

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Заключительный этап  
Биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи**

---

**9 класс**

**Вариант 1**

**Задача 1.**

В двух ёмкостях равного объёма находится свежее молоко.

Ёмкость 1 нагрели до 35 градусов при постоянном перемешивании.

Ёмкость 2 нагрели до 100 градусов без перемешивания и аэрации.

Затем ёмкости накрыли стерильной марлей и поставили в термостат с температурой 27 °С.

Опишите состояние молока через 3 дня эксперимента и процессы, которые происходили с молоком с момента начала эксперимента.

Дайте подробное описание каждого из указанных процессов.

Какие микроорганизмы могут осуществлять данные процессы?

Запишите химическое уравнение не менее чем одного из них.

**Решение:**

В первой ёмкости в результате молочнокислого брожения образуется простокваша, во второй ёмкости в результате кипячения погибнет вся микрофлора и начнётся процесс гниения.

В ёмкости 2 молоко подверглось процессу кипячения, в котором погибла микрофлора.

Примеры микроорганизмов, осуществляющих молочнокислое брожение: *Bifidobacterium*; *Lactobacillus*.

Известно три типа брожения, вызываемого молочнокислыми бактериями:

1) Гомоферментативное молочнокислое брожение, при котором из глюкозы образуется только молочная кислота  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH(OH)COOH$ ;

2) Гетероферментативное Молочнокислое брожение, когда из глюкозы, кроме молочной кислоты, получается этиловый спирт и  $CO_2$   
 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH(OH)COOH + CH_3CH_2OH + CO_2$ ;

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**

---

3) брожение, вызываемое бифидобактериями,— бифидоброжение, при котором из глюкозы образуются уксусная и молочная кислоты  $2C_6H_{12}O_6 = 3CH_3COOH + 2CH_3CHOHCOOH$ .

Гниение (аммонификация) – процесс глубокого разложения белков микроорганизмами.

Расщепление аминокислот происходит путем дезаминирования (отщепления аминогруппы с выделением аммиака) и декарбоксилирования (отщепления декарбоксильной группы с выделением диоксида углерода). В результате образуются органические кислоты (например, масляная, уксусная, пропионовая, окси- и кетокислоты), а также высокомолекулярные спирты.

Примеры микроорганизмов: *Clostridium perfringens*, *Clostridium putrificum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium butiricum*, *Clostridium subterminalis*.

**Критерии оценивания:**

- 10 – дано подробное описание каждого из указанных процессов
- 5 – описаны микроорганизмы, осуществляющие данные процессы
- 5 – записаны химические уравнения не менее, чем одного из них

**Задача 2.**

В аппарате для культивирования микроорганизмов (ферментере) выращивают культуру клеток – продуцентов белка. Известно, что масса одной клетки составляет 0,001 г.

В начальный момент времени в аппарате находится 70 000 клеток, и их количество удваивается каждые 4 часа. Плотность КЖ принять равной 1500 кг/м<sup>3</sup> на протяжении всего процесса. Процесс культивирования длится двое суток. Вычислите геометрический объём ферментера, если известно, что

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Заключительный этап  
Биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи**

---

максимальный коэффициент заполнения аппарата равен 0,8. Ответ дайте в м<sup>3</sup> с точностью до сотых.

**Решение:**

В начальный момент времени:

$$70000 \text{ клеток} * 0,001 \text{ г} = 70 \text{ грамм}$$

$$2 \text{ суток} = 48 \text{ часов}$$

Сколько фаз удвоения количества укладывается?

$$48 \text{ часов} / 4 = 12 \text{ раз}$$

$$70 + 70 * 2^{12} = 286\,790 \text{ грамм в конце процесса}$$

Это соответствует объёму

$$V_p = 286,79 \text{ кг} / 1500 \text{ кг} / \text{м}^3 = 0,1912 \text{ м}^3$$

$$V = 0,1912 * 1,2 = 0,229 \text{ м}^3$$

**Ответ: 0,23 м<sup>3</sup>**

**Критерии оценивания:**

10 – рассчитано количество фаз роста или удвоения

10 – рассчитана масса культуры клеток и КЖ

10 – рассчитан объем ферментера

**Задача 3.**

На сити – ферме выращивают растения двух видов.

На участке площадью 100 м<sup>2</sup> планируют создать ситиферму высокой производительности для выращивания капустно-редечного гибрида. Для этого на участке можно установить гидропонную систему площадью полезной поверхности 120 м<sup>2</sup>, либо 2 аэропонных системы площадью полезной поверхности 90 м<sup>2</sup> каждая. Плотность посадки составляет 2 растения на 1 м<sup>2</sup>.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**

---

1. Вычислите количество полученного урожая через 90 дней, если известно, что до взрослого состояния гибрид вызревает за 30 суток на гидропонной установке и за 45 суток в аэропонной.

2. Выберите наиболее выгодное для установки на данном участке оборудование.

3. Как изменится результат, если в аэропонную установку добавят удобрение, которое позволит уменьшить время вызревания до 30 суток? Вычислите полученный урожай.

4. Какие элементы должны входить в состав удобрения для большинства растений? Предложите состав универсального удобрения.

**Решение:**

Количество растений в Гидропонной системе:  $120 * 2 = 240$  шт.

90 дней = 3 урожая.

$240 * 3 = 720$  шт.

Количество растений в Аэропонной системе:  $2 * 90 * 2 = 360$  шт.

2 урожая по 45 дней

$360 * 2 = 720$  шт.

Одинаковый результат.

$360 * 3 = 1080$  шт

Три основных макроэлемента, необходимых растению (NPK): азот (N) - 6 %, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 18 %, калий (K<sub>2</sub>O) - 34 %

(процентовка может быть любая)

**Критерии оценивания:**

10 – вычислено количество полученного урожая в каждой из систем

10 – обоснован выбор наиболее выгодного оборудования

10 – проведен расчет урожайности при измененных условиях

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Заключительный этап  
Биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи**

---

10 – описаны стандартные компоненты удобрений, необходимые растениям

10 – предложен качественный состав универсального удобрения

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Заключительный этап  
Биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи**

---

**Вариант 2**

**Задача 1.**

Известно, что питательная среда для экспериментальной культуры микроорганизмов состоит из агар-агара, сахарозы, хлорида калия и смеси солей в пропорции 3 : 4 : 2 : 2 соответственно. Найдите массу хлорида калия в 1 литре раствора, если известно, что в 2,5 л среды содержится 100 г сахарозы.

**Решение:**

1. Найдём суммарное количество долей, составляющих смеси:  $3+4+2+2=11$
2. Сахароза занимает 4 части. Значит в 2,5 литрах, содержащих 100 г сахарозы одна часть, составляет  $100/4$  грамм.
3. Хлорид калия в 2,5 л среды в этом случае  $25*2 = 50$  грамм
4. Количество хлорида калия в 1 литре среды:  $50 / 2,5 = 20$  грамм

**Ответ:** 20 грамм.

**Критерии оценивания:**

10 – рассчитана масса хлорида калия в исходной смеси или исходном объеме

10 – вычислено количество компонента в 1 литре

**Задача 2.**

В гидропонной установке выращивают кресс-салат, снимая урожай в 6 кг. Известно, что гидропонная установка состоит из 6 прямоугольных лотков (высотой 75 мм, длиной 1 м и шириной 0,8 м), в которые погружаются корни растений, а также системы креплений и опор для самого растения.

Вычислите плотность посадки растений, если масса одного взрослого растения 50 г.

**Решение:**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Заключительный этап**  
**Биотехнологический профиль**  
**Междисциплинарные задачи**

---

Вычислим количество взрослых растений, которые были собраны в качестве урожая:

$$6\ 000 / 50 = 120 \text{ шт}$$

Вычислим площадь установки:

$$6 * 0,8 * 1 = 4,8 \text{ м}^2$$

Вычислим плотность посадки растений:

$$120 / 4,8 = 25 \text{ шт / м}^2$$

В состав универсального удобрения должны входить три основных макроэлемента (NPK): азот (N) - 6 %, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 18 %, калий (K<sub>2</sub>O) - 34 %

(процентовка может быть любая)

**Ответ: 25 шт / м<sup>2</sup>**

**Критерии оценивания:**

10 – вычислена плотность посадки растений

10 – описаны стандартные компоненты удобрений, необходимые растениям

10 – предложен качественный состав универсального удобрения

**Задача 3.**

В аппарате для культивирования микроорганизмов (ферментере) выращивают культуру клеток – продуцентов белка. Известно, что масса одной клетки составляет 0,001 г. Культивируется консорциум микроорганизмов в исходном соотношении M<sub>1</sub>: M<sub>2</sub>: M<sub>3</sub> = 1: 2: 1.

В начальный момент времени в аппарате находится 80 000 клеток. Количество клеток M<sub>1</sub> удваивается каждые 4 часа, скорость роста M<sub>2</sub> и M<sub>3</sub> вдвое ниже.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Заключительный этап  
Биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи**

---

Плотность культивируемой массы принять равной  $1500 \text{ кг/м}^2$  на протяжении всего процесса. Процесс культивирования длится двое суток. Вычислите геометрический объём ферментера, если известно, что максимальный коэффициент заполнения аппарата равен  $0,95$ . Ответ дайте в  $\text{м}^3$  с точностью до сотых.

**Решение:**

1. Вычислим количество клеток каждого элемента консорциума в начальный момент.

$$80000 \text{ клеток} / (1+2+1) = 20000 \text{ клеток}$$

$$M1: 20000 \text{ клеток} * 0,001 \text{ г} = 20 \text{ г}$$

$$M2: 40000 * 0,001 \text{ г} = 40 \text{ г}$$

$$M3: 20000 * 0,001 \text{ г} = 20 \text{ г}$$

2. Рассчитаем количество фаз роста:

$$2 \text{ суток} = 48 \text{ часов.}$$

Для M1 количество фаз роста:

$$48/4 = 12;$$

$$\text{Для M2 } 48 / 8 = 6.$$

3. Вычислим количество каждого элемента консорциума в конечный момент.

$$M1: 20 \text{ г} + 20\text{г} * 212 = 81\ 940 \text{ гр}$$

$$M2: 40 \text{ г} + 40 * 26 = 2\ 600 \text{ гр}$$

$$M3: 20 \text{ г} + 20 * 26 = 1\ 300 \text{ гр}$$

4. Всего в аппарате находится:

$$1300 + 2600 + 81940 = 85840 \text{ гр}$$

5. Вычислим объём аппарата:

$$V_p = 85,84 \text{ кг} / (1500 \text{ кг} / \text{м}^3) = 0,057 \text{ м}^3$$

$$V = 1,05 * 0,057 = 0,06 \text{ м}^3$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
Заключительный этап  
Биотехнологический профиль  
Междисциплинарные задачи**

---

**Ответ: 0,06 м<sup>3</sup>.**

**Критерии оценивания:**

- 10 – рассчитано количество фаз роста или удвоения для каждой культуры
- 10 – рассчитана длительность фазы для каждой культуры
- 10 – рассчитано количество клеток в аппарате в конечный момент процесса
- 10 – рассчитана масса культуры клеток и КЖ
- 10 – рассчитан объем ферментера