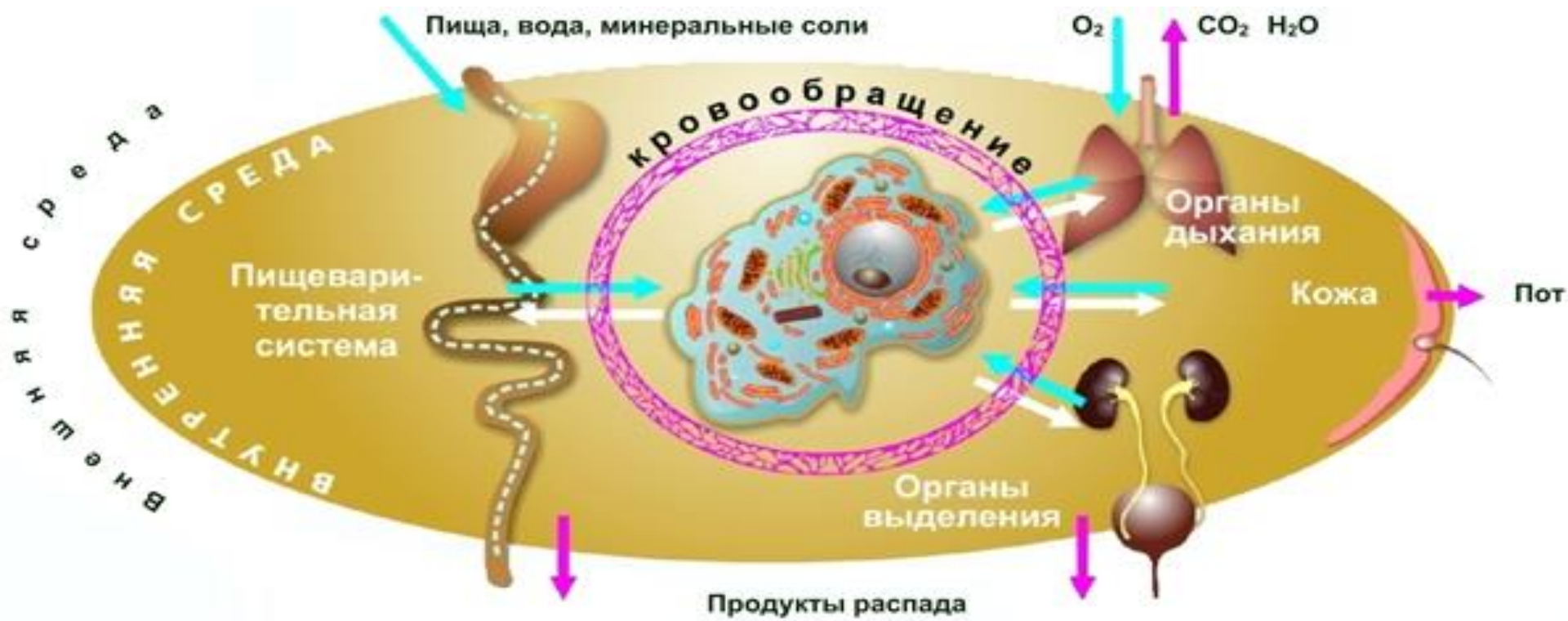


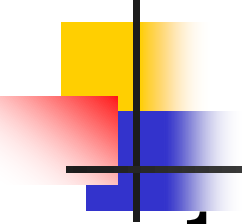
Гомельский государственный
медицинский университет
Кафедра нормальной и
патологической физиологии

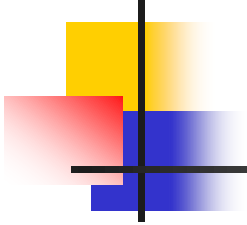
ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ.



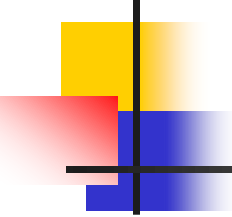
Лекция для студентов 2 курса
Ст. преподаватель Медведева Г.А.

ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 
-
- 1. Общая характеристика обмена веществ.
 - 2. Обмен белков. Азотистый баланс, его виды.
 - 3. Обмен липидов.
 - 4. Обмен углеводов.
 - 5. Энергетический обмен.

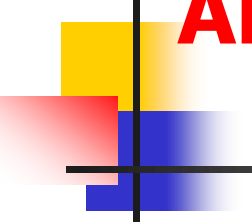


ОБМЕН ВЕЩЕСТВ – совокупность изменений, которые претерпевают вещества с момента их поступления в пищеварительный тракт, до образования конечных продуктов распада.



Этапы обмена веществ:

- **1. Поступление веществ в организм (питание и дыхание);**
- **2. Метаболизм (*анаболизм* — ферментативный синтез, *катаболизм* — ферментативное расщепление питательных веществ);**
- **3. Выведение конечных продуктов распада.**



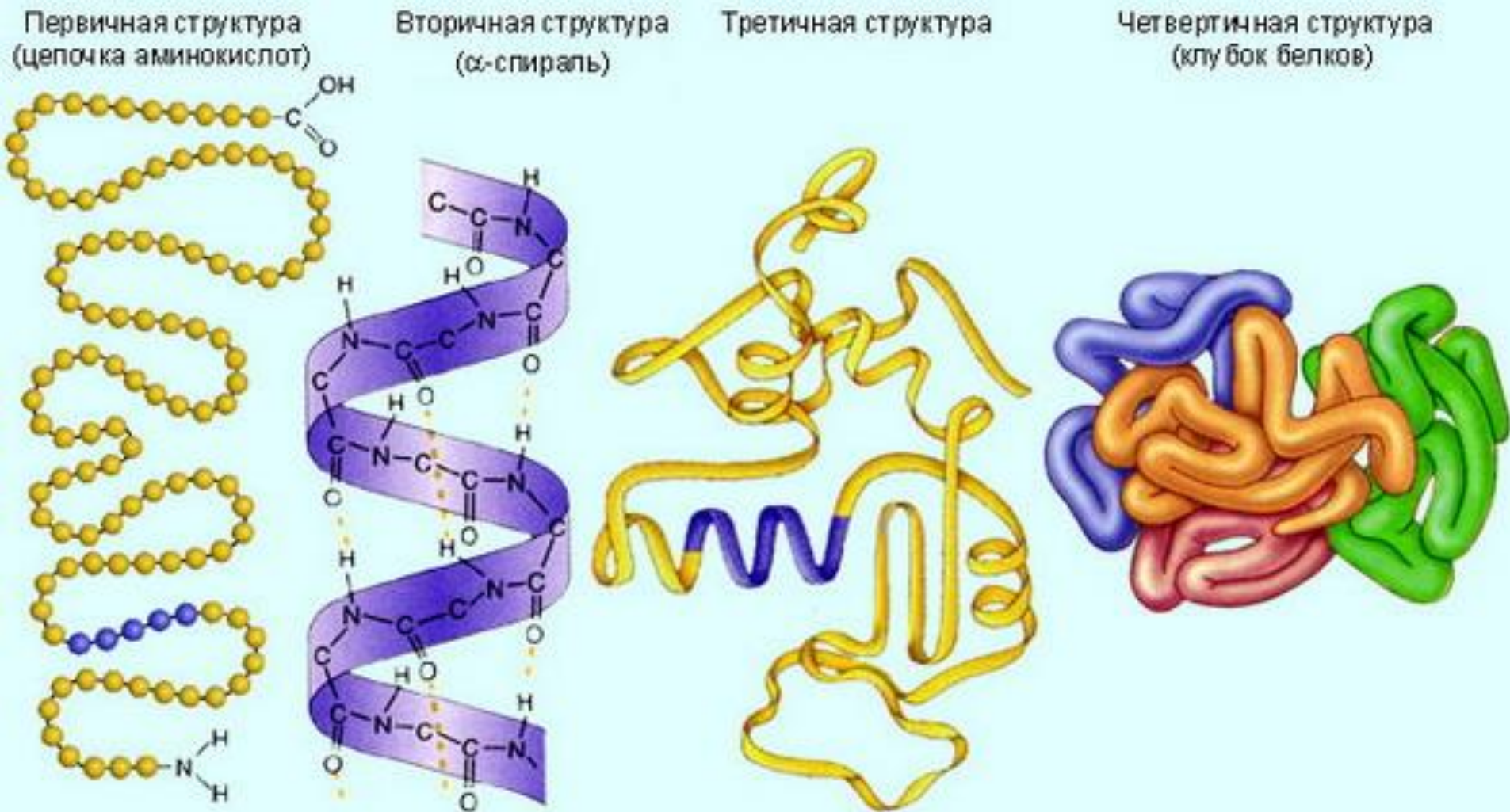
Анаболизм / пластический обмен –
ферментативный синтез из простых
органических молекул сложных
клеточных компонентов.

Протекает с поглощением энергии.

Катаболизм / энергетический обмен –
ферментативное расщепление крупных
органических молекул на более простые.

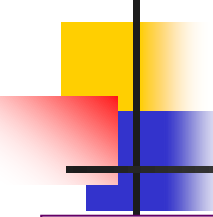
Протекает с выделением энергии.

ОБМЕН БЕЛКОВ



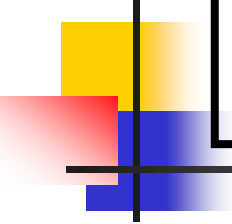
Функции белков:

- ❖ **Пластическая / структурная**
- ❖ **Энергетическая (1 г белка – 17,6 кДж энергии)**
- ❖ **Каталитическая / ферментативная**
- ❖ **Регуляторная (белки-гормоны)**
- ❖ **Защитная (иммуноглобулины, гемостаз)**
- ❖ **Транспортная (ионный канал, гемоглобин, альбумины)**
- ❖ **Двигательная / сократительная (актин, миозин)**
- ❖ **Рецепторная (родопсин)**
- ❖ **Буферная**
- ❖ **Реологическая (вязкость крови)**
- ❖ **Сигнальная**



Превращение белков в организме

- ❖ 1 – путь – белки пищи используются для синтеза специфических белков и других веществ
- ❖ 2 – путь – эндогенный гидролиз белков, который направлен на обновление белков ткани



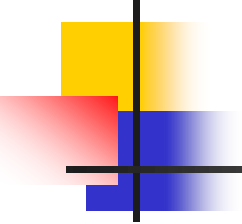
Период полураспада белков ***80 суток***

Мышечных белков – **180** суток

Белков плазмы – **10** суток

Белков – гормонов – **неск. минут**

БЕЛКИ – биологические полимеры, состоящие из аминокислот



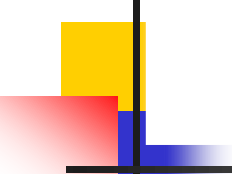


ЗАМЕНИМЫЕ

- Аланин
- Цистеин
- Тирозин
- Пролин
- Серин
- Глицин
- Глутамин
- Глутаминовая кислота
- Аспарагин
- Аспарагиновая кислота
- Аргинин (у взрослых)
- Гистидин (у взрослых)

НЕЗАМЕНИМЫЕ

- Лейцин
- Изолейцин
- Валин
- Метионин
- Лизин
- Треонин
- Фенилаланин
- Триптофан
- Аргинин (у детей)
- Гистидин (у детей)

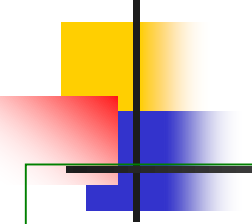


Суточная потребность в белках

80 – 100 г

**(физиологический оптимум –
1 г на 1 кг массы тела)**

**При физической нагрузке –
до 150 г**

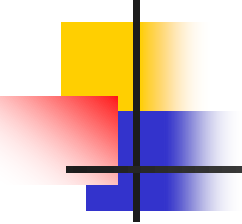


Азотистый баланс – разность между количеством азота поступившего с пищей и выделенного с продуктами метаболизма.

16 г азота – 100 г белка

1 г азота – 6,25 г белка

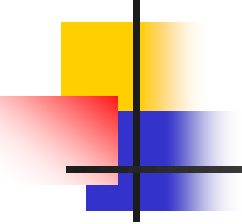
- ❑ **Азотистое равновесие** – количество поступившего азота = количеству выделенного азота.
- ❑ **Положительный азотистый баланс** – количество поступившего азота больше выделенного.
- ❑ **Отрицательный азотистый баланс** – количество выделенного азота больше поступившего.



Коэффициент изнашивания Рубнера

**-минимальное количество белка,
постоянно распадающегося в
организме.**

**0,028 – 0,065 г азота
на 1 кг массы тела**



Регуляция белкового обмена

Синтез белка

контролируют:

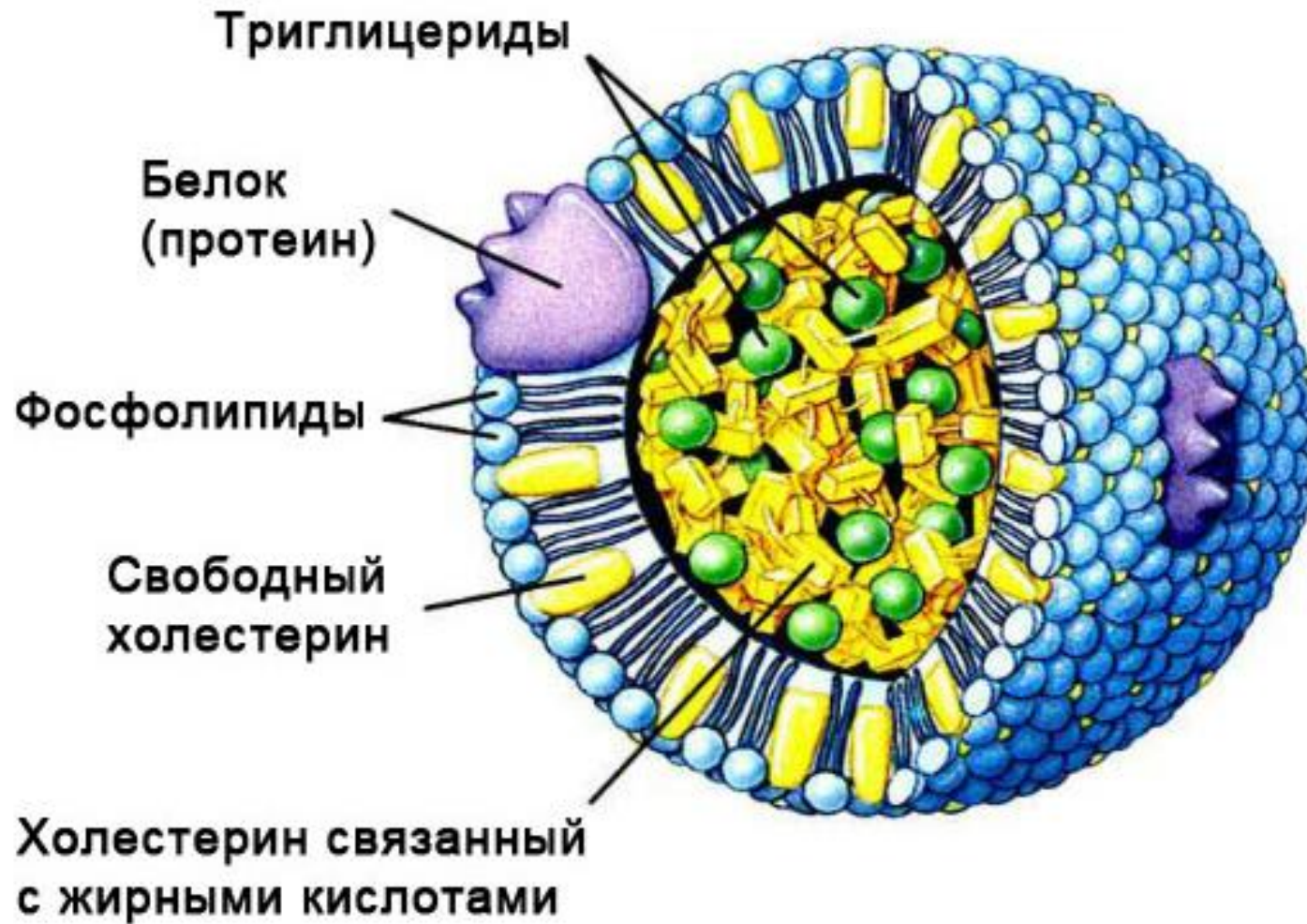
- ❖ Соматотропин
- ❖ Инсулин
- ❖ Андрогены
- ❖ Тиреоидные гормоны (недостаток)
- ❖ Глюкокортикоиды (в печени)

Распад белка

контролируют :

- ❖ Адреналин
- ❖ Тиреоидные гормоны (избыток)
- ❖ Глюкокортикоиды (в тканях)

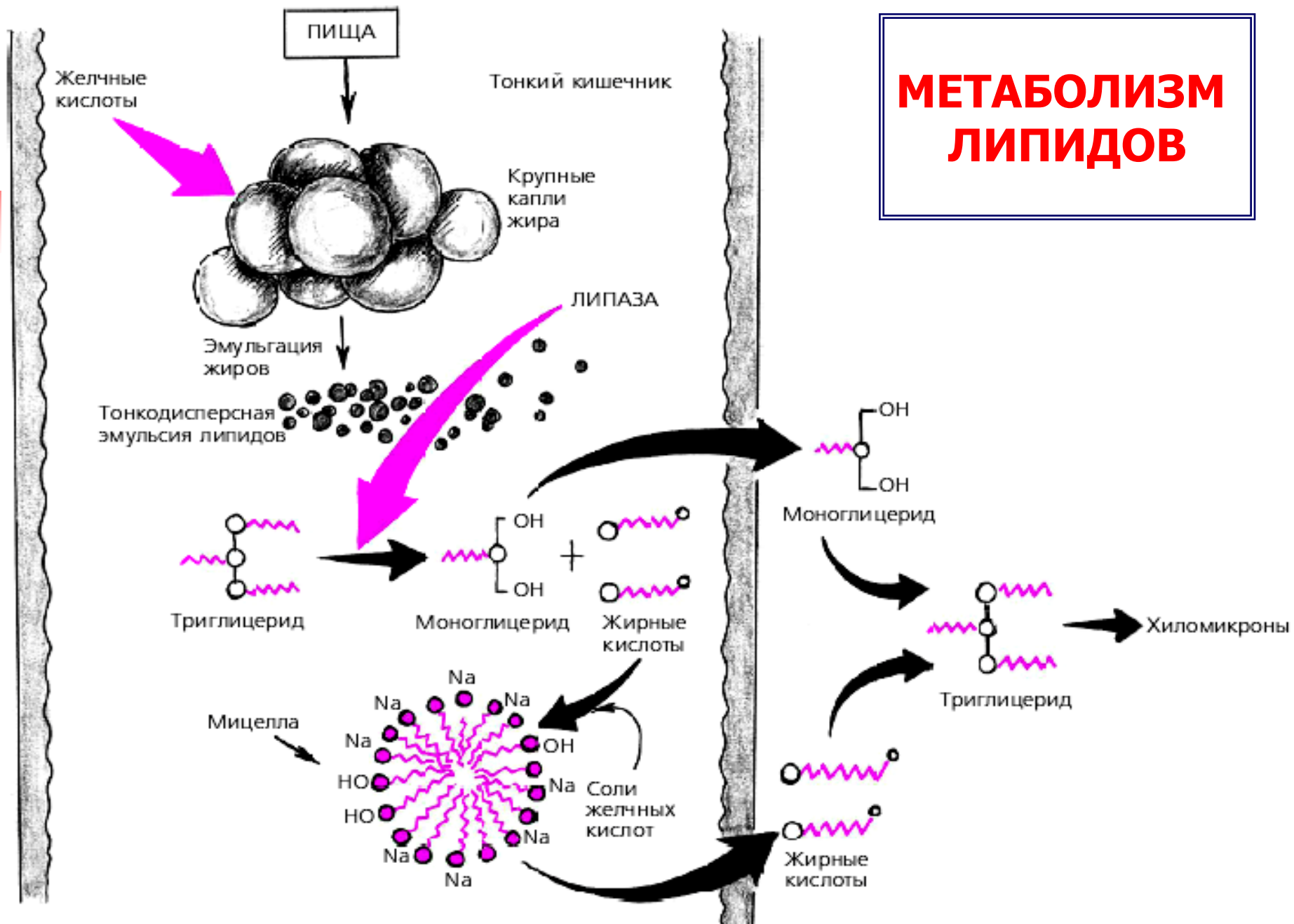
ОБМЕН ЛИПИДОВ

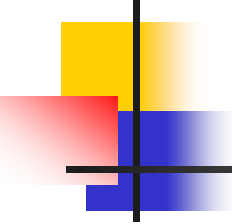


Функции липидов:

- ❖ Пластическая / структурная (компонент биомембран)
- ❖ **Энергетическая (1 г липидов – 38,9 кДж)**
- ❖ Источник эндогенной воды (100 г жиров – 107 г воды)
- ❖ Запасающая
- ❖ Терморегуляторная (теплоизоляция)
- ❖ Регуляторная (стероидные гормоны)
- ❖ Механическая (прослойки между органами, амортизация)
- ❖ Транспортная (транспорт жирорастворимых витаминов)

МЕТАБОЛИЗМ ЛИПИДОВ





Высшие жирные кислоты

Насыщенные

(не содержат двойных связей)

- *Пальмитиновая*
- *Стеариновая*

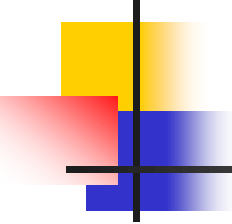
Входят в состав
твёрдых жиров

Ненасыщенные

(содержат двойные связи)

- *Олеиновая*
- *Линолевая*
- *Линоленовая*
- *Арахидоновая*

Входят в состав **жидких**
жиров / масел



Роль жирных ненасыщенных кислот:

- **Регулируют рост и развитие организма;**
- **Активируют ферменты;**
- **Влияют на деятельность сердечно-сосудистой и нервной систем;**
- **Регулируют синтез простагландинов и половых гормонов;**
- **Участвуют в формировании мембран клеток головного мозга.**

Холестерин

```
graph TD; A[Холестерин] --> B[Строительство клеточных структур]; A --> C[Источник для синтеза других компонентов]; A --> D[Управление биохимическими процессами]; B --> E[Миелинные оболочки]; B --> F[Билипидный слой эритроцитов]; C --> G[Кортикостероидные гормоны]; C --> H[Стероидные гормоны]; C --> I[Витамин Д]; C --> J[Желчь]; D --> K[Глико-нео-генез];
```

Строительство
клеточных
структур

Миелино
вые
оболочки

Билипид-
ный слой
эритро-
цитов

Источник для
синтеза других
компонентов

Кортико-
стероид-
ные
гормоны

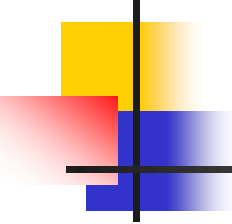
Стероид-
ные
гормоны

Витамин
Д

Желчь

Управление
биохимическими
процессами

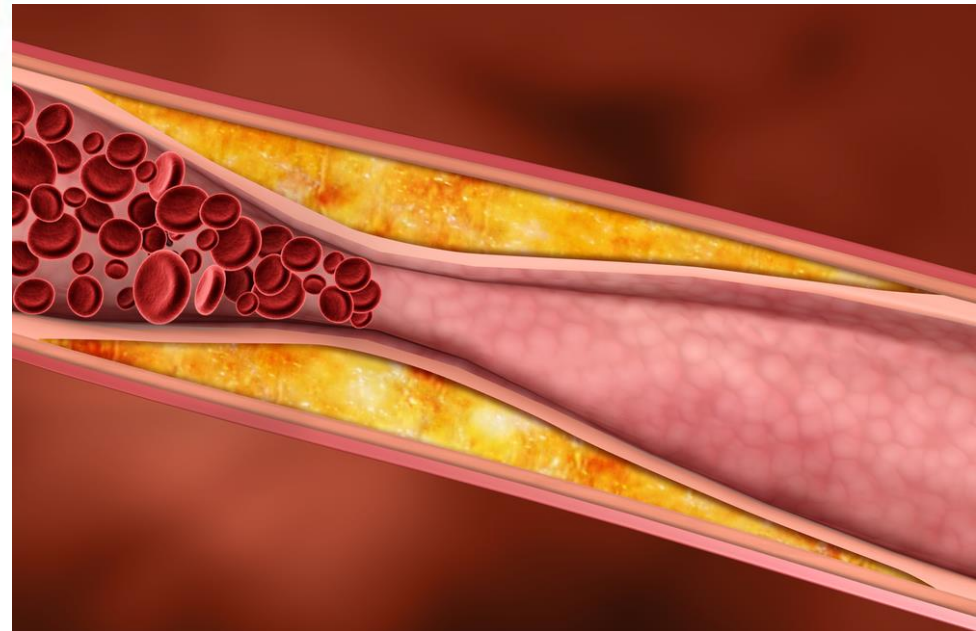
Глико-
нео-
генез

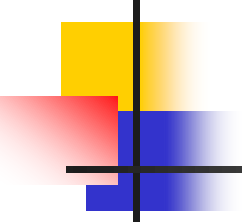


Общий пул холестерина:

- **Экзогенный холестерол** (400 мг/сут)
- **Эндогенный холестерол** (1000 мг/сут)

Формирование атеросклеротической бляшки





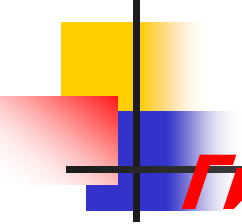
Суточная потребность в жирах

70 – 125 г

70% животного : 30% растительного
(физиологический оптимум –
1 – 5 г на 1 кг массы тела)

Суммарное количество жиров в
организме – 10-20 %,
предельно допустимая граница - 25%

Нервная регуляция обмена жиров



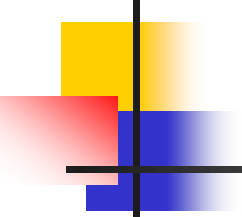
Гипоталамус:

- Повреждение **латерального ядра** - потеря аппетита, **исхудание**;
- Повреждение **вентромедиального ядра** – повышение аппетита, **ожирение**.

ВНС

- **Симпатическая НС** – тормозит синтез триглицеридов, усиливает их распад;
- **Парасимпатическая НС** – способствует отложению жира.

Гуморальная регуляция обмена жиров



Анаболизм регулируется:

- инсулином
- глюкокортикоидами
- пролактином
- липотропином
- эстрогенами

Катаболизм
регулируется:

- СТГ, ТТГ, АКТГ
- тироксином
- адреналином,
норадреналином

ОБМЕН УГЛЕВОДОВ

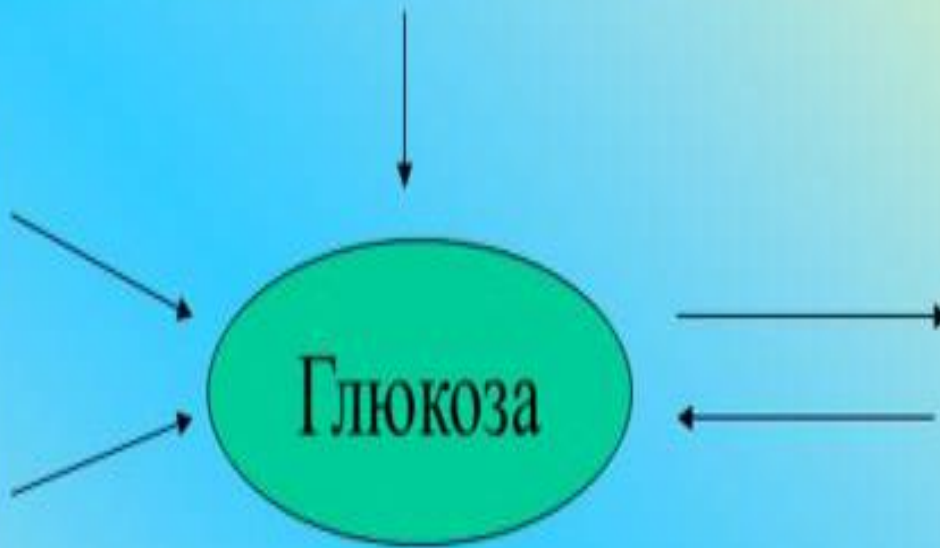
Пищеварительные ферменты

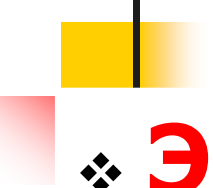
Крахмал

Сахар

Глюкоза

Гликоген
печени

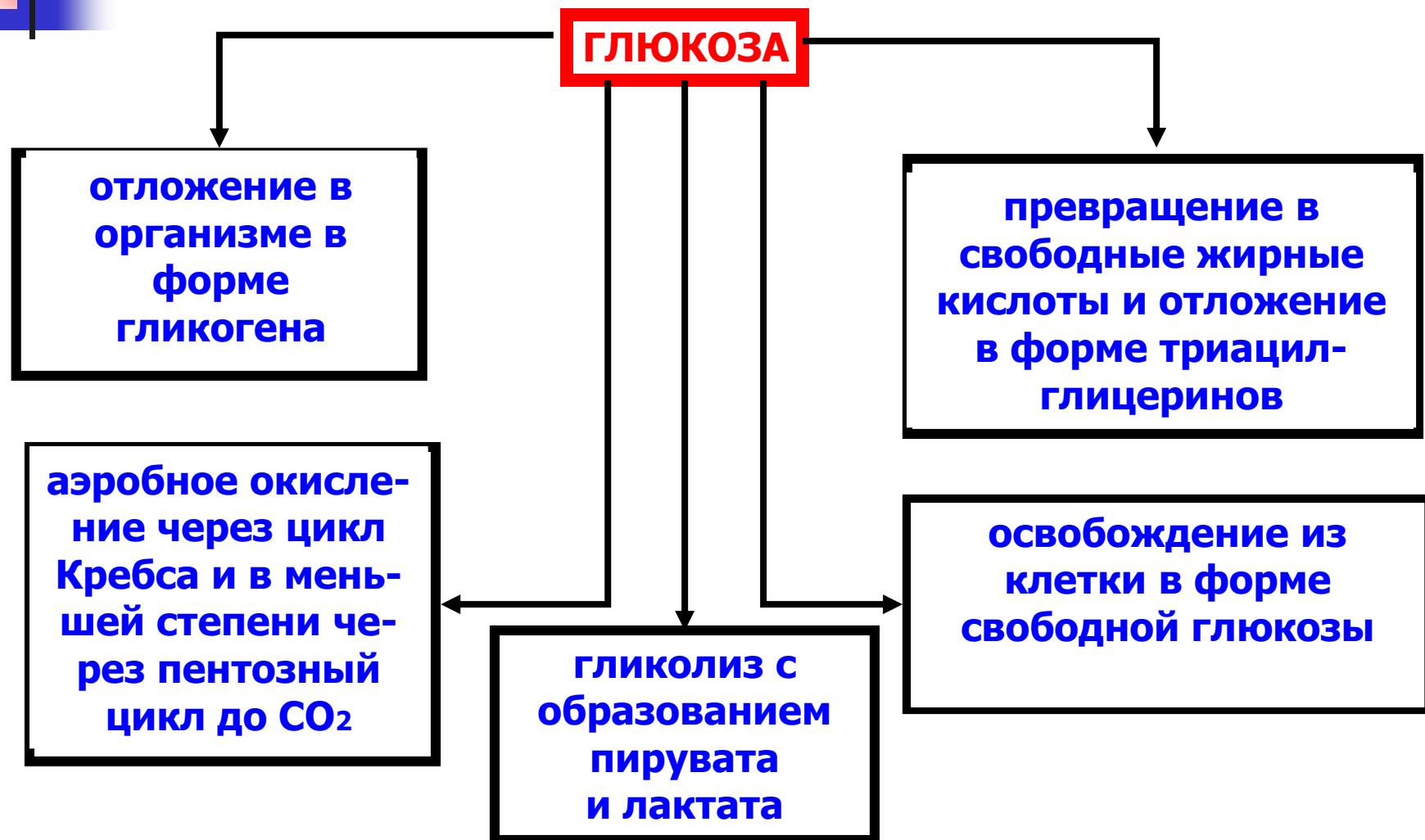


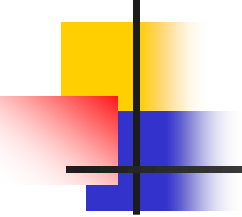


Функции углеводов:

- ❖ **Энергетическая** (1 г углеводов – 17,6 кДж)
- ❖ Пластическая / структурная (компонент нуклеотидов, биомембран, хрящевой и соединительной тканей)
- ❖ Запасающая (гликоген)
- ❖ Защитная (слизь бронхов, ЖКТ)

Основные пути метаболизма глюкозы в организме





Суточная потребность в углеводах

500 г

**(физиологический оптимум –
5 – 7 г на 1 кг массы тела)**

минимальная граница – 100–150 г

Регуляция обмена углеводов определяется поддержанием уровня **глюкозы** в крови (3,3 – 5,55 ммоль/л)

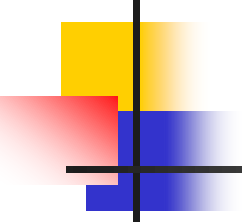
Нервная регуляция:

- ✓ Гипоталамус
- ✓ Продолговатый мозг (дно IV желудочка)
- ✓ КБП

Увеличивают
содержание
глюкозы в крови

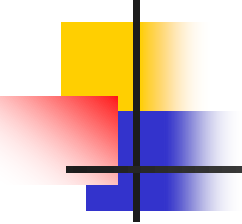
Гуморальная регуляция:

- а) **снижение** уровня
глюкозы в крови:
инсулин
- б) **увеличение** уровня
глюкозы в крови:
 - ✓ Глюкагон
 - ✓ Адреналин
 - ✓ Глюкокортикоиды
 - ✓ Соматотропный гормон
 - ✓ Тироксин,
трийодтиронин



Баланс энергии

**Химическая энергия пищи =
тепловая энергия + энергия работы ±
химический запас энергии**



Энергетический обмен – использование химической энергии в организме

Единицы измерения энергии

Международная система СИ:

Дж (джоуль); кДж

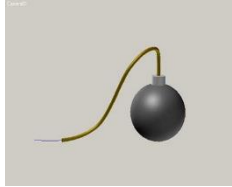
внесистемные

1 кал = 4,19 Дж

Калория — количество энергии / тепла, необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1°C.

Физический энергетический эквивалент пищи

Белки:



при сжигании -22,61 кДж

при окислении -17,6 кДж

(4,1 ккал)

Углеводы:



при сжигании - 17,6 кДж

при окислении - 17,6 кДж

(4,1 ккал)

Жиры:



при сжигании - 38,94 кДж

при окислении - 38,94 кДж

(9,3 ккал)

Правило изодинамии :

«Белки, жиры и углеводы могут взаимозаменяться в пропорции, соответствующей их калорической ценности»

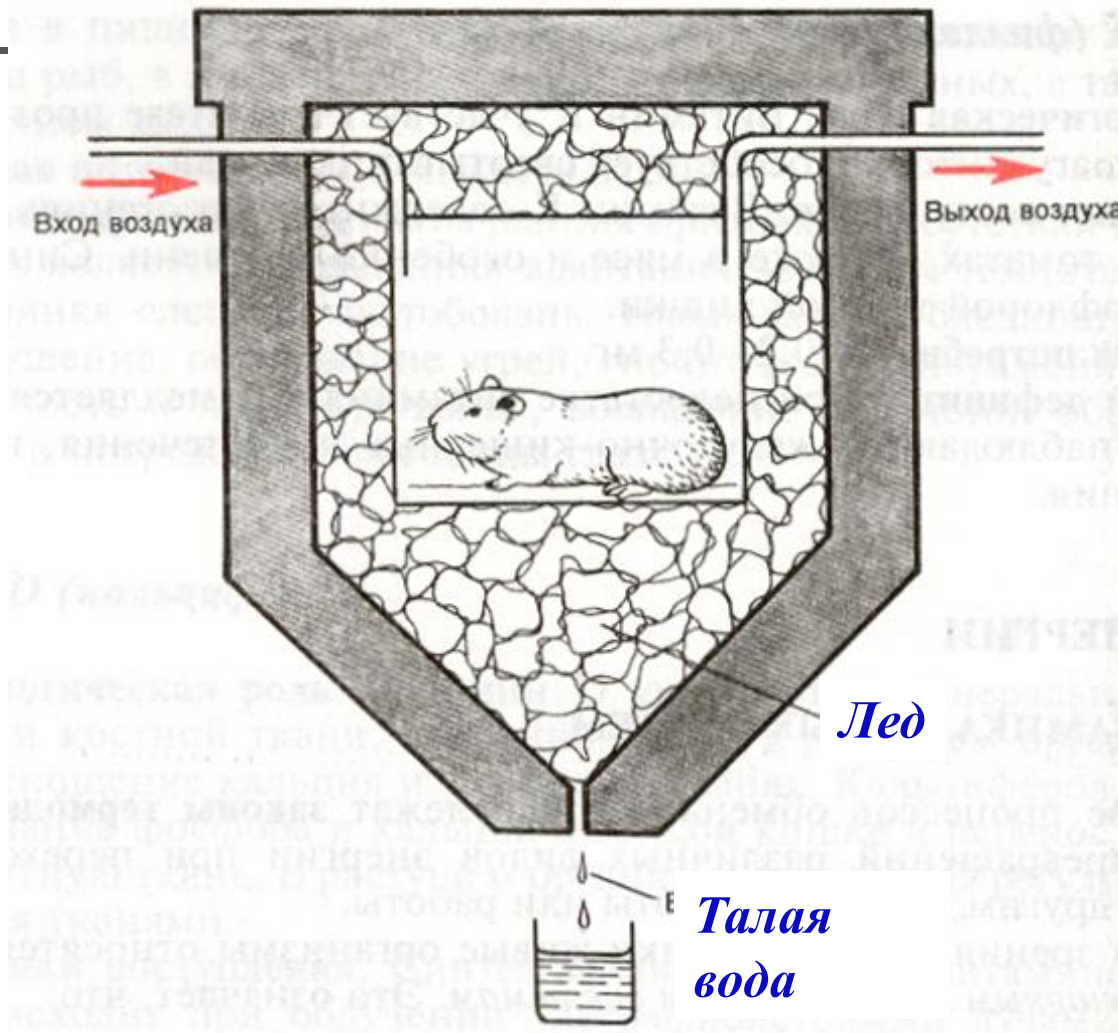
1 г белка / углеводов заменяется

0,44 г жира;

**1 г жира заменяется 2,3 г белка /
/углеводов.**

Первый калориметр

(Лавуазье и Лаплас 1788 г)



Методы оценки энергообмена

❖ Прямая калориметрия

Принцип: определение количества тепла, выделяемого организмом за единицу времени.

❖ Непрямая калориметрия

←
полный газовый
анализ

→
неполный газовый
анализ

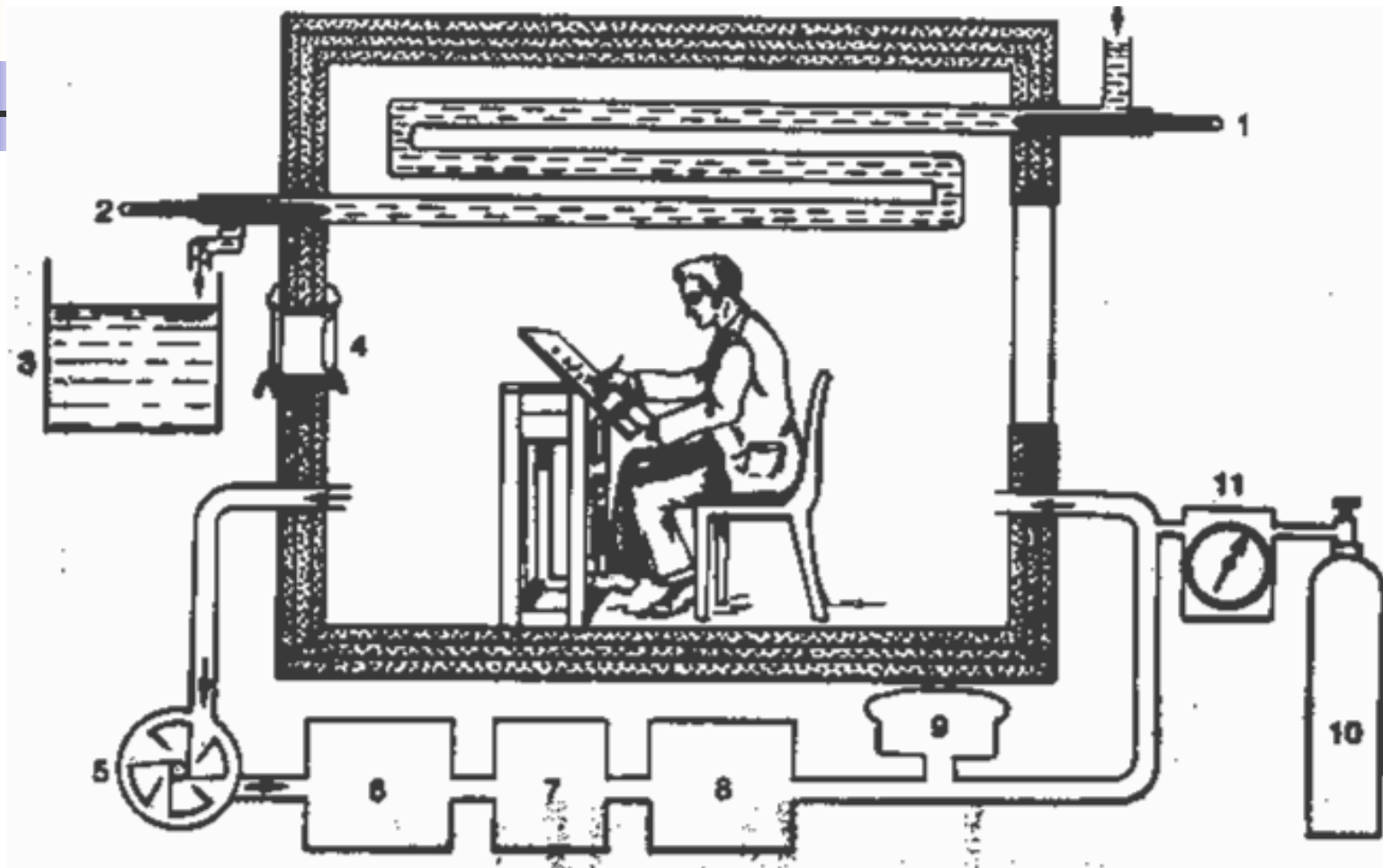
Принцип: определение $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}CO_2$) и последующий расчёт.

❖ Косвенные методы

Принцип: расчёт по опосредованным понятиям.

Прямая калориметрия

(метод Этуотера -Бенедикта)



(скрытая теплота парообразования составляет :
0,585 ккал на 1г испарившейся H_2O)

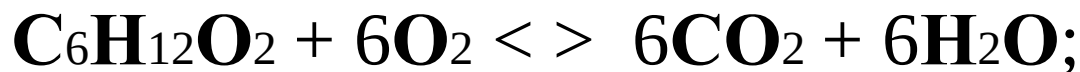
Открытая респираторная система (метод Дугласа - Холдейна)



Дыхательный коэффициент

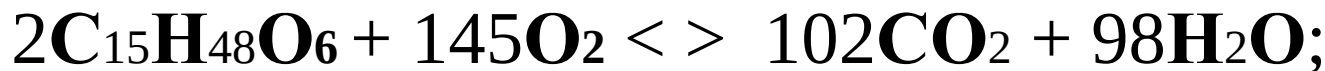

$$ДК = VCO_2 \text{ (л)} / V O_2 \text{ (л)}$$

Для углеводов



$$ДК = (\underline{6 \text{ объемов } CO_2})/(\underline{6 \text{ объемов } O_2}) = \mathbf{1}$$

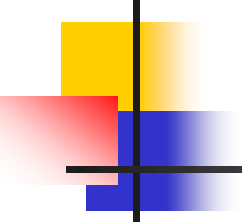
Для жиров



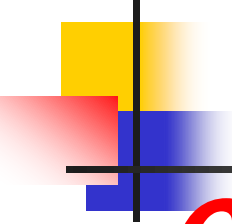
$$ДК = (\underline{102 \text{ объема } CO_2})/(\underline{145 \text{ объемов } O_2}) = \mathbf{0,703}$$

Для белков

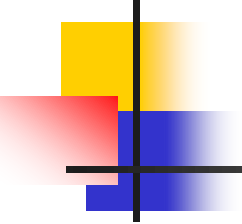
$$ДК = (\underline{77,5 \text{ объема } CO_2})/(\underline{96,7 \text{ объема } O_2}) = \mathbf{0,80}$$



Калорический эквивалент кислорода –
количество тепла, освобождающееся при
полном **окислении 1 г** питательного в-ва
(до конечных продуктов)
в присутствии **1 л кислорода**



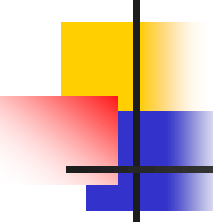
Основной обмен – минимальное количество энергии, необходимое для обеспечения нормальной жизнедеятельности в условиях относительного физического и психического покоя.

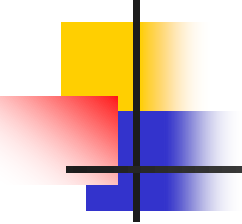


Стандартные условия измерения *ОСНОВНОГО ОБМЕНА:*

1. **Утром;**
2. **Натощак (через 12-14 часов после приема пищи);**
3. **В положении лежа;**
4. **В условиях температурного комфорта ($18-20^{\circ} \text{C}$).**

Факторы, влияющие на основной обмен:

- 
- **Возраст**
 - **Пол (у женщин на 10% ниже)**
 - **Масса тела / поверхность тела**
 - **Беременность, лактация, менструация**
 - **Температура окружающей среды**
 - **Температура тела**
 - **Мышечная активность**
 - **Эмоциональный статус**
 - **Сон**
 - **Уровень гормонов (щитовидной железы, катехоламинов и др.)**
 - **Инфекция, стресс - факторы**

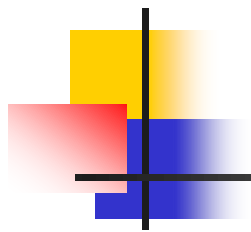


Закон поверхности тела Рубнера

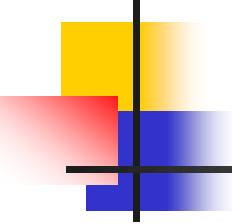
**«Энергетические затраты теплокровного
организма пропорциональны площади
поверхности тела»**

$$R = K \cdot m^{2/3}$$

**где R- поверхность тела;
K-коэффициент=12,3;
m- масса тела.**



***Энергозатраты* = поверхность тела /
масса органов, продуцирующих тепло**

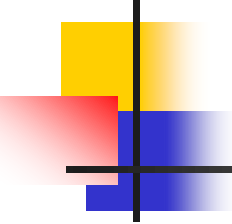


Формула Рида:

$$\text{ПО} = 0,75 \cdot (\text{ЧСС} + 0,74 \cdot \text{ПД}) - 72$$

где ПО – процент отклонения
основного обмена, %

Регуляция обмена энергии



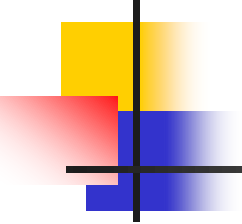
- ***Нервная***
(гипоталамус)

- ***Гуморальная***
 - тиреоидные гормоны
 - адреналин

Энергозатраты при физ. работе –
энергозатраты основного обмена =
рабочая прибавка

Основной обмен + рабочая прибавка =
валовый обмен

Валовый обмен + специфическое динамическое действие пищи = *общий обмен*



Коэффициент физической активности

— отношение общих энергозатрат
на все виды жизнедеятельности
к величине основного обмена.

Суточная потребность человека в калориях при выполнении различной работы

Вид деятельности	Суточная потребность в ккал
Сидячая работа (преимущественно умственный труд)	<u>2100-2500 ккал</u>
Легкая мышечная работа	<u>2000-2800 ккал</u>
Смешанная работа средней тяжести (врачи, лаборанты, переплетчики, сапожники, почтальоны и др.)	<u>2800-3300 ккал</u>
Тяжелая физическая работа (шахтеры)	<u>3300-3850 ккал</u>

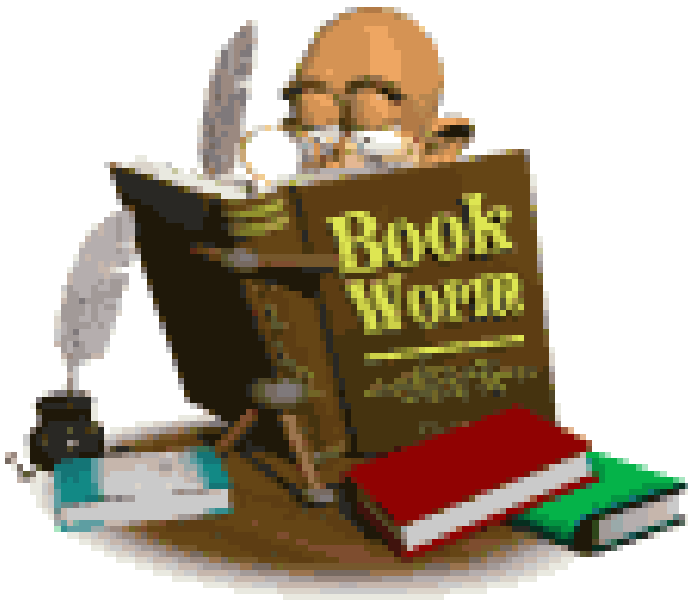
Энергозатраты в зависимости от особенностей профессии

Группа I: коэффициент
физической активности 1,4

расход энергии:

**9800-10270 кДж;
2100-2500 ккал**

**Работники
преимущественно
умственного труда**



Группа II: коэффициент **физической активности 1,6**



расход энергии:

**10480-11730 кДж;
2500 - 2800 ккал**

**Работники занятые
легким физич. трудом**



Группа III: коэффициент
физической активности **1,9**

расход энергии:

12360-13830 кДж;

2800-3300 ккал

**Работники средней
тяжести труда**





Группа IV: коэффициент

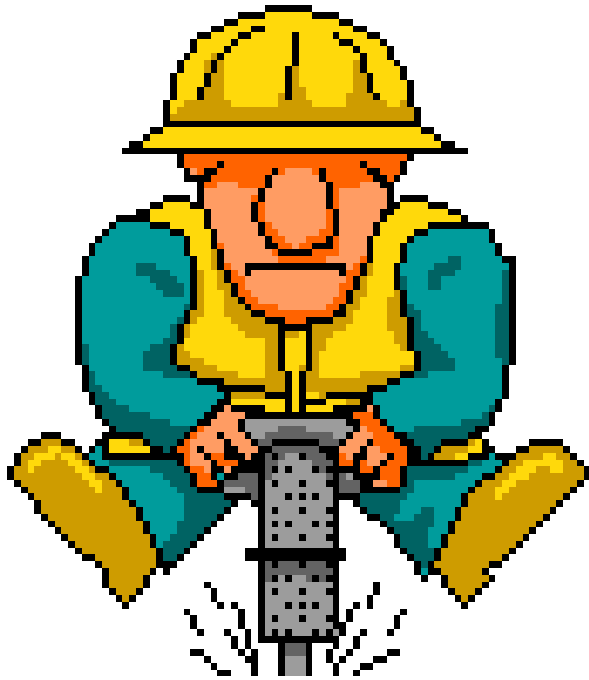
физической активности 2,2

расход энергии:

14250-16150 кДж;

3300-3850 ккал

**Работники тяжелого
физического труда**



Группа V: коэффициент
физической активности 2,5
расход энергии:

16130-17600 кДж;

3850- 4200 ккал

**Работники особо
тяжелого труда**



Благодарю за внимание !

