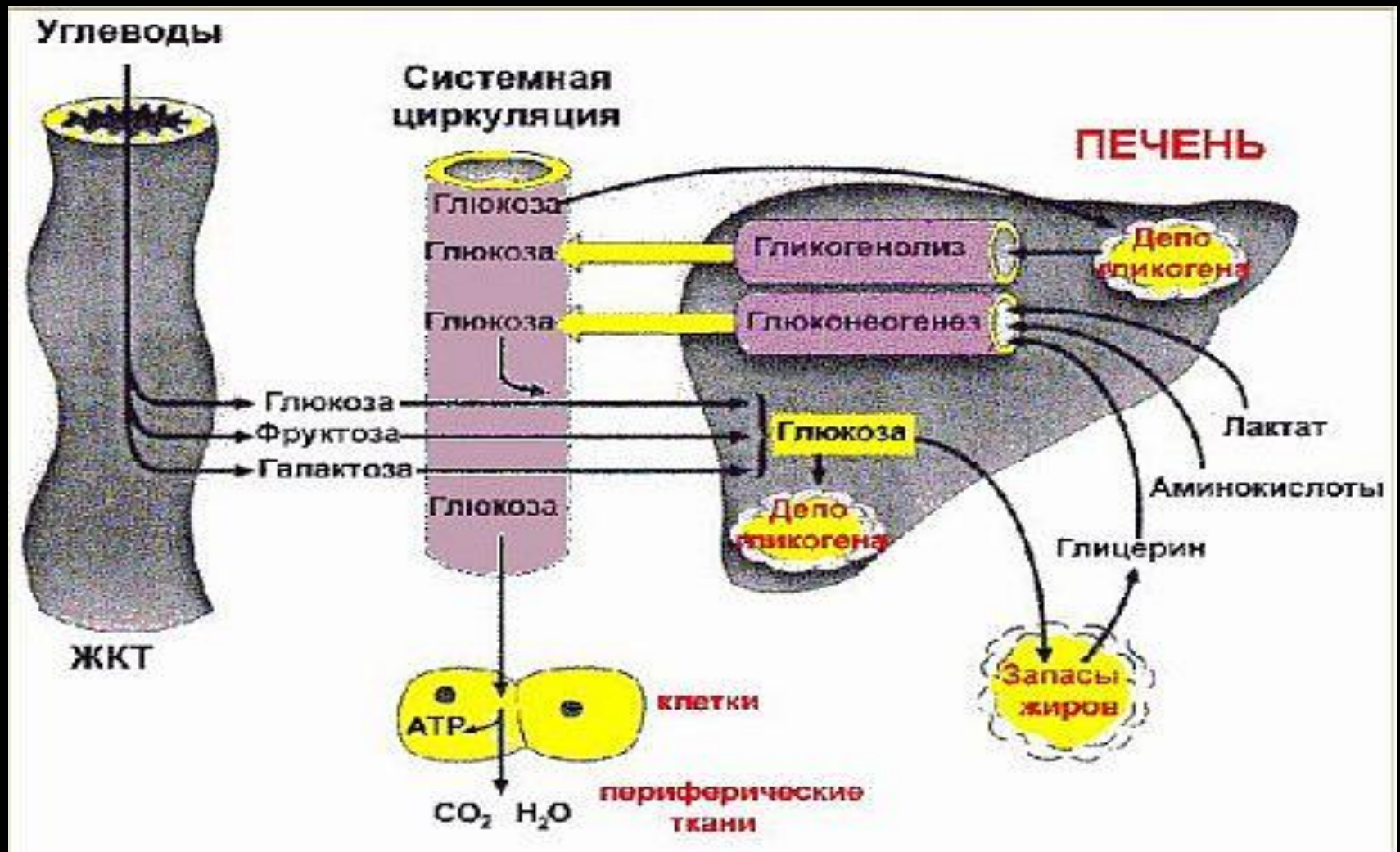
Андрогены – анаболики. Эстрогены вызывают катаболический эффект.

Глюкокортикоиды – катаболический эффект по отношению ко всем тканям, кроме печени.

# Обмен углеводов в организме



# Схема гомеостаза глюкозы



# Регуляция обмена углеводов

## Нервная регуляция.

В 1849 г. Клод Бернар при уколе дна 4-го желудочка продолговатого мозга, обнаружил повышение уровня сахара в крови.

В регуляции сахара крови участвует гипоталамус.

Симпатическая нервная система повышает уровень глюкозы в крови.

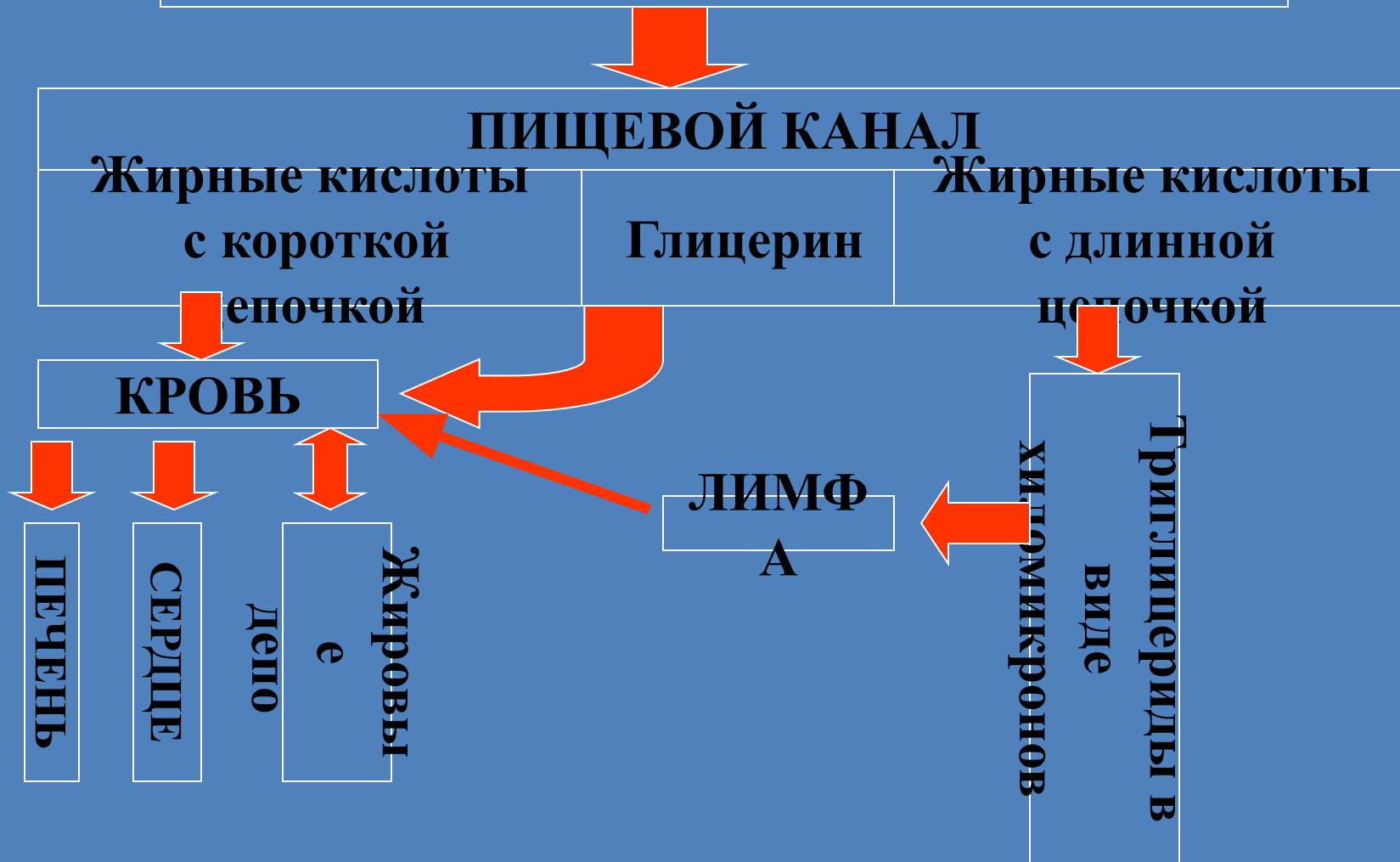
## Гуморальная регуляция.

Инсулин - единственный гормон, понижающий уровень сахара крови.

Увеличивают: глюкагон, адреналин, глюкокортикоиды, тироксин, соматотропный гормон.

# Превращение жиров в организме

**Жир пищи (триглицериды)**



# Регуляция обмена жиров

## Нервная регуляция.

Осуществляется гипоталамусом через вегетативную нервную систему.

Парасимпатическая н.с. – стимулирует отложение жира.

Симпатическая н.с. – мобилизует. Односторонняя денервация жирового депо снижает мобилизацию из него жира.

## Гуморальная регуляция.

Усиливают мобилизацию жира: адреналин, тироксин, соматотропный гормон.

Вызывают отложение жира – инсулин, глюкокортикоиды.





"Движение — это жизнь"  
Аристотель

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**