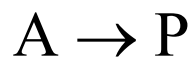


# **Семинар № 2**

**Кинетика процессов в организме  
человека.**

# Элементы химической КИНЕТИКИ

Реакция первого порядка:



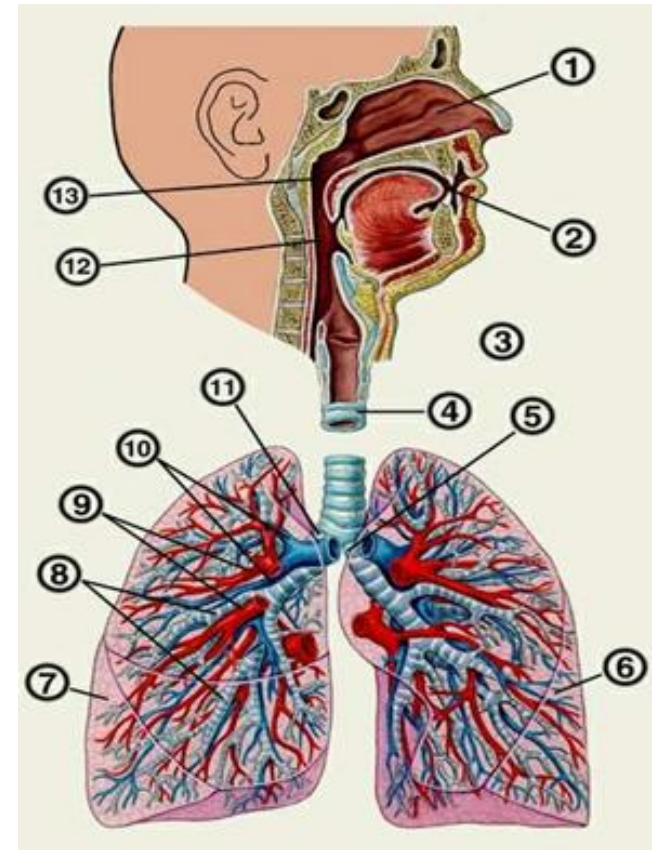
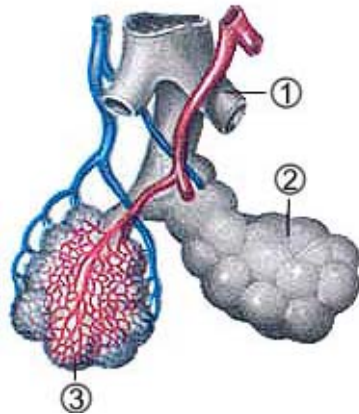
$$-\frac{d[A]}{dt} = \frac{d[P]}{dt} = k[A] \quad [k] = c^{-1}$$

$$[A] = [A]_0 e^{-kt} = [A]_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \quad t = T_{1/2} \cdot \log_2 \frac{[A]_0}{[A]}$$

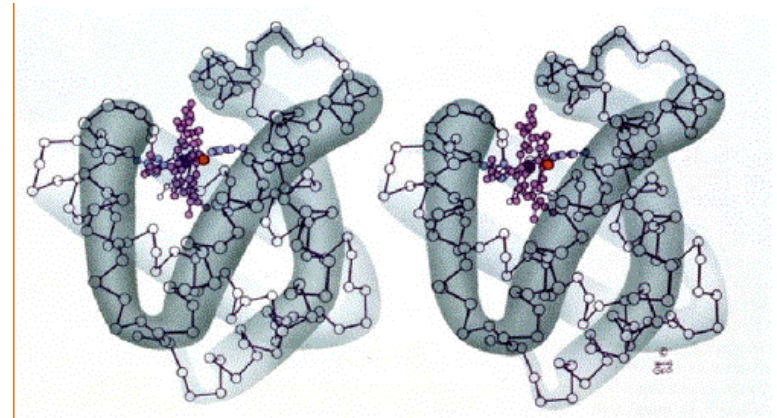
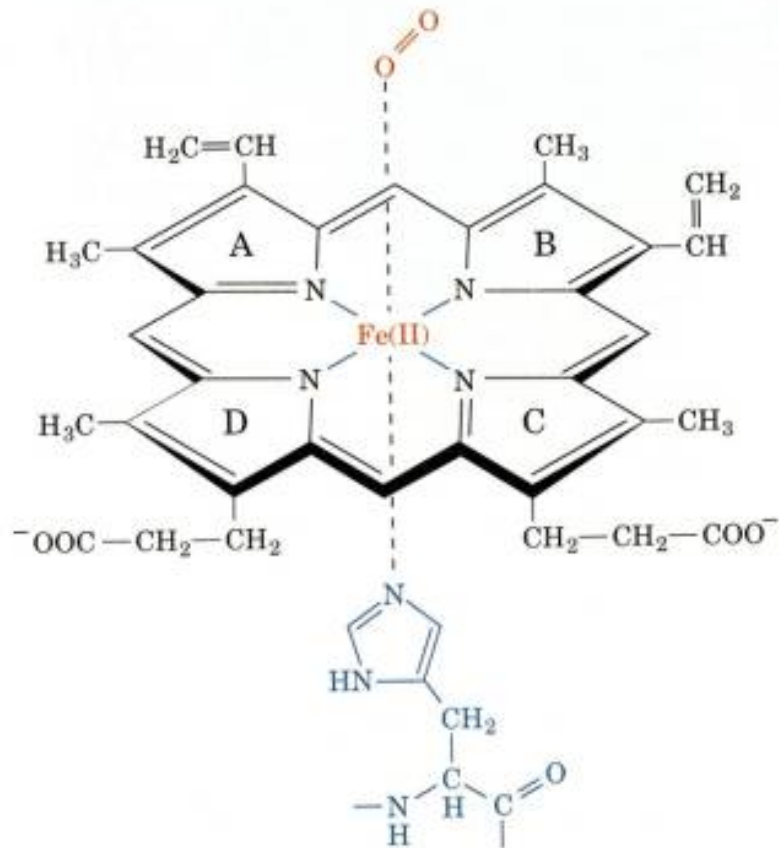
$$[P] = [A]_0 (1 - e^{-kt}) = [A]_0 \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right)$$

# Некоторые вопросы про дыхание

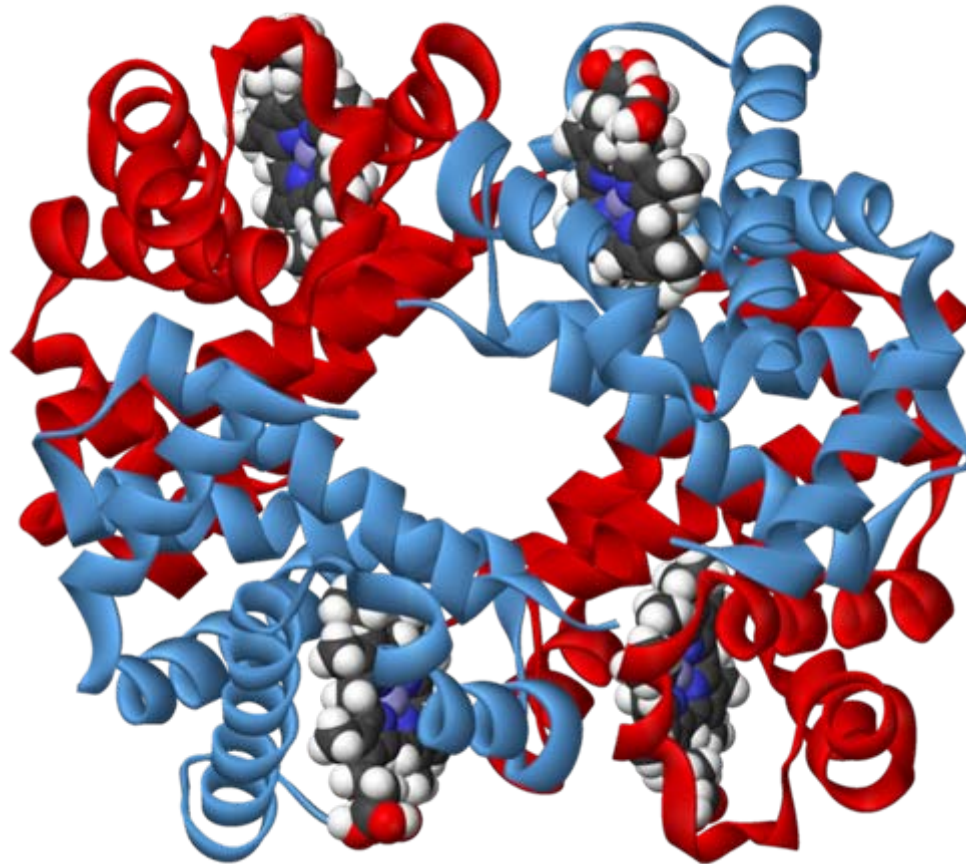
- Почему человеку надо дышать?
- Какая роль большого и малого кругов кровообращения?
- Как кислород попадает в клетку?
- Как кислород хранится в клетке?
- Что выгодней – дышать глубже или чаще?



# Миоглобин



# Гемоглобин



# Эффективность дыхания

## Задача

Скорость поступления кислорода в кровь пропорциональна его концентрации в легких. В спокойном состоянии человек делает 16 вдохов в минуту. При этом концентрация кислорода во вдыхаемом воздухе составляет 21%, а в выдыхаемом - 16%. Как изменится скорость поступления кислорода в кровь, если человек начнет дышать в 2 раза чаще, тогда как глубина вдоха, составляющая 0,5 л, и скорость кровообращения не изменятся?

# Решение

Пусть  $[O_2]$  - концентрация кислорода в легких,  $[O_2]_0$  - концентрация кислорода в легких в момент вдоха

$$d[O_2]/dt = -k[O_2] \quad [O_2] = [O_2]_0 \exp(-kt)$$

$T = 1/16$  мин - время между вдохом и выдохом в спокойном состоянии:

$$16\% = 21\% \cdot \exp(-kT) \quad k = 4,35 \text{ мин}^{-1}$$

При учащенном дыхании концентрация кислорода в конце выдоха составит:

$$21\% \cdot \exp(-4,35 \cdot T/2) \sim 18.3\%.$$

Скорость поступления кислорода в кровь при нормальном дыхании:

$$16 \text{ мин}^{-1} \cdot (21-16)\% \cdot 500 \text{ мл} / 100\% \sim 400 \text{ мл/мин, а при учащенном:}$$

$$32 \text{ мин}^{-1} \cdot (21-18.3)\% \cdot 500 \text{ мл} / 100\% \sim 427 \text{ мл/мин.}$$

Ответ: больше на 7%.

# Вдох и выдох

## Исследовательская задача

Скорость поступления кислорода в кровь пропорциональна его концентрации в легких. В спокойном состоянии человек делает 16 вдохов и выдохов в минуту. При этом концентрация кислорода во вдыхаемом воздухе составляет 21%, константа скорости перехода кислорода в кровь равна  $4,35 \text{ мин}^{-1}$ , глубина вдоха – 0,5 л, объем воздуха в легких после выдоха – 2,5 л. Человек дышит непрерывно, т.е. паузы между вдохом и выдохом нет, концентрация кислорода в легких в начале вдоха равна концентрации в конце выдоха, скорости вдоха и выдоха одинаковы и постоянны. Как изменится скорость поступления кислорода в кровь, если человек начнет дышать в 2 раза чаще, тогда как глубина вдоха и скорость кровообращения не изменятся?



# Некоторые лёгочные объёмы

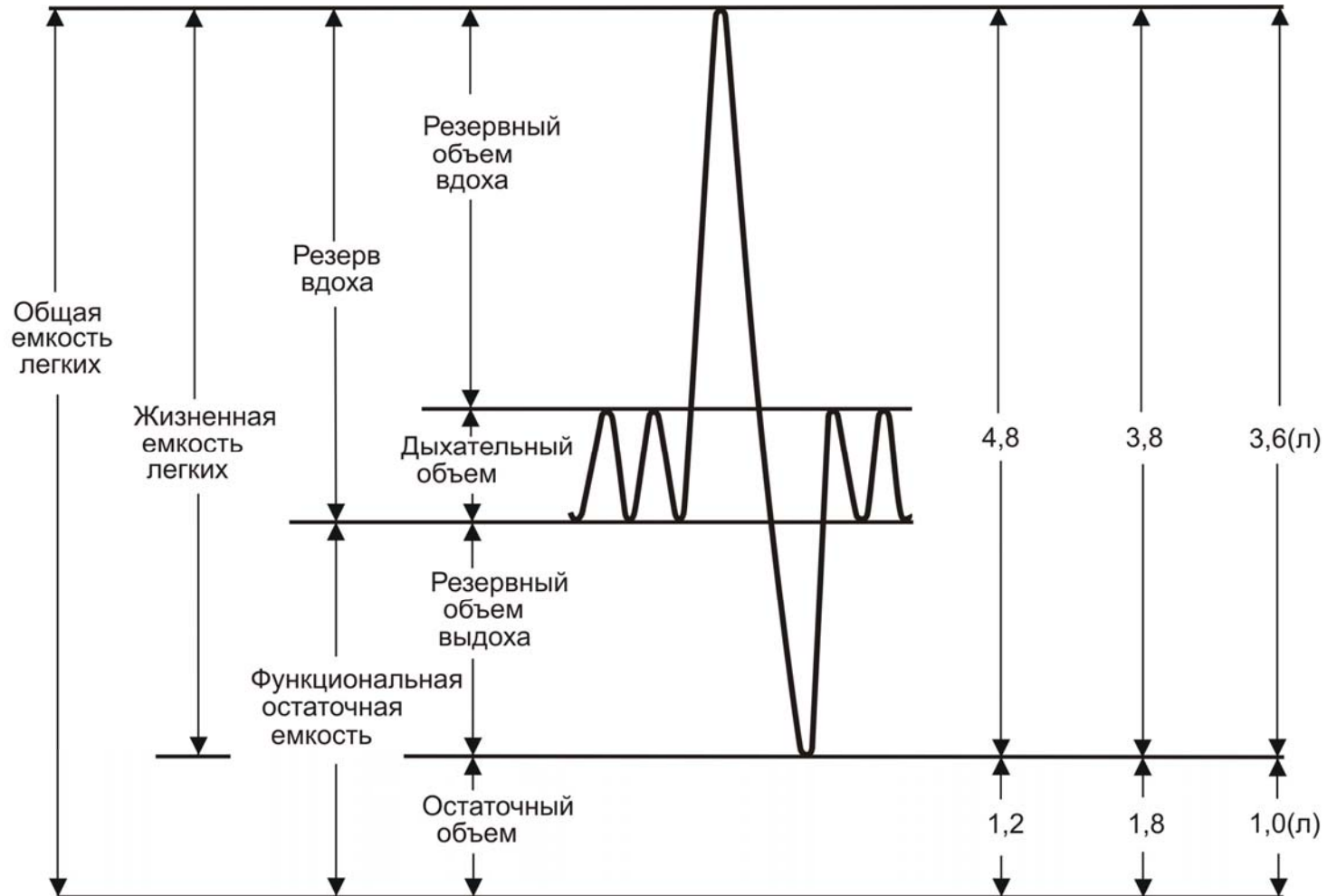
• **Дыхательный объём** – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает (за один цикл вдоха-выдоха) при спокойном дыхании

• **Жизненная ёмкость лёгких** – наибольшее количество воздуха, которое можно выдохнуть после максимального вдоха

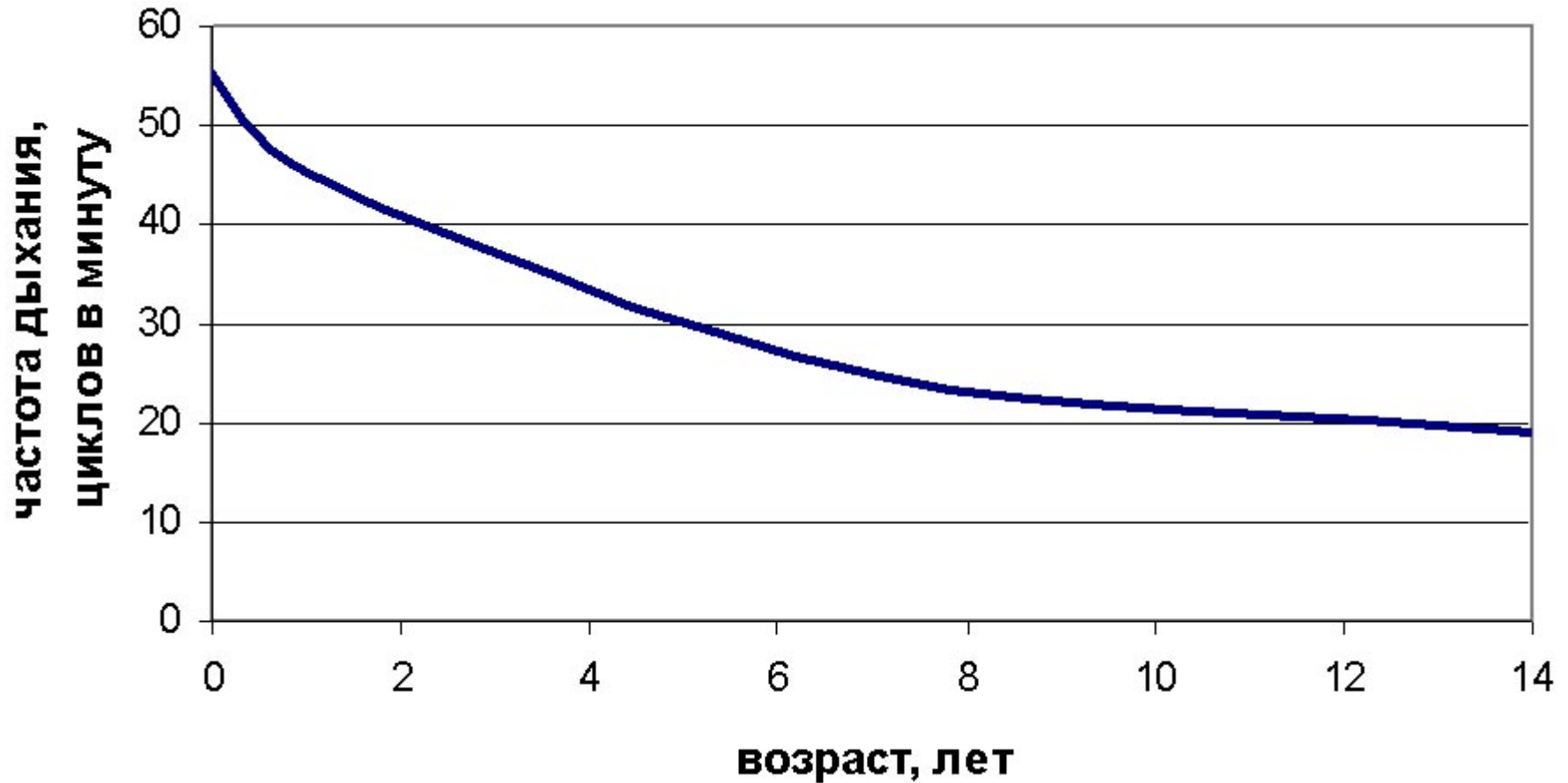
ЖЕЛ (л) = 2,5 \* рост (м) – для молодых людей

• **Функциональная остаточная ёмкость** – количество воздуха, остающееся в лёгких после спокойного выдоха

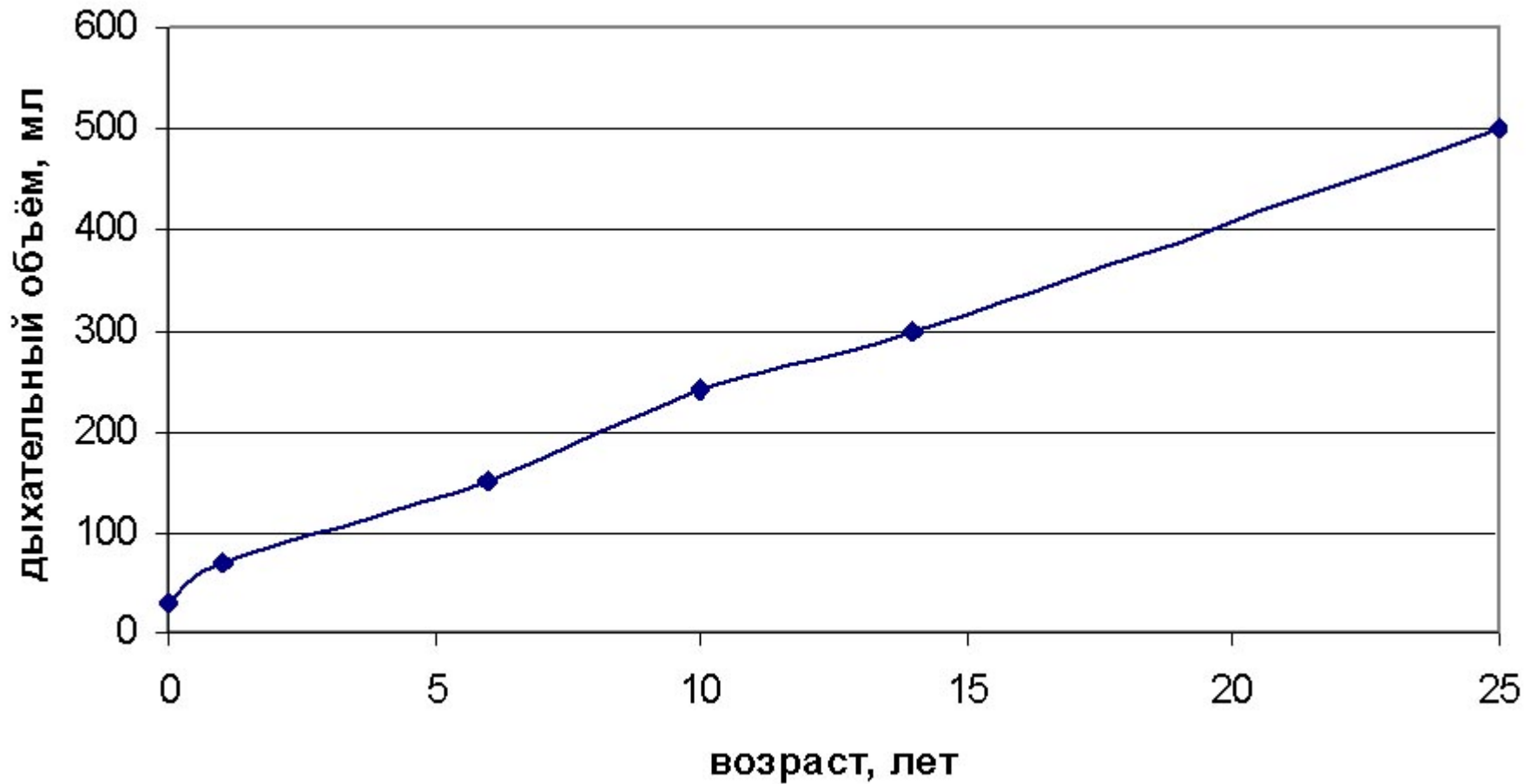
# Схема объёмов



## Изменение частоты дыхания с возрастом



# Изменение дыхательного объема с возрастом



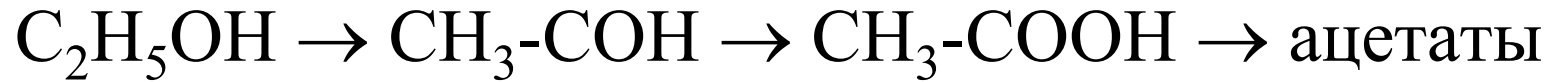
# Содержание гемоглобина в крови

- У новорождённого – 200 г/л
- В течение первого года жизни снижается до 115 г/л
- У взрослых:
  - у мужчин – 140 г/л
  - у женщин – 158 г/л
- При пребывании в условиях высокогорья содержание гемоглобина быстро возрастает на 10-15% и более (за первые 20 часов может вырасти на 10 г/л)

# Интересные факты о дыхании

- Какова минимальная частота дыхания?
  - За 2-3 недели средний человек может натренироваться дышать с частотой 1,0-1,5 вдоха в минуту
  - Мировой рекорд задержки дыхания под водой – 19 мин 21 сек (2010), рекорд погружения с задержкой дыхания – 162 метра
  - При остановке дыхания при клинической смерти необратимая деградация начинается примерно через 5-6 минут (в зависимости от температуры)
  - кашалоты могут задерживать дыхание почти до 2 часов, практически до нулевой концентрации кислорода в легких.
  - человек не может дышать чистым кислородом – через какое-то время наступает отравление (гипероксия).
- При глубокой гипоксии (недостатке кислорода) кровоснабжение мозга у праворуких перераспределяется в пользу правого полушария

# Метаболизм этилового спирта



Ацетаты – сложные эфиры или соли уксусной кислоты

**Алкогольдегидрогеназа (АДГ)** – работает в клетках печени (гепатоцитах), катализирует окисление спиртов до альдегидов или кетонов.

**Альдегиддегидрогеназа (АлДГ)** – работает в клетках печени, катализирует окисление альдегидов до уксусной кислоты.

Этанол способствует выработке эндорфинов в гипоталамусе (*гормоны удовольствия*).

# «Вечеринка с коктейлями»

## Задача

На протяжении 3-х часовой вечеринки мужчина выпил через равные промежутки времени 10 коктейлей, каждый из которых в объеме 150 мл содержал 10 г этанола. Всасывание этанола в кровь происходит пропорционально его концентрации в кишечно-желудочном тракте  $[A]$  с константой скорости  $k = 10 \text{ ч}^{-1}$ . Выведение этанола из организма происходит путем ферментативного окисления до ацетальдегида (и в конце концов до уксусной кислоты в печени) с постоянной скоростью  $0,192 \text{ г}/(\text{л} \cdot \text{ч})$ . Какая концентрация алкоголя в крови будет достигнута при таком режиме потребления коктейлей к концу вечеринки, если после всасывания этанола в кровь он распределяется равномерно во внутренних жидкостях тела, объем которых около 40 л (70% от объема тела, кровь составляет только 5 л)?



# «Вечеринка с коктейлями»

Каковы будут его качественные физиологические и психические реакции, если при содержании этанола в крови

- 0,5-1,0 г/л (‰) – наблюдается чувство эйфории,
- 1,0-1,5 ‰ – расстройство координации движений от слабого до среднего,
- 1,5-2,0 ‰ – полное отсутствие координации движений и невнятность речи,
- 2,0-2,5 ‰ – потеря памяти
- более 2,5 ‰ – индуцированный сон или потеря сознания.

Смертельная концентрация этанола в крови – 5-8 ‰

Смертельная разовая доза – 4-12 г/кг веса (300-500 мл 96° этанола).

# Решение

Промежуток времени между коктейлями:  $T = 3 \cdot 60 / 9 = 20$  мин.

$$k = 10 \text{ ч}^{-1} = 1/6 \text{ мин}^{-1}$$

Концентрация алкоголя в крови:

$$[A] = [A]_0(1 - \exp(-kT)) = [A]_0(1 - \exp(-20/6)) = 0,96 [A]_0$$

За 20 мин всасывается 96% этанола, поэтому можно считать, что перед принятием каждого следующего коктейля предыдущий полностью всасывается.

К моменту окончания вечеринки в кровь уже поступило  $9 \cdot 10 \text{ г} = 90 \text{ г}$  этанола и еще 10 г находятся в желудке, а вывелось из организма только  $0,192 \cdot 3 = 0,576 \text{ г/л}$ . Следовательно, концентрация этанола в крови в этот момент составляет  $90/40 - 0,576 \sim 1,67 \text{ г/л}$ .

Еще через 0,5 ч, когда всосется последний коктейль, концентрация этанола в крови будет  $1,67 + 10/40 - 0,192 \cdot 0,5 = 1,82 \text{ г/л}$ .

# Вопросы на дом

1. Рассчитать для своей массы тела допустимую дозу употребления этанола.
2. Через какое время после однократного употребления алкоголя его концентрация в крови достигает максимума?
3. Через какое время после однократного употребления 40 грамм этанола можно садиться за руль автомобиля (концентрация менее 0,01‰)? А после 1 литра 4% пива?
4. Теория запоя: какое максимально допустимое количество этанола должен каждые 20 минут выпивать пьяница, чтобы чувствовать эйфорию, но не иметь нарушения координации движений?

**Злоупотребление алкоголем вредит здоровью и учебе!**

# АЛКОГОЛИЗМ

## Негативные явления:

- Избыток ацетата способствует отложению жира в гепатоцитах, что ведет к развитию жировой дистрофии печени.
- Альдегид очень токсичен, при быстром разложении спирта концентрация альдегида в крови резко повышается → отравление всего организма, с тяжелым похмельем и утратой контроля.
- Повышение активности алкогольдегидрогеназы ведет к снижению естественной концентрации этанола в крови → снижение уровня эндорфинов → психологическая потребность в новой порции этанола → возможно развитие хронического алкоголизма.
- Понижение потенции, ухудшение качества половых клеток, повышает вероятность выкидышей и уродств у вынашиваемого ребенка.
- Создает иллюзию тепла, но благоприятствует обморожению.
- **Цирроз печени** — это изменение строения печени, при котором нормальные печеночные клетки замещаются на соединительную ткань, что нарушает работу печени и усиливает отравление токсинами. Вылечить цирроз невозможно, только на ранних стадиях заболевания есть шанс его притормозить строгой диетой. Иначе потребуются трансплантация органа.

# Этанол и лекарства

## Механизм явлений:

- Лекарство блокирует алкогольдегидрогеназу и окисление этанола – снижение устойчивости к алкоголю (*анальгин*)
- Лекарство блокирует альдегиддегидрогеназу – тяжелое отравление альдегидами (*метронидазол, антидиабетические препараты, некоторые антибиотики, сулфиламидные препараты*).
- С *клофелином* – полная потеря памяти (механизм неясен) – добавляют в рюмку человеку, которого хотят обокрасть.
- *Кофеин* – повышает проникновение спирта из крови в мозг, после короткого отврезвления возвращается и усиливается опьянение.
- Спирты повышают проницаемость клеточных мембран – значительно усиливается действие лекарств, в результате чего может произойти передозировка с тяжелым отравлением или смертью (*снотворное, антидепрессанты, таблетки от головной боли, поливитамины*).

# Этанол и лекарства

## Механизм явлений:

- Спирт очень калориен, вызывает резкое повышение, а потом резкое понижение концентрации сахара в крови – это вдвойне опасно для *диабетиков*.
- Спирт вызывает повышение уровня адреналина в крови. Если его принять вместе с лекарствами, *ингибирующими моноаминоксидазу*, разрушающую адреналин, это может вызвать опасное учащение работы сердца, спазмы сосудов с повышением артериального давления.
- Этанол усиливает токсическое действие *парацетамола* на печень (лекарство не назначается больным алкоголизмом).

**Лекарства и алкоголь несовместимы!**

# Усвоение алкоголя

- Ротовая полость – от 1 до 5 %
- Желудок – примерно 20%
- Кишечник – всё остальное
  - Крепкие (свыше 30%) алкогольные напитки обезвоживают и дубят слизистую желудка (уменьшая её проницаемость), вызывают преходящий паралич моторики желудка и замедляют эвакуацию содержимого в кишечник
  - Пузырьки углекислого газа раздражают стенку желудка, ускоряя всасывание
  - Спирт растворяется в жирах, поэтому при потреблении алкоголя с обильной жирной закуской его всасывание замедляется

# Безопасность на дороге

- ПДК алкоголя в крови водителя – **0 ‰** (с 6 августа 2010 года), Европа – 0,2 - 0,8 ‰, США - 1 ‰ .
- 0,5 - 0,8 ‰ - водитель неправильно определяет расстояние. Снижаются возможности быстрого реагирования. Ослабляется внимание.
- 0,8 - 1,2 ‰ - начинается эйфория, расслабление, переоценка своих возможностей, уменьшается угол зрения (“взгляд дятла”).
- 1,2 - 2,4 ‰ - ехать практически невозможно. Глаза не приспособиваются к изменению освещения. Существенно ухудшаются внимание и концентрация. Сильная эйфория и расслабленность, чрезмерная самонадеянность. Нарушение реакции. Нарушение равновесия. Ошибки в управлении — например, вместо тормоза нажимается педаль газа.
- 4 - 5 ‰ - считается смертельной дозой (кроме славян).



# Интересные факты

- Рекорд содержания алкоголя в крови – 9,14 промилле (выпил не менее 2 литров 40-градусного спиртного)
- Многие «безалкогольные» продукты повышают концентрацию алкоголя до 0,2-0,6 ‰ – квас, безалкогольное пиво, слегка забродившие кефир или йогурт, апельсин, сигарета, соки, конфеты с ромом или коньяком, спиртосодержащие лекарства, спрей-освежитель для полости рта
- При дезинфекции нельзя использовать чистый спирт, так как он не убивает многих бактерий