

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**

	ПИТАНИЕ приход ВЕЩЕСТВ ЭНЕРГИИ	АССИМИЛЯЦИЯ
МЕТАБОЛИЗМ	АНАБОЛИЗМ	
	КАТАБОЛИЗМ	ДИССИМИЛЯЦИЯ
	расход ВЕЩЕСТВ ЭНЕРГИИ ВЫДЕЛЕНИЕ	

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

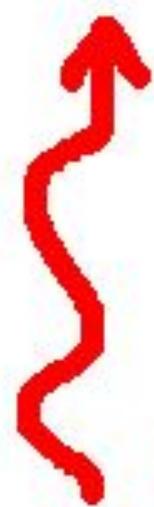
Примечание. * За исключением белков, жиров, углеводов экскрементов

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.**

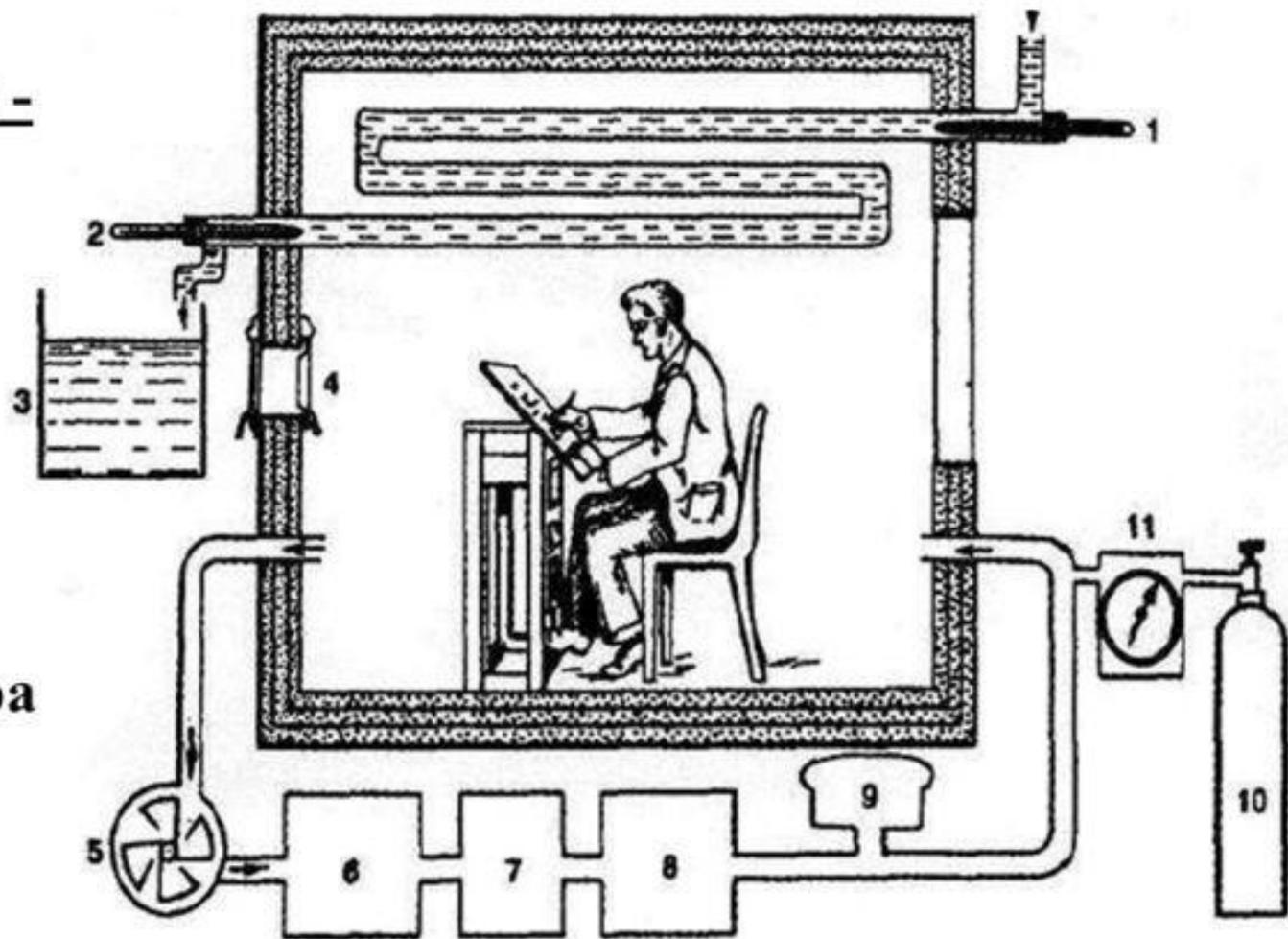
Прямая калориметрия

Прямая калориметрия

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

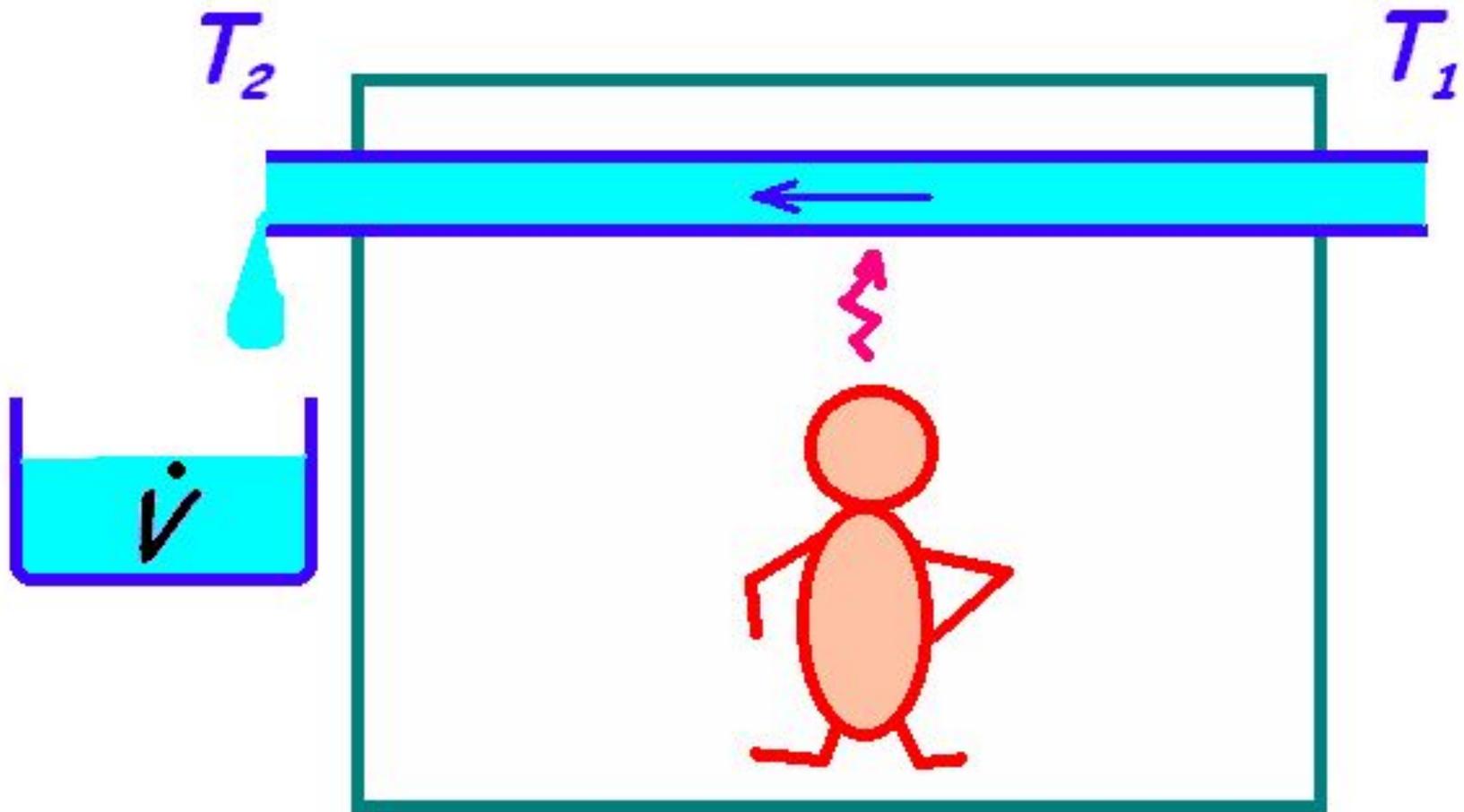
Прямая
калориметрия -
непосредственное
измерение
количества тепла,
выделенного
организмом

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 O₂*

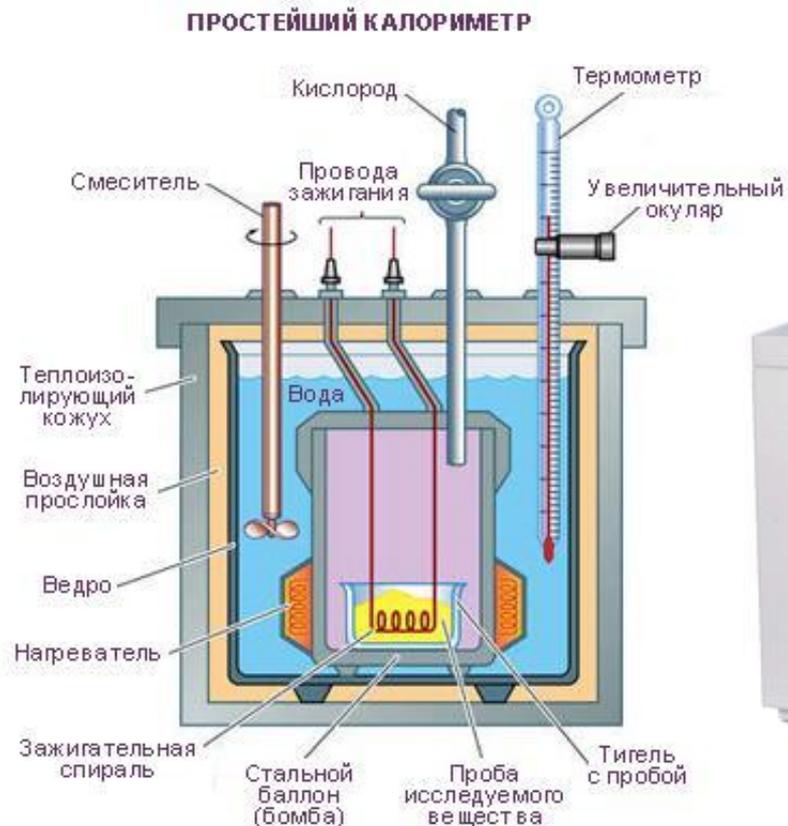
*Калорический коэффициент
питательных веществ
(тепловой коэффициент)*

— 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 ₂ , л	Количество освобождающейся при окислении 1 л O ₂ 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	КЭК
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
CO₂
к объёму
поглощённого
O₂.

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 CO_2 / 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

$$\text{ДК} \approx 0,85$$

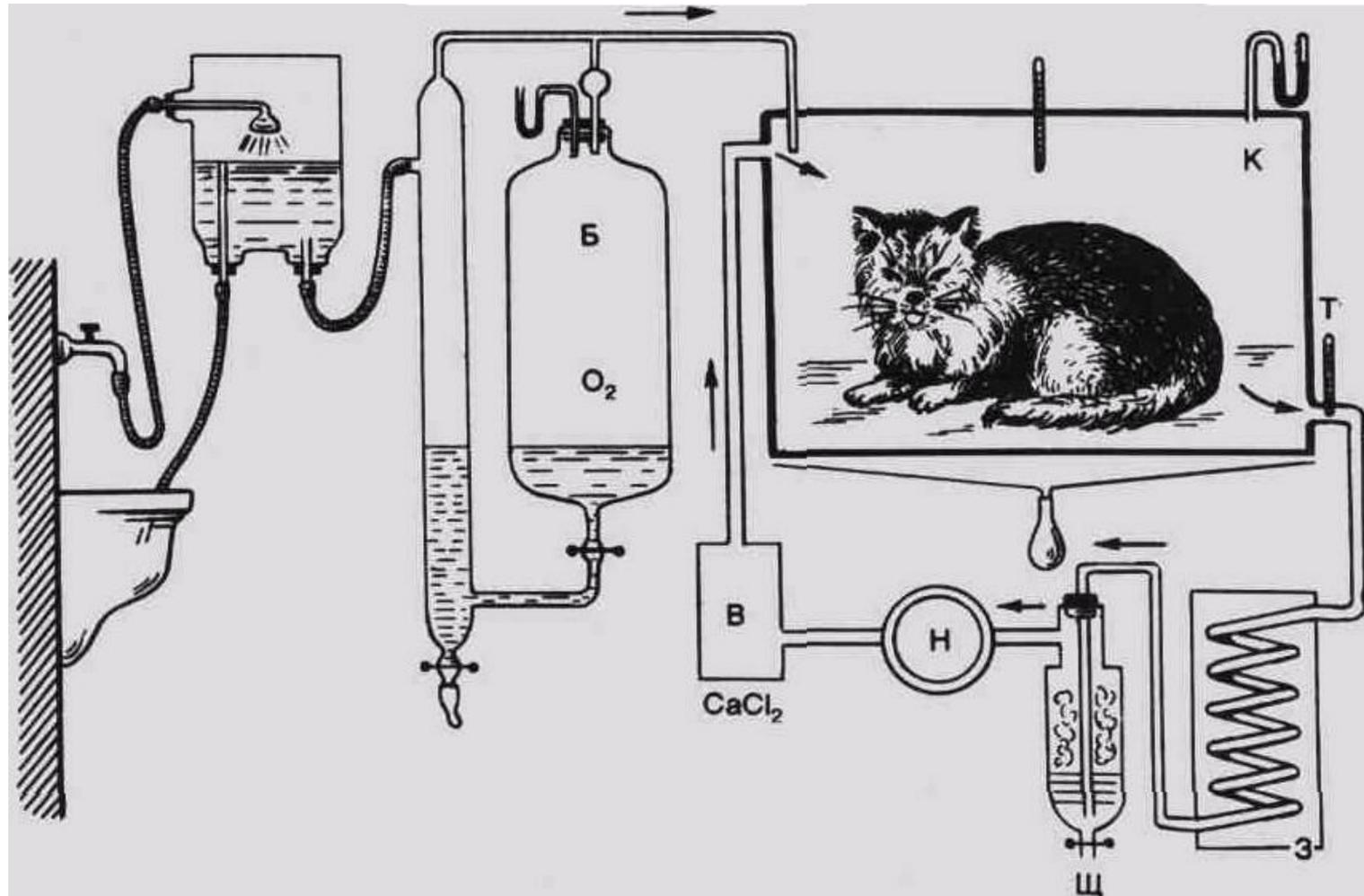
Соотношение ДК и КЭК

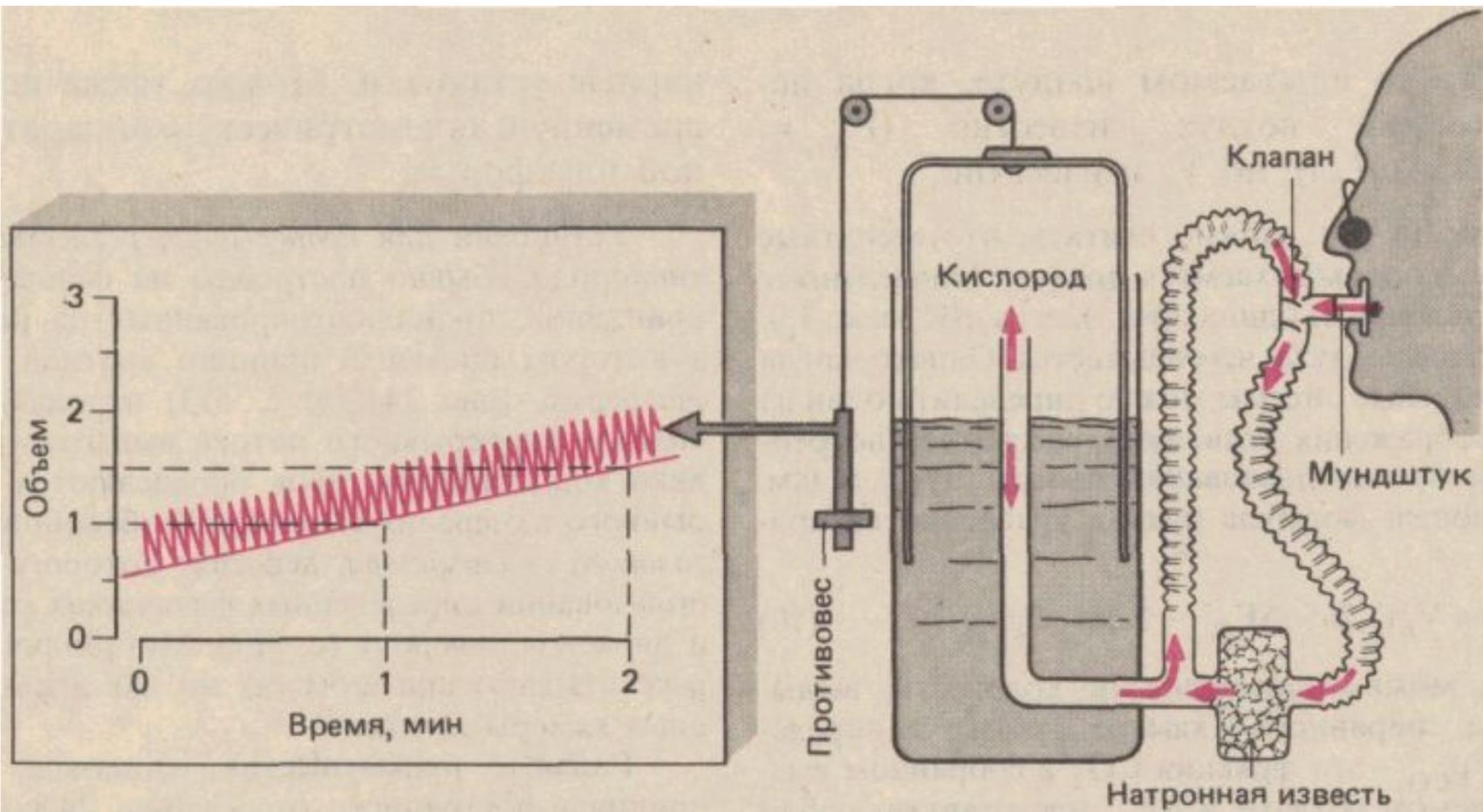
ДК	КЭК
0,70	4,686
0,75	4,739
0,80	4,801
0,85	4,862
0,90	4,924
0,95	4,985
1,00	5,057

- *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) / рост² (м)***
- ***Норма ИМТ = 18,5 - 25,0***