

**Задания**  
**практического тура регионального этапа**  
**XXXVIII Всероссийской олимпиады школьников по биологии**  
**2021-22 уч. год. 11 класс**

**БИОХИМИЯ (максимум 50 баллов)**

**ИЗУЧЕНИЕ ГЛИКОГЕНОЛИЗА В ГОМОГЕНАТЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ**

**Сначала внимательно прочтите все задание!**

При изучении процесса гликогенолиза в скелетной мускулатуре исследователи измерили содержание гликогена в белых (гликолитических) скелетных мышцах задних конечностей кролика. Оно составило **2,025%** от сырого веса мышц. После этого они взяли **20 г** измельченных на мясорубке скелетных мышц, довели объем до **100 мл** дистиллированной водой, прогомогенизировали и отобрали аликвоты для измерения содержания в гомогенате глюкозы и измерения pH. Значение pH гомогената было близко к нейтральному. После этого гомогенат проинкубировали в анаэробных условиях при 37°C в течение 30 минут. После инкубации из гомогената отобрали аликвоты для измерения содержания глюкозы и измерения pH. Было установлено, что pH гомогената значительно понизился.

**Задание 1.** Для измерения содержания свободной глюкозы в гомогенате до и после инкубации была проведена реакция с динитросалициловой кислотой. К 0,5 мл пробы приливали 2 мл раствора динитросалициловой кислоты, инкубировали на кипящей бане 5 минут, охлаждали и измеряли оптическую плотность при длине волны 490 нм. Калибровочный график строили, используя **стандартный раствор глюкозы с концентрацией 1 мг/мл**. Состав проб и результаты измерения оптической плотности приведены в **Таблице №1** ниже:

| №  | Объем стандартного раствора глюкозы, мл | Объем внесенного гомогената до инкубации, мл | Объем внесенного гомогената после инкубации, мл | Объем добавленной воды, мл | Оптическая плотность при 490 нм | Содержание глюкозы в пробе, мг | Концентрация глюкозы в гомогенате, мг/мл |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
| 1  | 0                                       | -                                            |                                                 |                            | 0,000                           |                                |                                          |
| 2  | 0,1                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,119                           |                                |                                          |
| 3  | 0,2                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,241                           |                                |                                          |
| 4  | 0,3                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,362                           |                                |                                          |
| 5  | 0,4                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,478                           |                                |                                          |
| 6  | 0,5                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,600                           |                                |                                          |
| 7  | -                                       | 0,5                                          |                                                 |                            | 0,528                           |                                | <b>До инкубации</b>                      |
| 8  | -                                       | 0,5                                          |                                                 |                            | 0,540                           |                                |                                          |
| 9  | -                                       | 0,5                                          |                                                 |                            | 0,552                           |                                |                                          |
| 10 |                                         |                                              | 0,5                                             |                            | 0,444                           |                                | <b>После инкубации</b>                   |
| 11 |                                         |                                              | 0,5                                             |                            | 0,420                           |                                |                                          |
| 12 |                                         |                                              | 0,5                                             |                            | 0,432                           |                                |                                          |

Заполните в **Таблице №1** в **Листе ответов** все пустые клетки. По представленным значениям оптической плотности постройте в **Листе ответов** график зависимости оптической плотности от содержания глюкозы в пробе и определите по нему содержание глюкозы в пробах и концентрацию глюкозы в гомогенате (в мг/мл) до и после инкубации (**результаты округлите до второго знака после запятой**). Определите содержание свободной глюкозы в гомогенате до и после инкубации (в ммольях). Молекулярная масса глюкозы равна 180.

Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената до инкубации \_\_\_\_\_ ммоль.  
Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената после инкубации \_\_\_\_\_ ммоль.  
В этих условиях глюкоза расщепляется до \_\_\_\_\_ кислоты.  
Из одной молекулы глюкозы образуется \_\_\_\_\_ молекул(а,ы) этой кислоты.

**Задание 2.** Для измерения концентрации образовавшейся кислоты отобрали по 1 мл гомогената в чистые пустые колбы и оттитровали их **5 мМ** раствором NaOH. В Таблице записано, сколько миллилитров раствора NaOH затрачено на титрование. Исходя из объема щелочи, ушедшей на титрование (среднее для пяти проб, **с точностью до 1 знака после запятой**), рассчитайте **концентрацию кислоты** в гомогенате. Результаты внесите в **Таблицу 2 в Листе ответов (результат округлите до целого числа)**.

**Таблица №2**

| Объем гомогената | Объем раствора NaOH, мл | Среднее значение, мл | Концентрация кислоты в гомогенате после инкубации, мМ |
|------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 мл             | 5,75                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 6,12                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 6,20                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 5,93                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 6,15                    |                      |                                                       |

Рассчитайте, сколько **всего глюкозы** (в **ммолях**) превратилось в кислоту в процессе инкубации гомогената - \_\_\_\_\_ ммоль.

Рассчитайте, сколько кислоты (в **ммолях**) образовалось из свободной глюкозы и сколько из гликогена в процессе инкубации гомогената.

Из свободной глюкозы \_\_\_\_\_ ммоль.

Из гликогена \_\_\_\_\_ ммоль.

Исходя из полученных Вами результатов рассчитайте, **сколько гликогена (в %)** было израсходовано в гликолизе в процессе инкубации гомогената (**результат округлите до целого числа**).

Наиболее вероятной причиной, по которой **НЕ весь гликоген** был расщеплен, является \_\_\_\_\_.

**Задание 3.** Известно, что удельная активность гликогенфосфорилазы (фермента, который катализирует реакцию фосфорилиза гликогена) в белых скелетных мышцах кролика составляет **60 мкмоль/мин на 1 мг белка фосфорилазы** при 37°C. Рассчитайте число оборотов этого фермента. (**Числом оборотов фермента называется число молекул субстрата, претерпевающих превращение в единицу времени в расчете на одну молекулу фермента в условиях, когда концентрация фермента является единственным фактором, лимитирующим скорость реакции.**) Считайте, что **молекулярная масса** фосфорилазы равна **100 кДа**.

**Число оборотов фосфорилазы** составляет \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>.

**Продуктом реакции**, катализируемой фосфорилазой, **является** (поставьте знак « + »):

|                   |                  |                  |
|-------------------|------------------|------------------|
| Свободная глюкоза | Глюкозо-1-фосфат | Глюкозо-6-фосфат |
|                   |                  |                  |

Исходя из удельной активности фермента, рассчитайте, **сколько фосфорилазы (в мг)** было в полученном гомогенате (**результат округлите до двух знаков после запятой**).

Считая, что содержание белка в белых скелетных мышцах кролика составляет 20% от сырого веса, рассчитайте, **сколько процентов** от общего белка в полученном гомогенате приходится на долю фосфорилазы (**результат округлите до двух знаков после запятой**).

**Все ответы из Задания перенесите в ЛИСТ ОТВЕТОВ.**

**Ответы без расчетов не оцениваются!!! Для расчетов используйте специальное место в ЛИСТЕ ОТВЕТОВ! Расчеты в задании не оцениваются!**

**Закончив работу, листы Задания и ЛИСТ ОТВЕТОВ сдайте преподавателю, который примет Вашу работу.**

**ПРОВЕРЯЕТСЯ ТОЛЬКО ЛИСТ ОТВЕТОВ!**

**ЧЕРНОВИКИ НЕ ОЦЕНИВАЮТСЯ!!!**

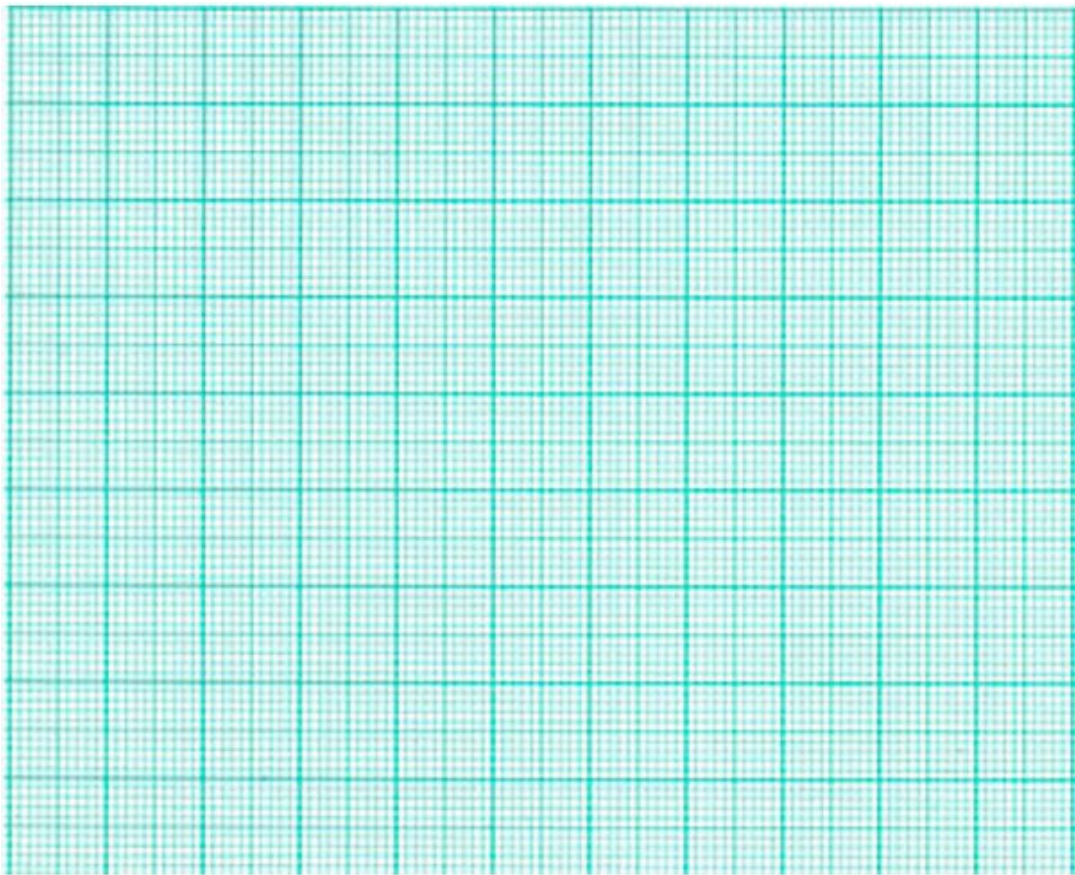
ЛИСТ ОТВЕТОВ  
11 класс, БИОХИМИЯ

Задание 1. (20 баллов).

Таблица №1 (8 баллов)

| №  | Объем стандартного раствора глюкозы, мл | Объем внесенного гомогената до инкубации, мл | Объем внесенного гомогената после инкубации, мл | Объем добавленной воды, мл | Оптическая плотность при 490 нм | Содержание глюкозы в пробе, мг | Концентрация глюкозы в гомогенате, мг/мл |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
| 1  | 0                                       | -                                            |                                                 |                            | 0,000                           |                                |                                          |
| 2  | 0,1                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,119                           |                                |                                          |
| 3  | 0,2                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,241                           |                                |                                          |
| 4  | 0,3                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,362                           |                                |                                          |
| 5  | 0,4                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,478                           |                                |                                          |
| 6  | 0,5                                     | -                                            |                                                 |                            | 0,600                           |                                |                                          |
| 7  | -                                       | 0,5                                          |                                                 |                            | 0,528                           |                                | До инкубации                             |
| 8  | -                                       | 0,5                                          |                                                 |                            | 0,540                           |                                |                                          |
| 9  | -                                       | 0,5                                          |                                                 |                            | 0,552                           |                                |                                          |
| 10 |                                         |                                              | 0,5                                             |                            | 0,444                           |                                | После инкубации                          |
| 11 |                                         |                                              | 0,5                                             |                            | 0,420                           |                                |                                          |
| 12 |                                         |                                              | 0,5                                             |                            | 0,432                           |                                |                                          |

Калибровочный график (6 баллов)



Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената до инкубации \_\_\_\_\_ ммоль (2 балла).

Количество свободной глюкозы в 100 мл гомогената после инкубации \_\_\_\_\_ ммоль (2 балла).

В этих условиях глюкоза расщепляется до \_\_\_\_\_ кислоты. (1 балл).

Из одной молекулы глюкозы образуется \_\_\_\_\_ молекул(а,ы) этой кислоты (1 балл).

**Задание 2 (15 баллов).**

**Таблица №2 (3 балла)**

| Объем гомогената | Объем раствора NaOH, мл | Среднее значение, мл | Концентрация кислоты в гомогенате после инкубации, мМ |
|------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 мл             | 5,75                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 6,12                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 6,20                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 5,93                    |                      |                                                       |
| 1 мл             | 6,15                    |                      |                                                       |

В процессе инкубации гомогената в кислоту превратилось \_\_\_\_\_ ммоль глюкозы (2 балла).

Рассчитайте, сколько кислоты (в ммоль) образовалось из свободной глюкозы и сколько из гликогена в процессе инкубации гомогената.

Из свободной глюкозы \_\_\_\_\_ ммоль кислоты (2 балла).

Из гликогена \_\_\_\_\_ ммоль кислоты (2 балла).

В процессе инкубации гомогената в гликолизе было израсходовано \_\_\_\_\_ % имевшегося в мышцах гликогена (4 балла).

Наиболее вероятной причиной, по которой НЕ весь гликоген был расщеплен, является \_\_\_\_\_ (2 балла).

**Задание 3 (15 баллов).**

Число оборотов фосфоорилазы составляет \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup> (5 баллов).

Продуктом реакции, катализируемой фосфоорилазой, является (поставьте знак « + ») (2 балла):

| Свободная глюкоза | Глюкозо-1-фосфат | Глюкозо-6-фосфат |
|-------------------|------------------|------------------|
|                   |                  |                  |

В полученном гомогенате было \_\_\_\_\_ мг фосфоорилазы (5 баллов).

На долю фосфоорилазы в полученном гомогенате приходится \_\_\_\_\_ % от общего белка (3 балла).

**Задание 1**

**Задание 2**

**Задание 3**