

# *Лекция 22*

## **ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ**

# Вопрос **1**

Понятия «**обмен веществ  
и энергии**»,  
«**метаболизм**»

# ***Метаболизм*** —

совокупность химических и физических превращений, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность во взаимосвязи с внешней средой.

**Метаболизм** СОСТОИТ ИЗ  
процессов  
***анаболизма*** и  
***катаболизма***

- Обратите внимание: не из процессов *ассимиляции* и *диссимиляции*

# АНАБОЛИЗМ

*(anabolismus; греч. anabole  
подъем)*

— совокупность процессов  
синтеза необходимых для  
жизнедеятельности  
соединений, клеточных,  
тканевых структур.

# КАТАБОЛИЗМ

(catabolismus; греч. katabole  
сбрасывание вниз)

— совокупность процессов  
расщепления сложных  
соединений для энергетического  
и пластического обеспечения  
процессов жизнедеятельности  
(анаболизма), распада  
клеточных и тканевых структур.

## *Сравним анаболизм и катаболизм*

ПРИЗНАКИ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ	АНАБОЛИЗМ	КАТАБОЛИЗМ
ЗАДАЧА ПРОЦЕССА	Обеспечение клетки строительным материалом и энергоносителями	Обеспечение клетки энергией
ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ	Из простых синтезируются более сложные	Сложные распадаются до простых
ЭНЕРГИЯ	затрачивается	Освобождается
АТФ	Расходуется	Образуется, накапливается

- **Ассимиляция** и **диссимиляция** более широкие понятия, чем **анаболизм** и **катаболизм**

	<b>ПИТАНИЕ</b> приход ВЕЩЕСТВ ЭНЕРГИИ	<b>АССИМИЛЯЦИЯ</b>
<b>МЕТАБОЛИЗМ</b>	<b>АНАБОЛИЗМ</b>	
	<b>КАТАБОЛИЗМ</b>	<b>ДИССИМИЛЯЦИЯ</b>
	расход ВЕЩЕСТВ ЭНЕРГИИ <b>ВЫДЕЛЕНИЕ</b>	



# ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Приход веществ\* —  
белки, жиры, углеводы  
пищи

Расход веществ -  
расщепление белков до  
 $H_2O$ ,  $CO_2$  и азотсодержащих  
соединений;  
жиров и углеводов до  
 $H_2O$  и  $CO_2$

Дисси-  
миляция

Асси-  
миляция

Приход энергии  
с пищевыми продуктами

# И ЭНЕРГИИ

Расход энергии -  
деятельность внутренних органов  
и двигательная активность

*Примечание.* \* За исключением белков, жиров, углеводов экскрементов

Вопрос 2.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН**

*Первичная  
теплота*

*Вторичная  
теплота*



*E*

*E*

*ПВ*



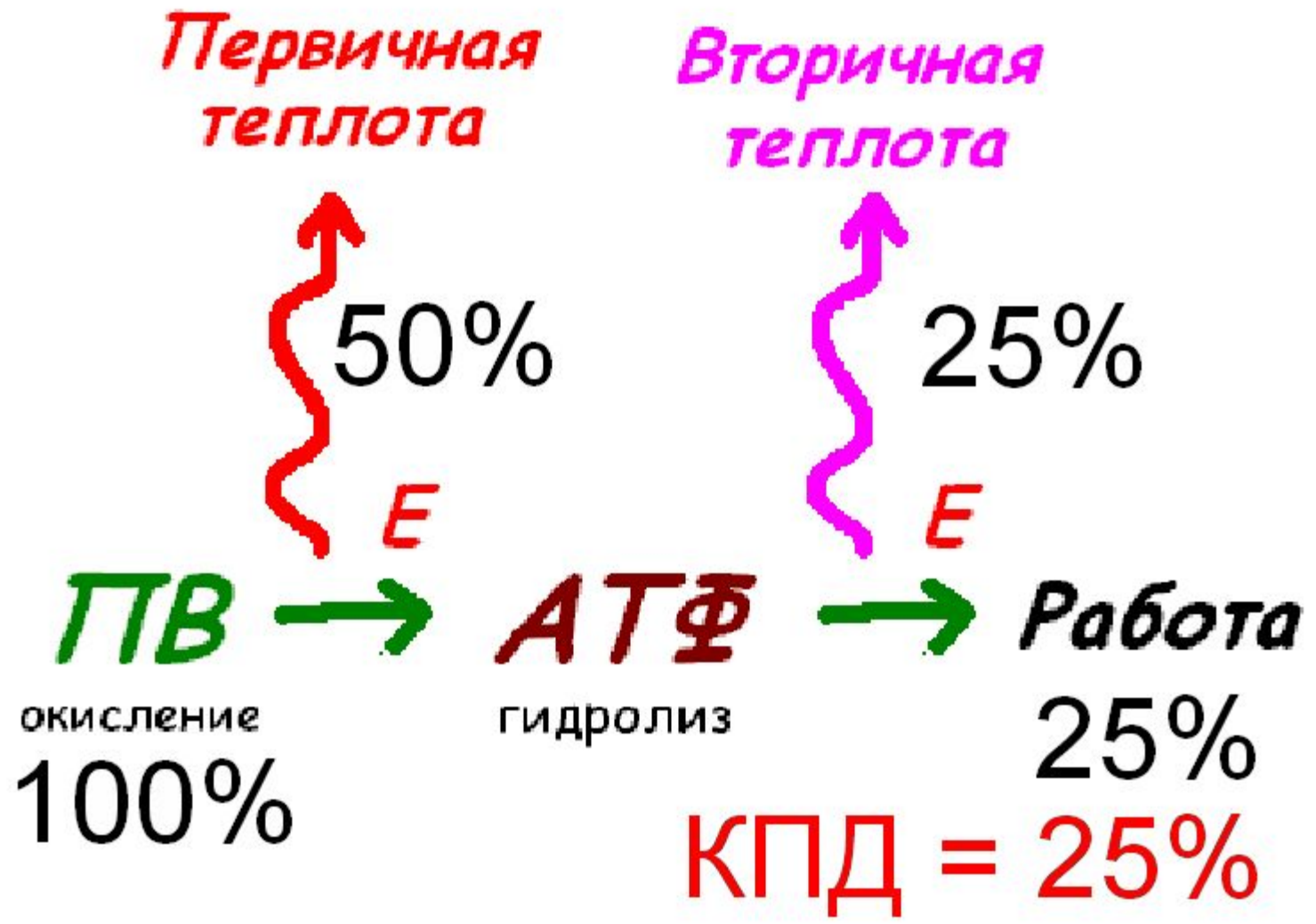
*АТФ*



*Работа*

окисление

гидролиз



# Уравнение энергетического баланса

$$E = A + H + S$$

**E** – общее количество энергии,  
получаемой организмом с пищей

**A** – полезная (внешняя) работа

**H** – теплоотдача

**S** – запасённая энергия

# Единицы измерения энергии в физиологии

- Килокалория (большая калория) - ккал
- Калория (малая калория) - кал
- Джоуль – Дж

$$1 \text{ кДж} = 0,24 \text{ ккал}$$

$$1 \text{ ккал} = 4,19 \text{ кДж}$$

# КАЛОРИМЕРИЯ

Прямая

Непрямая  
(газовый анализ)

Полный  
газовый  
анализ

(с определением  
 $O_2$  и  $CO_2$ )

Неполный  
газовый  
анализ

(с определением  
 $O_2$ )

# *Первые калориметры*

1775 г. – прямая калориметрия (А. Лавуазье, П. Лаплас)

1779 г. – непрямая калориметрия (респираторная, газоанализ) (А. Лавуазье)



Вопрос **3.**

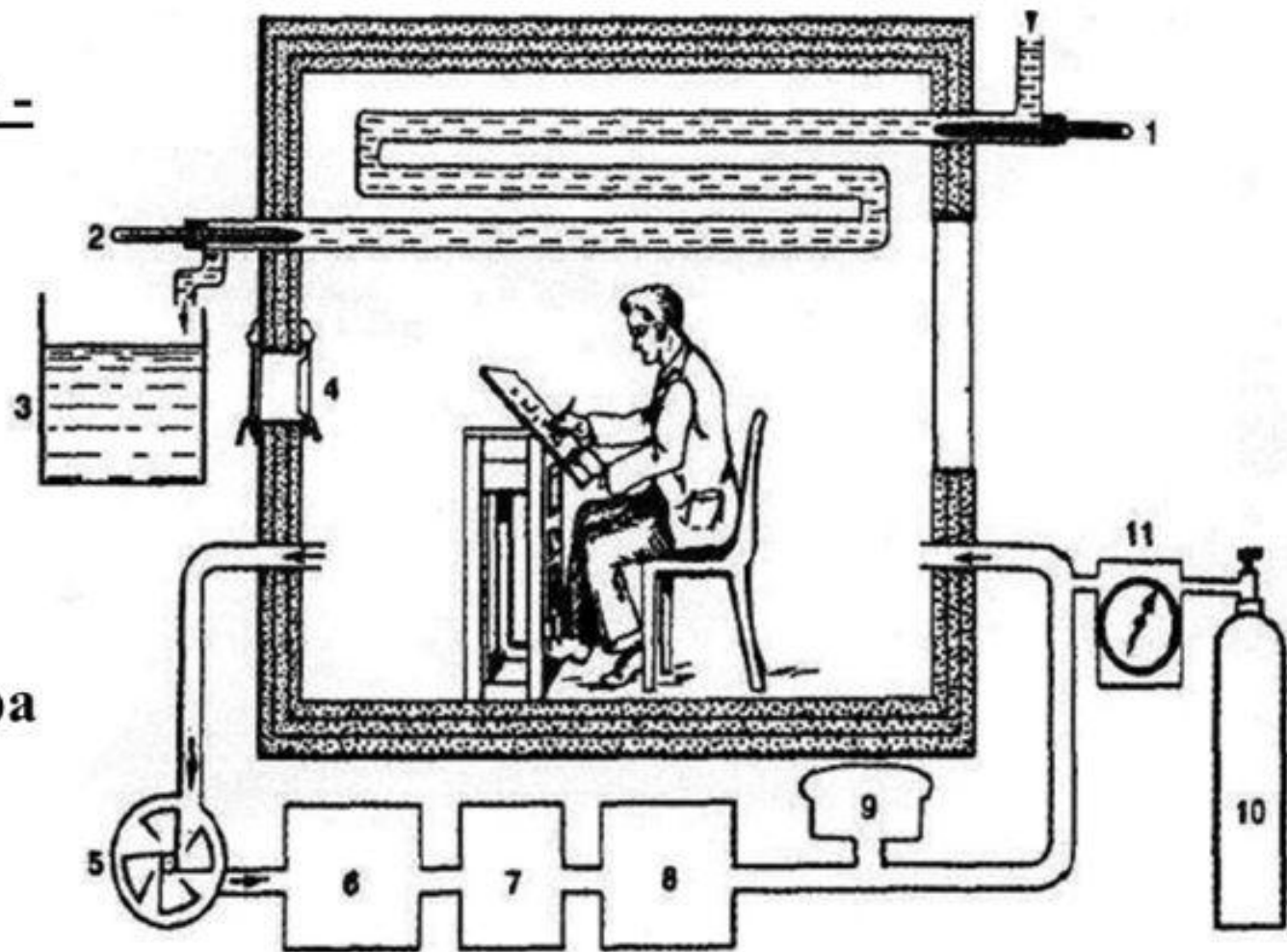
***Прямая калориметрия***

# *Прямая калориметрия*

- основана на непосредственном учете (измерении) в биокалориметрах количества **тепла**, выделенного организмом.

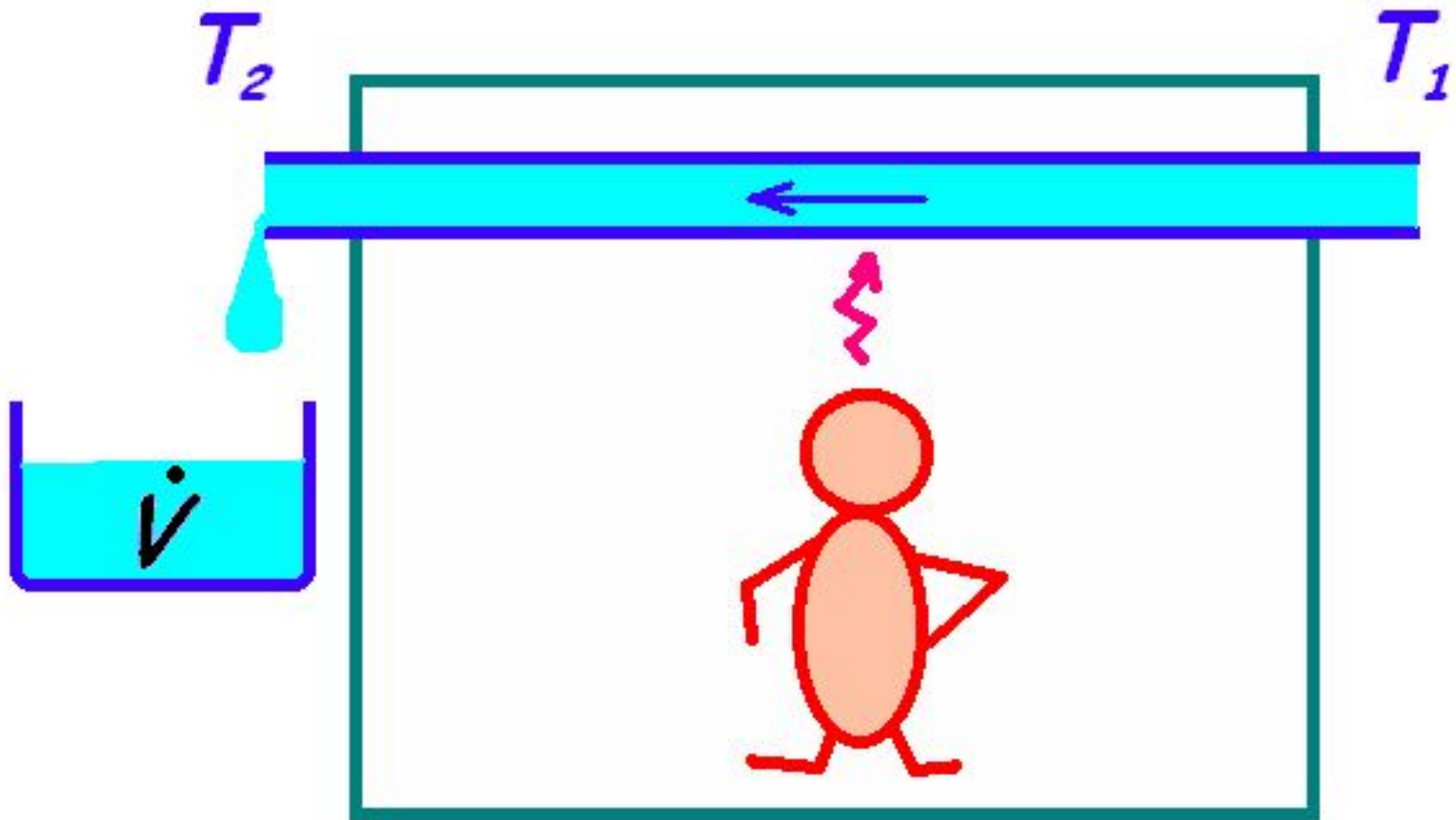
**Прямая**  
**калориметрия** -  
непосредственное  
измерение  
количества тепла,  
выделенного  
организмом

Схема  
биокалориметра



(1,2) - термометры для измерения температуры  $H_2O$ , протекающей по трубкам в камере; (3) - бак для воды; (4) - окно для подачи пищи; (5) - насос для удаления воздуха из камеры; (6,8) баки с серной кислотой для поглощения воды; (7) баки с известью для поглощения  $CO_2$ ; (9) - сосуд для поддержания постоянного давления в камере; (10) - баллон для подачи  $O_2$  в камеру через газовые часы (11).

# Прямая калориметрия



$$Q = C \cdot (T_2 - T_1) \cdot \dot{V}$$

Вопрос 4.

*Непрямая  
калориметрия*

# *Непрямая калориметрия*

основана на учете  
количества и качества  
веществ, участвующих в  
процессах образования  
тепла.

# *Непрямая калориметрия*

Может быть основана на учёте:

1. количества потреблённого кислорода
2. КЭК (калорического эквивалента кислорода)

$$Q = V \times \begin{array}{l} \text{Калорический} \\ \text{эквивалент} \\ \text{кислорода} \end{array}$$



# КЭК

- количество энергии образующееся при использовании в окислении 1 литра  $O_2$

**КЭК**

**-ИМЕЕТ *непостоянное*  
*значение***

# **КЭК** ЗАВИСИТ ОТ

- *качества субстрата, его калорического коэффициента*
- *количества субстрата, окисляемого 1 л O<sub>2</sub>*

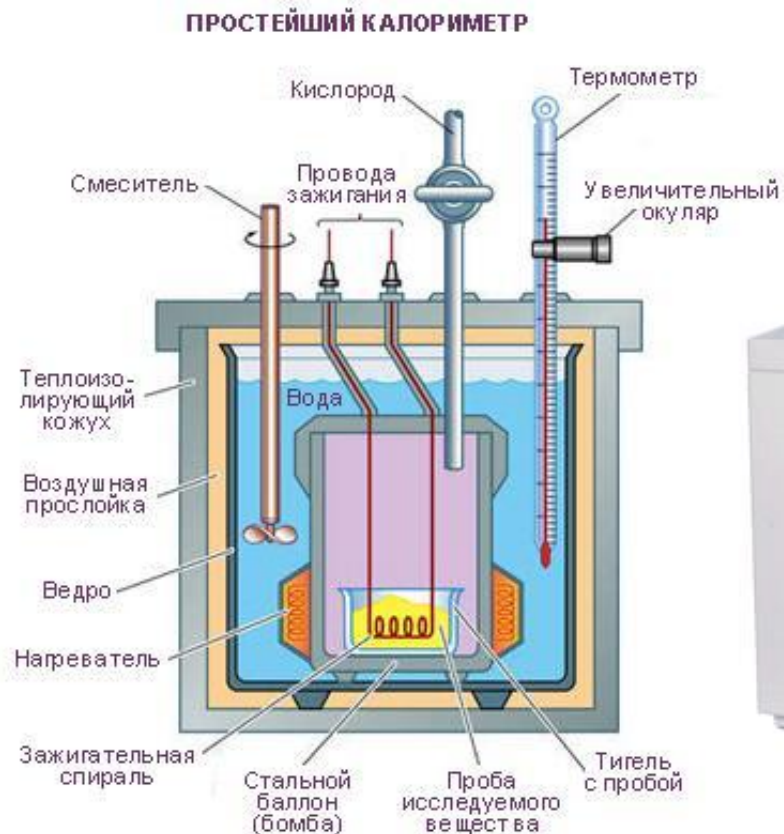
*Калорический коэффициент  
питательных веществ  
(тепловой коэффициент)*

— количество тепла,  
освобождаемое при  
сгорании 1 г вещества

# Субстраты и их калорические коэффициенты

Компоненты пищи	В калориметре (бомбе Бертло)	В организме
Белки	5,3	4,1
Жиры	9,5	9,3
Углеводы	4,3	4,1

**Бомба Берто** специальный калориметр, в котором сжигают пищу (**питательные вещества**) под высоким давлением в среде истого кислорода



КАЛОРИМЕТР C 2000 basic IKA

# *Несоответствие калорических коэффициентов в бомбе Бертто и в организме*

связано с преобразованием в организме белков только до **МОЧЕВИНЫ**, которая содержит ещё значительное количество энергии химических связей.

**Таблица 10.2. Потребление кислорода и высвобождение тепла при окислении различных веществ в организме**

Вещество, окисляющееся в организме	Количество тепла, освобождающееся при окислении 1 г вещества, кДж (ккал)	Количество потребляемого O <sub>2</sub> , л	Количество освобождающейся при окислении 1 л O <sub>2</sub> энергии, кДж (ккал)
Белки	17,17 (4,1)	0,966	19,26 (4,80)
Жиры	38,94 (9,3)	2,019	19,64 (4,69)
Углеводы	17,17 (4,1)	0,830	21,14 (5,05)



## Потребление $O_2$ и выделение $E$ разными компонентами пищи

Компоненты пищи	Потребление $O_2$ при окислении 1 г вещества, л	<b>КЭК</b>
Белки	0,966	4,80
Жиры	2,019	4,69
Углеводы	0,830	5,05

*Как узнать что «сжигается» в  
организме?*

По дыхательному  
коэффициенту (ДК).

# Дыхательный коэффициент (ДК)

$$ДК = \frac{V_{CO_2}}{V_{O_2}}$$

отношение  
объёма  
выделенного  
CO<sub>2</sub>  
к объёму  
поглощённого  
O<sub>2</sub>.

# Дыхательный коэффициент (ДК)

при окислении	<i>ДК</i>
Белков	0,85—089
жиров	0,70
углеводов	1,00

# Почему ДК для углеводов = 1 ?

- Общий итог окисления молекулы глюкозы можно выразить формулой:
- $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 = 6 CO_2 + 6 H_2O$ .
- При окислении глюкозы число молекул образовавшегося  $CO_2$  равно числу молекул затраченного (поглощенного)  $O_2$ .

# Почему ДК для углеводов = 1 ?

- Равное количество молекул газа при одной и той же температуре и одном и том же давлении занимает один и тот же объем (закон Авогадро—Жерара). Следовательно, дыхательный коэффициент (отношение  $\text{CO}_2 / \text{O}_2$ ) при окислении глюкозы и других углеводов равен единице.

# Почему ДК для жиров < 1 ?

- окисления трипальмитина:
- $2 \text{C}_3\text{H}_5 (\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_3 + 145 \text{O}_2 = 102 \text{CO}_2 + 98 \text{H}_2\text{O}$ .
- Отношение между объемами углекислого газа и кислорода составляет в данном случае:
- $102 \text{CO}_2 / 145 \text{O}_2 = 0,703$ .

# При смешанной пище у человека

$$\text{ДК} \approx 0,85$$



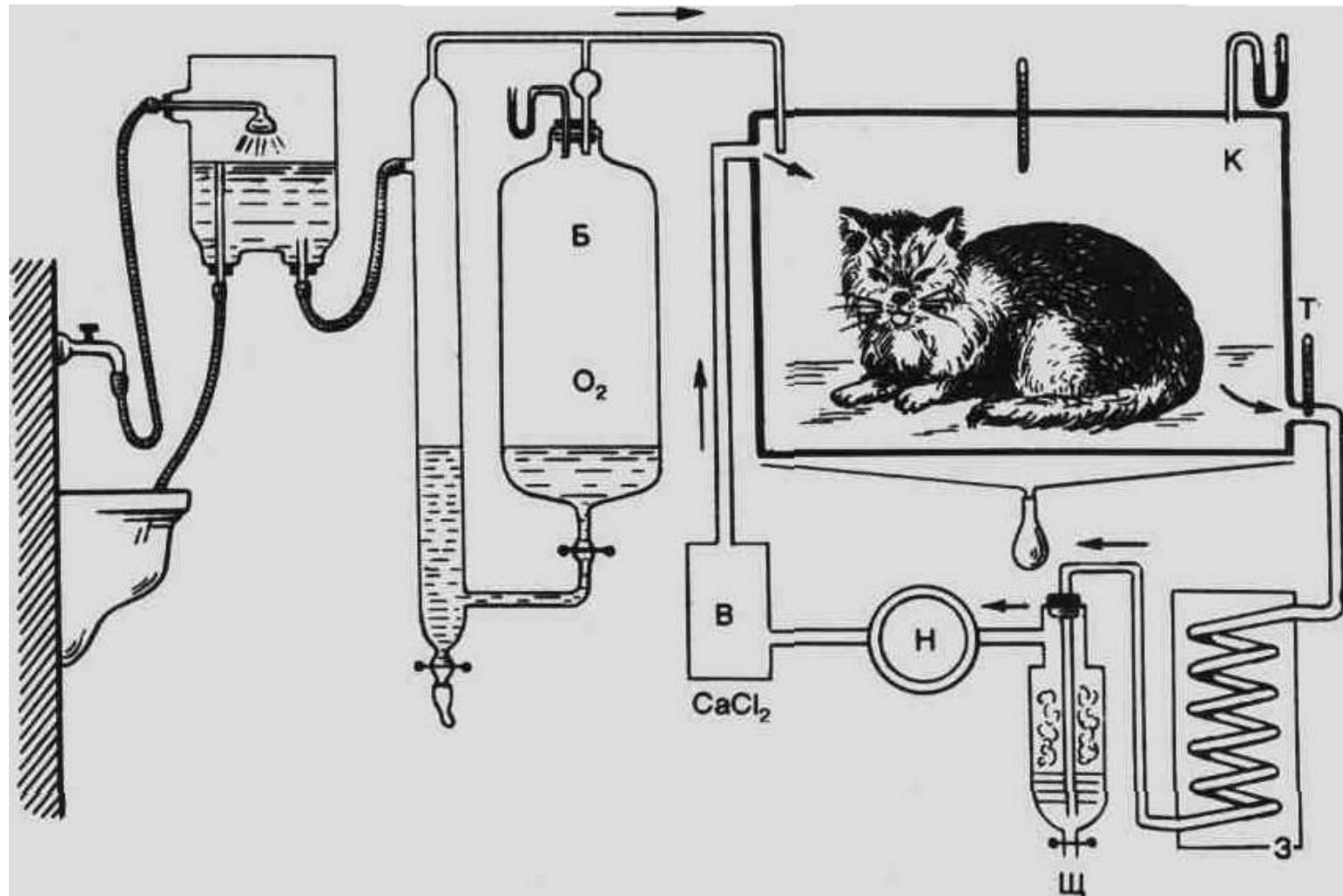
## Соотношение ДК и КЭК

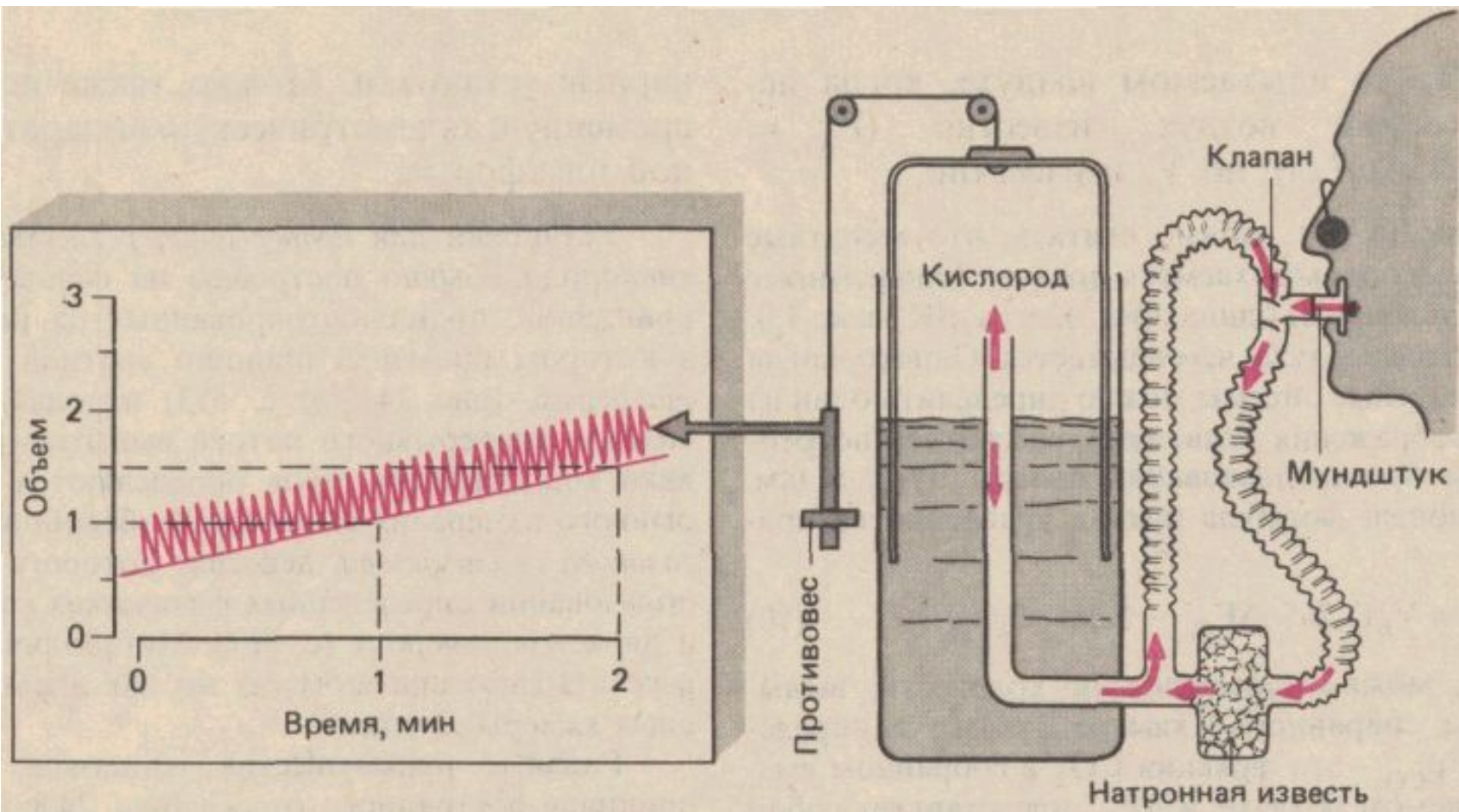
<b>ДК</b>	<b>КЭК</b>
<b>0,70</b>	<b>4,686</b>
0,75	4,739
0,80	4,801
<b>0,85</b>	<b>4,862</b>
0,90	4,924
0,95	4,985
<b>1,00</b>	<b>5,057</b>

- *Способ  
Дугласа-  
Холдейна*



# Респираторный аппарат Шатерникова





# Сравнение полного и неполного газового анализа

Полный	Неполный
Определяется количество потреблённого $O_2$	Определяется количество потреблённого $O_2$
Определяется количество выделенного $CO_2$	-
Вычисляется ДК	ДК принимается равным 0,85
Вычисляется КЭК	КЭК принимается равным 4,862

Т а б л и ц а 10.3. Соотношение дыхательного коэффициента и calorического эквивалента кислорода

Calориче- ский экви- валент кис- лорода	Дыхательный коэффициент						
	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
кДж	19,619	19,841	20,101	20,356	20,616	20,871	21,173
ккал	4,686	4,739	4,801	4,862	4,924	4,985	5,057

$$Q = V \cdot 4,862$$

Вопрос 4.

***ОСНОВНОЙ  
ОБМЕН***

# *Основной обмен*

- энерготраты организма в условиях физиологического покоя



# Условия определения основного обмена

- бодрствование
- натощак (через 12 – 16 ч после приема пищи)
- при внешней температуре «комфорта» (18 – 20 °С), не вызывающей ощущения холода или жары.
- мышечный покой (положение лежа с расслабленной мускулатурой)
- эмоциональный покой

*oo !!!*

ОСНОВНОЙ  
обмен

~~≡~~

обмен  
покоя

# Нормальные значения ОО

- Учебник С.466
- У мужчин – 1700 ккал/сутки
- У женщин – на 10% меньше

**Нормальные значения  
основного обмена человека**

**$\pm 10\%$  ДОО**

**ДОО** – должный основной  
обмен

**ДОО зависит от**

- **Пола**
- **Возраста**
- **Массы тела**
- **Поверхности тела ???**

Вопрос **5.**

***Рабочий ОБМЕН***

**+ основной обмен**  
**рабочая прибавка**

---

**Рабочий обмен**



# Коэффициент физической активности

$$K_{\Phi A} = \frac{PO}{OO}$$

# *Правило поверхности тела*

**Затраты энергии  
теплокровными животными  
пропорциональны  
значению площади  
поверхности тела**

Вопрос 6.

*Масса тела как  
показатель баланса  
энергетического  
обмена*

# Должная масса тела

- у людей в возрасте от 20 до 60 лет
- Характеризуется индексом массы тела (ИМТ) = индекс Кетле
- ***ИМТ = Масса тела (кг) / рост<sup>2</sup> (м)***
- ***Норма ИМТ = 18,5 - 25,0***