

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

9 декабря, 2006 г.

Максимальная оценка за тур (40 баллов)

## А. Введение

Предлагаемый эксперимент касается такого явления, как клеточное дыхание. Основные процессы, связанные с аэробным дыханием, происходят в митохондриях эукариотических клеток и представляют собой разрушение органических веществ с целью получения энергии для других биохимических процессов в клетке. Обычно в ходе дыхания клетка поглощает из окружающей среды кислород и органические вещества и выделяет углекислый газ. У одноклеточного организма *Saccharomyces cerevisiae* (пекарские дрожжи) мы встречаем также и другой тип дыхания. Это анаэробное дыхание, при котором кислород не используется. При анаэробном дыхании разрушаются те же органические вещества, но энергии выделяется меньше.

В эксперименте вам дается набор пробирок (экспериментальных сосудов), которые схематически изображены на рисунках 1, 2 и 3. Используя их:

- a) Пронаблюдайте процесс дыхания у пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*).
- b) Пронаблюдайте влияние органических веществ на дыхание пекарских дрожжей.
- c) Оцените скорость процесса.
- d) Пронаблюдайте, как влияет выделяющийся газ на pH среды.

Набор экспериментального оборудования включает в себя:

- 1- Пять отградуированных пробирок с завинчивающимися крышками, заполненные приготовленными растворами, и обозначенные буквами от А до D.
- 2- Четыре воздушных шарика.
- 3- Пакет с сухими дрожжами.
- 4- Кусочек веревки длиной 15 см.
- 5- Подставка для пробирок.

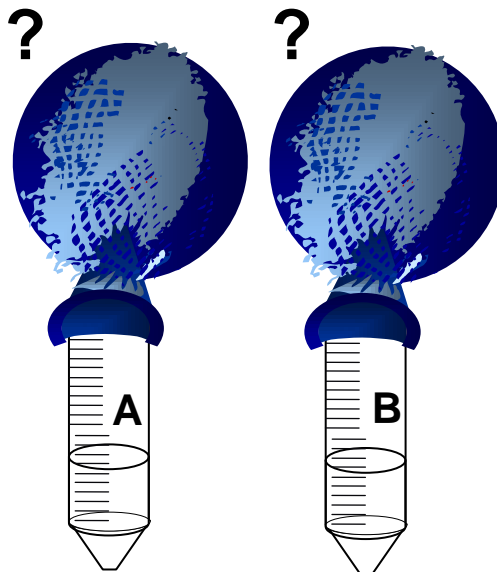
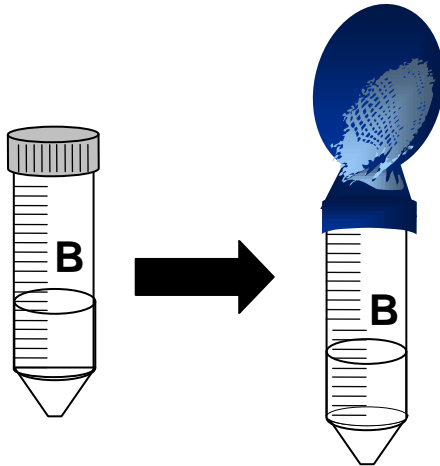
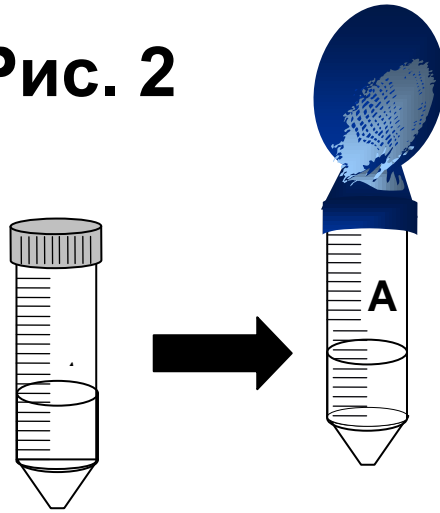
Оборудование можно разделить на два комплекта:

- 1 комплект – пробирка А с вставленной в её крышку пластиковой трубкой (t) и пробирка, содержащая окрашенный раствор фенолфталеина (пробирка С).
- 2 комплект – две пробирки (А и В), содержащие раствор глюкозы (А) и раствор крахмала (В), воздушные шарики, измерительная веревка, линейка.

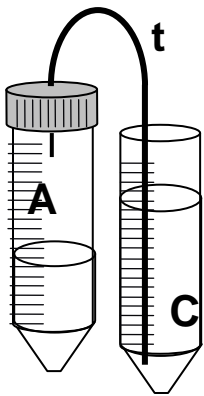
**Рис. 1**



**Рис. 2**



**Рис. 3**



---

## В. Задачи

### В.1 Общая задача

Экспериментально продемонстрировать процесс дыхания у дрожжей.

### В.2 Частные задачи

- a. Оценить влияние различных субстратов на интенсивность дыхания пекарских дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*)
- b. Оценить скорость протекания процесса
- c. Охарактеризовать влияние выделяющегося в пробирке А газа на раствор индикатора в пробирке С.

## С. Оборудование и реактивы

### С.1 Оборудование:

- |               |  |
|---------------|--|
| 1. Пробирка А | 2 штуки (по 20 мл раствора глюкозы в каждой) |
| 2. Пробирка В | 1 штука (20 мл раствора крахмала)            |
| 3. Пробирка С | 1 штука (30 мл раствора фенолфталеина)       |
| 4. Пробирка D | 1 штука (30 мл воды)                         |

## Д. Ход эксперимента

### Д.1 Общие инструкции

Внимательно прочтите инструкции перед началом эксперимента.

В предлагаемом эксперименте вы должны измерить объем выделяющегося газа и определить его влияние на рН раствора индикатора фенолфталеина. Определите разницу в объемах выделяемого газа при использовании таких источников углерода как глюкоза и крахмал.

Каждый эксперимент сопровождается связанными с ним вопросами. Дайте ответы на все вопросы и занесите их в лист ответов.

### Д.2 Подготовительные действия (Рисунок 1).

Следующие действия должны быть выполнены перед началом эксперимента.

1. Убедитесь, что вам выдали все описанное выше экспериментальное оборудование и реактивы.
2. Вскройте пакетик с сухими дрожжами и всыпьте в пробирку D часть его содержимого, равную по объему 10 мл, используя калибровочную шкалу на пробирке. Конечный объем должен составлять 40 мл.
3. Энергично взболтайте пробирку D, чтобы получить раствор дрожжей. **Запишите окончательный объем.**
4. Сразу начинайте оба эксперимента (1 и 2). Прикройте пробирку D крышкой, не завинчивая её.

*Эксперимент -1* (Рисунок 2): Влияние источника углерода на дыхание дрожжей.

I-1 Добавьте по 10 мл раствора дрожжей из пробирки D в пробирки А и В. Вам предстоит надеть на горловины пробирок А и В по воздушному шарик (как показано на рисунке 2).

Прежде чем надевать на пробирки шарики убедитесь, что шарики максимально сдуты.

Наденьте шарики. Если один из них разорвался на этом этапе, возьмите запасной. Убедитесь, что шарики плотно обтягивают горловины пробирок.

I-2 Поставьте пробирки (с надетыми на них шариками) в подставку на 1 час. Аккуратно взбалтывайте растворы каждые 10 минут.

I-3 Через 1 час измерьте диаметр шарика, заполнившегося газом.

- I-4 Считая шарик правильной сферой, вычислите его объём. Помните, что не нужно учитывать упругость резины шарика. Для удобства вы можете пережать горловину шарика, чтобы сделать его сферическим, но не позволяйте газу выходить наружу и не сжимайте шарик слишком сильно.

*Эксперимент - 2 (Рисунок 3): Влияние выделяющегося газа на рН раствора фенолфталеина.*

- II-1 Добавьте 10 мл из оставшегося раствора дрожжей в пробирку А, в крышку которой вставлена пластиковая трубка, и закройте её, как показано на рисунке 3. Конец пластиковой трубки должен быть введён в пробирку не более чем на 1 см ниже крышки.
- II-2 Противоположный конец трубки опустите в пробирку С и время от времени взбалтывайте пробирку А.
- II-3 Через 5 мин., 15 мин., 25 мин., 35 мин., и 45 мин. от момента добавления дрожжей в течение 1 минуты отмечайте время отделения пузырьков от кончика трубки. Заносите полученные результаты в таблицу для вопроса 18 в листе ответов (например: освобождение первого пузырька – 10 с от начала регистрации, второго – 18 с., ...). Реакция может начинаться очень медленно. Несмотря на это, продолжайте наблюдать и записывать результаты.
- II-4 После 30 минут эксперимента определите какую окраску имеет раствор С. Запишите это в ответный лист для вопроса 18.
- II-5 В течение следующих 30 минут обращайтесь внимание на цвет раствора и отметьте момент, когда он полностью обесцветится.

Е. **А. Вопросы – Пожалуйста, записывайте все свои результаты в лист для ответов!**

*В большинстве случаев вам придется выбрать из четырех возможных ответов.*

*Прочитайте вопросы очень внимательно и затем выберите один правильный ответ, отметив крестом нужный вариант в листе для ответов. Стоит заметить, что существует только один правильный ответ на каждый вопрос. Записывайте свои расчеты и результаты на листе ответов.*

1. Напишите уравнение реакции анаэробного расщепления глюкозы в клетках дрожжей и проставьте в нём коэффициенты. (1 балл).
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Какое количество глюкозы (в граммах) будет использовано дрожжами в подобном эксперименте для получения 88 граммов двуокиси углерода. (2 балла).

3. Какой биологический процесс происходит в пробирке А в течение первых 5 минут. (1 балл).
- A. Анаэробное дыхание
  - B. Аэробное дыхание
  - C. Фотосинтез
  - D. Хемосинтез
4. Какой жидкий или газообразный продукт будет образовываться в процессе, о котором идет речь в пункте 3? (1 балл).
- A.  $O_2$
  - B.  $CO_2$
  - C.  $CH_4$
  - D.  $C_2H_5OH$
5. Какой биологический процесс будет протекать в пробирке А, когда кислород окажется полностью израсходованным, а часть сахара все ещё останется среде? (1 балл).
- A. Анаэробное дыхание
  - B. Аэробное дыхание
  - C. Фотосинтез
  - D. Хемосинтез
6. Какой продукт метаболизма будет синтезироваться в процессе о котором идет речь в пункте 5? (1 балл).
- A.  $O_2$
  - B.  $CO$
  - C.  $CH_4$
  - D.  $C_2H_5OH$
7. Что произошло с цветом раствора фенолфталеина после пробулькивания через него газа из пробирки А в эксперименте 2? (1 балл).
- A. Остался розовым
  - B. Изменился на желтый
  - C. Изменился на зеленый
  - D. Обесцветился
8. Какова причина явления, о котором шла речь в вопросе 7? (1.5 балла).
- A. Продукт реакции, протекающей в пробирке А делает раствор основным и при таких значениях рН фенолфталеин изменяет цвет.
  - B. Продукт реакции, протекающей в пробирке А делает раствор кислым и при таких значениях рН фенолфталеин изменяет цвет.
  - C. Продукт реакции, протекающей в пробирке А ведет к испарению фенолфталеина, и поэтому цвет изменяется.

- D. Продукт реакции, протекающей в пробирке А вызывает слипание молекул фенолфталеина и поэтому цвет раствора изменяется.
9. Сравните размер шариков на пробирках А и В. Выберите правильный ответ. (1 балл).
- A. Оба шарика практически пусты.
- B. Шарик А больше шарика В.
- C. Шарик В больше шарика А.
- D. Оба шарика надуты и имеют примерно одинаковый размер.
10. Чем объясняется факт, о котором идет речь в вопросе 9? Напомним, что в пробирке А находится раствор глюкозы, а в пробирке В – раствор крахмала. (1.5 балла).
- A. Дрожжи используют в качестве источника углерода и глюкозу и крахмал, но использование глюкозы более выгодно.
- B. Дрожжи не используют крахмал в качестве источника углерода.
- C. Крахмал используется только для анаэробного дыхания, но не для аэробного.
- D. Крахмал ядовит для дрожжей.
11. Что бы произошло если в эксперименте 1 вы регулярно не взбалтывали бы растворы в пробирках. (шаг I-2)? (1.5 балла).
- A. Дрожжам ничего не мешало бы дышать, реакция шла бы настолько бурно, что измерения были бы невозможны.
- B. Процесс стал бы идти медленнее из-за того, что жидкость не перемешивалась бы, и дрожжи лишились бы притока субстрата и оттока продуктов метаболизма.
- C. Процесс стал бы идти медленнее, поскольку жидкость не насыщалась бы воздухом и не обогащалась бы кислородом из пространства над поверхностью раствора.
- D. Оба ответа (В и С) верны.
12. Предположим теоретически, что мы изменили условия протекания эксперимента:  
Пробирка А – эксперимент проводится при комнатной температуре.  
Пробирка А2 – в течение эксперимента вы согреваете пробирку руками.  
Пробирка А3 – в течение эксперимента вы держите пробирку во льду.  
Пробирка А4 – перед началом эксперимента содержимое пробирки прокипятили в течение 5 минут, а затем провели эксперимент при комнатной температуре.  
Каким будет соотношение размеров шариков над этими пробирками к концу эксперимента? (1.5 балла).
- A.  $A3 < A < A2 < A4$
- B.  $A2 < A < A3 < A4$
- C.  $A4 < A3 < A < A2$
- D.  $A3 < A4 < A < A2$

13. Готовя тесто для выпечки хлеба, дрожжи смешивают с мукой, сахаром и солью. Почему тесто поднимается? (1.5 балла).
- A. Потому что дрожжи в тесте используют глюкозу и выделяют  $\text{CO}_2$ , который накапливается в тесте в виде пузырьков газа, и тесто поднимается.
  - B. Потому что дрожжи в тесте используют муку (крахмал) и выделяют  $\text{CO}_2$ , который накапливается в тесте в виде пузырьков газа, и тесто поднимается.
  - C. Потому что дрожжи в тесте используют и муку (крахмал) и глюкозу, выделяют  $\text{CO}_2$ , который накапливается в тесте в виде пузырьков газа, и тесто поднимается.
  - D. Потому что мука (крахмал) и глюкоза реагируют с солью, в результате чего выделяется  $\text{CO}_2$ , который накапливается в тесте в виде пузырьков газа, и тесто поднимается.
14. 10 мл дрожжей, которые вы добавили к 30 мл воды в пробирке D, имеют массу 5.0 г. Какова концентрация (в г/мл) раствора дрожжей в пробирке D? Для расчетов используйте отмеченный вами конечный объем раствора. (2 балла).
15. Какой стала концентрация раствора дрожжей (г/мл) в пробирке A после добавления туда 10 мл раствора из пробирки D, концентрация которого известна вам из задания 14? (2 балла).
16. Будем считать, что шарик имеет форму правильной сферы. Рассчитайте объем газа, накопившегося в шарике над пробиркой A к концу эксперимента 1. Объем сферы радиуса  $r$  определяется по формуле  $V = (4/3) \pi r^3$ . (2 балла).
17. Используя полученное значение окончательного объема шарика, подсчитайте скорость накопления газа в эксперименте 1. (2 балла).
18. На основании данных, накопленных в эксперименте 2, на листах ответов постройте графики в координатах: по оси абсцисс – номер пузырька, по оси ординат - время от начала серии до момента отделения пузырька от трубки. Постройте три графика для наиболее показательных минутных интервалов. (10.5 баллов).

19. Определите угловые коэффициенты для каждого из построенных графиков. Используйте полученные результаты для расчёта скорости выделения газа на каждом отрезке времени.  
Погрешность измерений оценивать не требуется.  
Внутренний диаметр пластиковой трубки равен 3 мм. (3 балла).
20. В чем причина различия скоростей выделения газа в экспериментах 1 и 2?  
(1 балл).
- A В изменении давления в шарике в течение эксперимента.
  - B В изменении температуры в течение эксперимента.
  - C В присутствии фенолфталеина во втором эксперименте.
  - D Нет никаких различий между скоростями выделения газа в экспериментах 1 и 2.
21. Результат какого эксперимента лучше отражает реальную скорость выделения газа в конце эксперимента? (1 балл).
- A Результат эксперимента 1.
  - B Результат эксперимента 2.
  - C Оба результата одинаково хороши.
  - D Оба результата плохи.