

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

Вариант 1

Задача 1.

Заполните пропуски в предложениях подходящими терминами.

Выделяют три класса данных материалов. Типичные представители первого класса — (1), их мономерами являются аминокислоты. Представители другого класса — (2) и (3). (2), например полиакрилаты, деформируются необратимо, а (3) — деформируются обратимо. Обратимая, упругая деформация подчиняется закону (4). Если смесь из (3) и различных ингредиентов подвергают повышенной температуре, получаются резины. Этот процесс называется (5).

Ответ: 1 — белки, 2 — пластмассы или пластики, 3 — эластомеры или каучуки, 4 — Гука, 5 — вулканизацией.

Задача 2.

Экзополисахариды (ЭПС) занимают особое место среди биополимеров бактериального происхождения: они хорошо зарекомендовали себя в медицине, ветеринарии, нефтяной и пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Одним из продуцентов экзополисахаридов является молочнокислая бактерия *Lactococcus lactis* В-1662. Биотехнологи в своих исследованиях стремятся подобрать оптимальные условия для данного продуцента, чтобы бактерия давала максимальный выход экзополисахаридов, варьируя, например, состав питательной среды.

1) При выращивании культуры на питательных средах, содержащих в качестве источника углерода лактозу, глюкозу или сахарозу были получены разные результаты по накоплению в них ЭПС. Рассчитайте выход ЭПС в мг/л в

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

каждом случае, если известно, что культивирование проводили в жидкой питательной среде объемом 100 мл. Ответ дайте в виде целых чисел. Какой источник углерода способствует максимальному выходу ЭПС?

Источник углерода	Масса пустого фильтра, г	Масса фильтра с ЭПС, г
Лактоза	0,0850	0,1317
Глюкоза	0,0842	0,1529
Сахароза	0,0845	0,1598

2) Рассчитайте, какую навеску углевода надо взять для приготовления питательной среды, если вам нужно приготовить 300 мл среды, содержащей 2,5 масс.об.% выбранного углевода. Ответ дайте в граммах с точностью до десятых.

Примечание: Массовый объёмный процент (масс.об.%) — это отношение количества грамм растворённого вещества к объёму всего раствора (мл), умноженное на 100%.

3) Рассчитайте, какой объем твин-80 надо взять для приготовления 300 мл питательной среды, содержащей 0,1 масс.об.% твин-80. Плотность твин-80 составляет 1,064 г/мл. Ответ дайте в миллилитрах с точностью до тысячных.

4) Рассчитайте среднее значение выхода ЭПС в мг/л исходя из результатов 10 экспериментов для объема питательной среды 500 мл. Ответ дайте в виде целого числа.

№	Масса, г	№	Масса, г
1	0,2340	6	0,2289
2	0,2456	7	0,2432
3	0,2312	8	0,2486

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

4	0,2398	9	0,2469
5	0,2502	10	0,2318

5) Рассчитайте процентное содержание моносахаридов, входящих в состав ЭПС *Lactococcus lactis* В-1662, если для анализа было взято 125 мг образца ЭПС. Ответ дайте с точностью до сотых.

Моносахарид	Содержание, мг
Глюкоза	57,3
Ксилоза	60,5
Рамноза	7,2

Решение:

1) Для нахождения выхода продукта из 100 мл питательной среды вычитаем из массы фильтра с продуктом массу пустого фильтра, получаем массу продукта в г.

0,0850	0,1317
--------	--------

Для лактозы: $0,1317 - 0,0850 = 0,0467$ г

Умножаем на 1000 для перевода г в мг:

$0,0467$ г = 46,7 мг — количество ЭПС из 100 мл культуральной среды.

Тогда в 1 л было в 10 раз больше (1 л = 1000 мл, $1000 \text{ мл}/100 \text{ мл} = 10$ раз)

$46,7 \text{ мг/мл} = 467 \text{ мг/л}$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

Источник углерода	Выход ЭПС, мг/л
Лактоза	467
Глюкоза	687
Сахароза	753

Максимальному выходу ЭПС способствует сахароза.

2) Речь идет о масс-объемных процентах: Массовый объемный процент (масс.об.%) — это отношение количества грамм растворенного вещества к объему всего раствора (мл) умноженное на 100%.

Требуется приготовить 300 мл среды — это 100%, содержащей 2,5 масс.об.% углевода

$$300 \text{ мл} - 100\%$$

$$X \text{ г} - 2,5 \%$$

$$X = 7,5 \text{ г}$$

Ответ – 7,5 г

3) Так как речь идет о масс-объемных процентах — приравниваем г и мл.

Требуется приготовить 300 мл среды — это 100%, содержащей 0,1 масс.об.% твин-80.

$$300 \text{ мл} - 100\%$$

$$X \text{ г} - 0,1 \%$$

$$X = 0,3 \text{ г}$$

Для расчета объема твина-80 делим массу на плотность.

$$V (\text{твин-80}) = 0,3 \text{ г} / 1,064 \text{ г/мл} = 0,282 \text{ мл}$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

Ответ округляем до тысячных по условию задачи.

Ответ: 0,282 мл

4) Для расчёта среднего значения суммируем все полученные данные и делим на количество измерений.

$$(0,2340+0,2456+0,2312+0,2398+0,2502+0,2289+0,2432+0,2486+0,2469+0,2318) / 10 = 0,2400 \text{ г}$$

Переводим в мг (1 г = 1000 мг), 0,2400 г = 240 мг.

240 мг – 500 мл, тогда из 1 л (1000 мл) в 2 раза больше (1000 мл/500 мл = 2 раза)

Ответ: 480 мг

5) 125 мг — это масса всего образца ЭПС. Это 100%. От неё находим массовые доли для каждого моносахарида в составе. Например, для глюкозы:

$$125 \text{ мг} - 100\%$$

$$57,3 \text{ мг} - X\%$$

$$57,3 * 100 / 125 = 45,84\%$$

Ответы округляем до сотых по условию задачи.

Моносахарид	Содержание, %
Глюкоза	45,84%
Ксилоза	48,40%
Рамноза	5,76%

Задача 3.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

Одной из причин ограничения роста может быть недостаток пищи (лимитирование по субстрату на языке микробиологии). Из микробиологических исследований известно, что в условиях лимитирования по субстрату скорость роста растёт пропорционально концентрации субстрата, а при избытке субстрата выходит на постоянную величину, определяемую генетическими возможностями популяции.

Зависимость скорости роста микроорганизмов от концентрации субстрата описывается уравнением Моно (1).

$$\mu = \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad (1)$$

μ — удельная скорость роста микроорганизмов

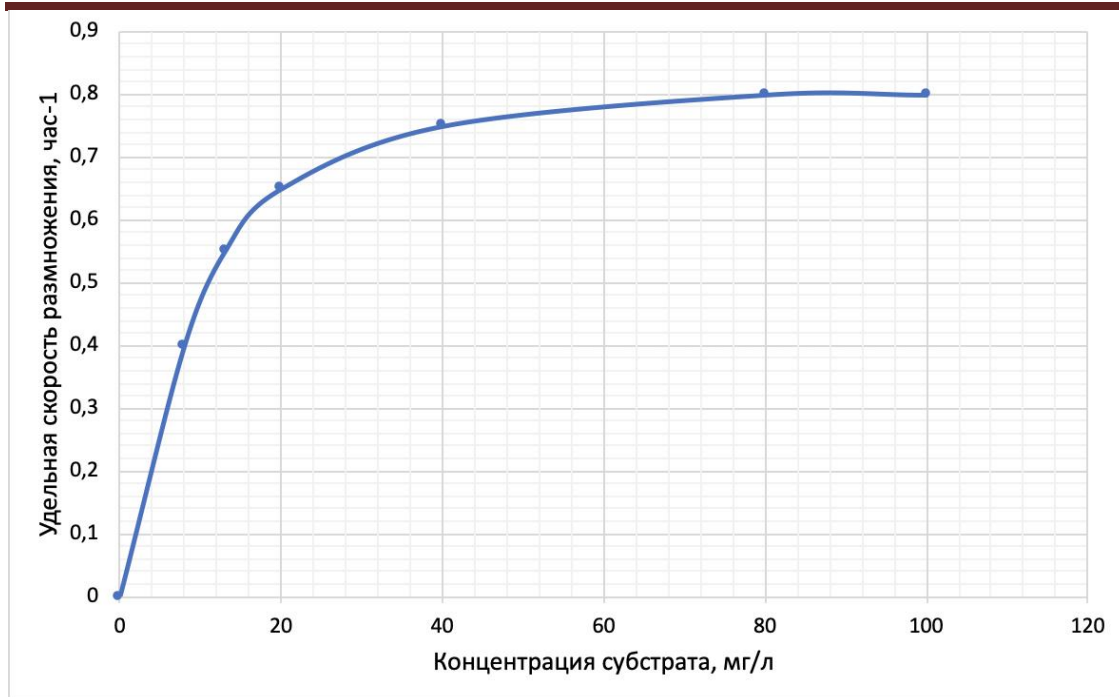
μ_{\max} — максимальная удельная скорость роста микроорганизмов

$[S]$ — концентрация субстрата

K_s — константа насыщения субстратом

На рисунке представлен график, отражающий эмпирические данные, полученные при изучении процесса культивирования *E. coli* на среде с глицерином (модель Моно).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс



- 1) Опишите приведённый на рисунке график
- 2) Определите графически константу насыщения субстрата, учитывая, что константа численно равна такой концентрации субстрата, при которой удельная скорость равна половине её максимальной удельной скорости роста микроорганизмов. Константа насыщения определяется в тех же единицах измерения, что и концентрация субстрата.
- 3) Рассчитайте удельную скорость роста микроорганизмов при концентрации субстрата 45 мг/л. Ответ округлите до сотых.
- 4) Определите минимальное время генерации *E. coli* (время, необходимое для удвоения клеток популяции), учитывая, что эта величина определяется по формуле (2). Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

$$\square = \frac{0,693}{\square} \quad (2)$$

5) Определите стехиометрический выход биомассы *E. coli* при потреблении глицерина. Стехиометрический выход определяется отношением С-моль биомассы к С-моль субстрата и измеряется в долях или процентах. Справочное: С-моль биомассы — $\text{CH}_{1,8}\text{O}_{0,5}\text{N}_{0,2}$; С-моль глицерина — $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$. Ответ выразите в долях и округлите до десятых.

Решение:

1) График функции — кривая, выходящая из начала координат. Наблюдается активный рост значений удельной скорости с постепенным выходом на «плато». При концентрации выше 80 мг/л увеличения значений удельной скорости роста не происходит.

2) 8 мг/л

$$\mu_{\square\square\square} = 0,8 \text{ час}^{-1}$$

$$\mu_{\square\square\square/2} = 0,4 \text{ час}^{-1} \text{ соответственно } \square_{\square} = 8 \text{ мг/л}$$

3) 0,68 час⁻¹

По формуле 1:

$$\square = \square_{\square\square\square} \frac{[\square]}{\square_{\square} + [\square]} = 0,8 \frac{45}{8+45} = 0,68$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

4) 61 мин^{-1}

По формуле 2:

$$\square = \frac{0,693}{\square} = \frac{0,693}{0,68} = 1,0191 \text{ час}^{-1} = 61 \text{ мин}^{-1}$$

5) 0,8

Мол. масса С-моль биомассы — 24,6

Мол. масса С-моль глицерина — 30,6

Стехиометрический выход: $24,6/30,6 = 0,8$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс**

Вариант 2

Задача 1.

Заполните пропуски в предложениях подходящими терминами.

Эти материалы относятся к особому классу органических соединений, макромолекулы которых имеют большую _____(1)_____ (1)_____. Большинство этих материалов получают в процессе _____(2)_____. Например, в процессе _____(2)_____ бутадиена-1,3 получают бутадиеновый _____(3)_____, который широко используется для производства автомобильных шин и конвейерных лент. Однако, эти материалы образуются и в природе. Например, в процессе биосинтеза образуется _____(4)_____ — гомополисахарид, большое количество которого содержится в хлопке. _____(4)_____ способна _____(5)_____, то есть переходить из жидкого агрегатного состояния в твёрдое.

Ответ: 1 — молекулярную массу, 2 — полимеризации, 3 — каучук, 4 — целлюлоза, 5 — кристаллизоваться.

Задача 2.

Экзополисахариды (ЭПС) занимают особое место среди биополимеров бактериального происхождения: они хорошо зарекомендовали себя в медицине, ветеринарии, нефтяной и пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Одним из продуцентов экзополисахаридов является молочнокислая бактерия *Lactococcus lactis* В-1662. Биотехнологи в своих исследованиях стремятся подобрать оптимальные условия для данного продуцента, чтобы бактерия давала максимальный выход экзополисахаридов, варьируя, например, состав питательной среды.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

1) При выращивании культуры на питательных средах, содержащих в качестве источника углерода лактозу, глюкозу или сахарозу были получены разные результаты по накоплению в них ЭПС. Рассчитайте выход ЭПС в мг/л в каждом случае, если известно, что культивирование проводили в жидкой питательной среде объемом 100 мл. Ответ дайте в виде целых чисел. Какой источник углерода способствует максимальному выходу ЭПС?

Источник углерода	Масса пустого фильтра, г	Масса фильтра с ЭПС, г
Лактоза	0,0854	0,1330
Глюкоза	0,0848	0,1583
Сахароза	0,0850	0,1528

2) Рассчитайте, какую навеску углевода надо взять для приготовления питательной среды, если вам нужно приготовить 250 мл среды, содержащей 2 масс.об.% выбранного углевода. Ответ дайте в граммах в виде целого числа.

Примечание: Массовый объемный процент (масс.об.%) — это отношение количества грамм растворенного вещества к объему всего раствора (мл) умноженное на 100%.

3) Рассчитайте, какой объем твин-80 надо взять для приготовления 250 мл питательной среды, содержащей 0,1 масс.об.% твин-80. Плотность твин-80 составляет 1,064 г/мл. Ответ дайте в миллилитрах с точностью до тысячных.

4) Рассчитайте среднее значение выхода ЭПС в мг/л исходя из результатов 10 экспериментов для объема питательной среды 500 мл. Ответ дайте в виде целого числа.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс**

№	Масса, г	№	Масса, г
1	0,2536	6	0,2513
2	0,2468	7	0,2399
3	0,2451	8	0,2457
4	0,2486	9	0,2415
5	0,2385	10	0,2542

5) Рассчитайте процентное содержание моносахаридов, входящих в состав ЭПС *Lactococcus lactis* В-1662, если для анализа было взято 175 мг образца ЭПС. Ответ дайте с точностью до сотых.

Моносахарид	Содержание, мг
Глюкоза	88,1
Ксилоза	77,4
Рамноза	9,5

Решение:

1) Для нахождения выхода продукта из 100 мл питательной среды вычитаем из массы фильтра с продуктом массу пустого фильтра, получаем массу продукта в г.

Для лактозы: $0,1330 - 0,0854 = 0,0476$ г

Умножаем на 1000 для перевода г в мг:

$0,0476$ г = 47,6 мг – количество ЭПС из 100 мл культуральной среды.

Тогда в 1 л было в 10 раз больше (1 л = 1000 мл, $1000\text{мл}/100\text{мл}=10$ раз)

$47,6$ мг/мл = 476 мг/л

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

Источник углерода	Выход ЭПС, мг/л
Лактоза	476
Глюкоза	735
Сахароза	678

Максимальному выходу ЭПС способствует глюкоза.

2) Речь идет о масс-объемных процентах: Массовый объемный процент (масс.об.%) — это отношение количества грамм растворенного вещества к объему всего раствора (мл) умноженное на 100%.

Требуется приготовить 250 мл среды — это 100%, содержащей 2 масс.об.% углевода.

250 мл – 100%

X г – 2 %

X = 5 г

Ответ – 5 г

3) Так как речь идет о масс-объемных процентах — приравниваем г и мл.

Требуется приготовить 250 мл среды — это 100%, содержащей 0,1 масс.об.% твин-80.

250 мл – 100%

X г – 0,1 %

X = 0,25 г

Для расчета объема твина-80 делим массу на плотность.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

$$V (\text{твин-80}) = 0,25 \text{ г} / 1,064 \text{ г/мл} = 0,235 \text{ мл}$$

Ответ округляем до тысячных по условию задачи.

Ответ: 0,235 мл

4) Для расчета среднего значения суммируем все полученные данные и делим на количество измерений.

(0,2536

$$+0,2468+0,2451+0,2486+0,2385+0,2513+0,2399+0,2457+0,2415+0,2542)/10=0,2465 \text{ г}$$

Переводим в мг (1 г = 1000 мг), 0,2465 г = 246,5 мг.

246,5 мг – 500 мл, тогда из 1 л (1000 мл) в 2 раза больше (1000 мл/500 мл = 2 раза)

Ответ: 493 мг

5) 175 мг — это масса всего образца ЭПС. Это 100%. От неё находим массовые доли для каждого моносахарида в составе. Например, для глюкозы:

175 мг – 100%

88,1 мг – X%

$$88,1 * 100 / 175 = 50,34\%$$

Ответы округляем до сотых по условию задачи.

Моносахарид	Содержание, %
Глюкоза	50,34
Ксилоза	44,23
Рамноза	5,43

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

Задача 3.

Одной из причин ограничения роста может быть недостаток пищи (лимитирование по субстрату на языке микробиологии). Из микробиологических исследований известно, что в условиях лимитирования по субстрату скорость роста растет пропорционально концентрации субстрата, а при избытке субстрата выходит на постоянную величину, определяемую генетическими возможностями популяции.

Зависимость скорости роста микроорганизмов от концентрации субстрата описывается уравнением Моно (1).

$$\mu = \mu_{\max} \frac{[S]}{K_s + [S]} \quad (1)$$

μ — удельная скорость роста микроорганизмов

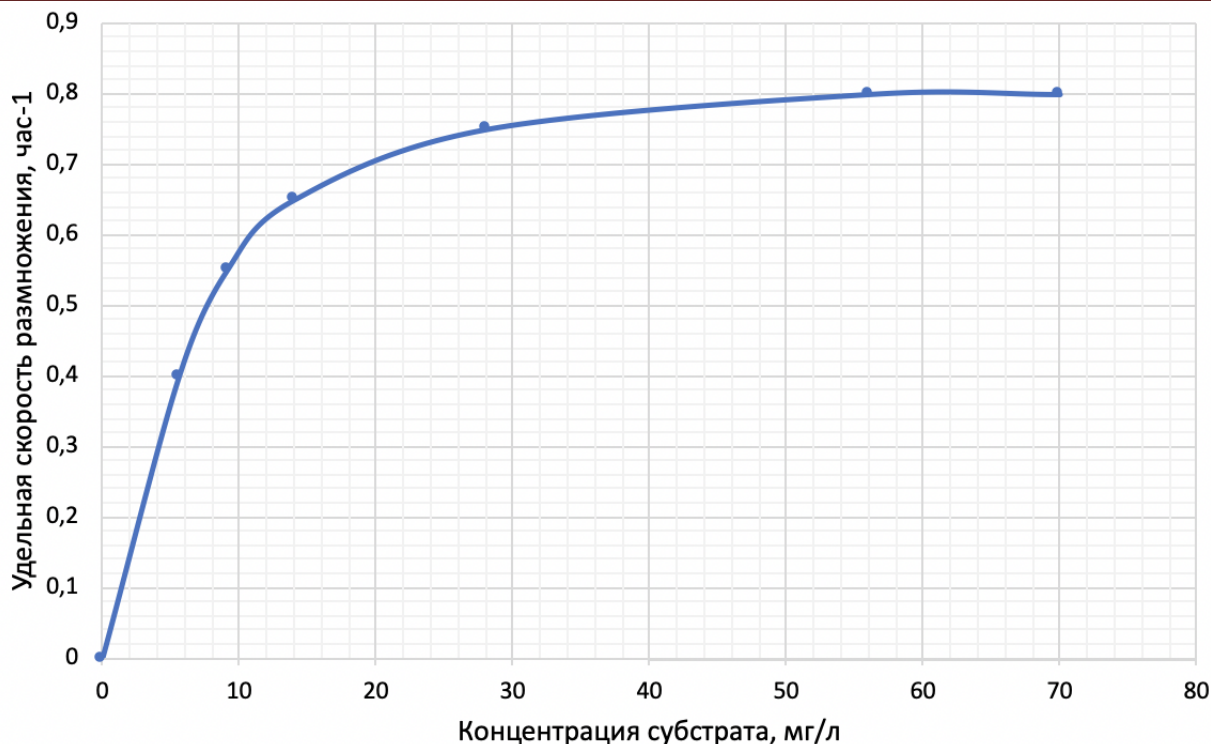
μ_{\max} — максимальная удельная скорость роста микроорганизмов

$[S]$ — концентрация субстрата

K_s — константа насыщения субстратом

На рисунке представлен график, отражающий эмпирические данные, полученные при изучении процесса культивирования *E. coli* на среде с глицерином (модель Моно).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс



- 1) Опишите приведённый на рисунке график.
- 2) Определите графически константу насыщения субстрата, учитывая, что константа численно равна такой концентрации субстрата, при которой удельная скорость равна половине её максимальной удельной скорости роста микроорганизмов. Константа насыщения определяется в тех же единицах измерения, что и концентрация субстрата.
- 3) Рассчитайте удельную скорость роста микроорганизмов при концентрации субстрата 35 мг/л. Ответ округлите до сотых.
- 4) Определите минимальное время генерации *E. coli* (время, необходимое для удвоения клеток популяции), учитывая, что эта величина определяется по формуле (2). Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

$$\square = \frac{0,693}{\square} \quad (2)$$

5) Определите стехиометрический выход биомассы *E. coli* при потреблении глицерина. Стехиометрический выход определяется отношением С-моль биомассы к С-моль субстрата и измеряется в долях или процентах. Справочное: С-моль биомассы — $\text{CH}_{1,8}\text{O}_{0,5}\text{N}_{0,2}$; С-моль глицерина — $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$. Ответ выразите в долях и округлите до десятых.

Ответы:

1) График функции — кривая, выходящая из начала координат. Наблюдается активный рост значений удельной скорости с постепенным выходом на «плато». При концентрации выше 55 мг/л увеличения значений удельной скорости роста не происходит.

2) 6 мг/л

$$\mu_{\square\square\square} = 0,8 \text{ час}^{-1}$$

$$\mu_{\square\square\square/2} = 0,4 \text{ час}^{-1} \text{ соответственно } K_s = 6 \text{ мг/л}$$

3) 0,68 час⁻¹

По формуле 1:

$$\square = \square_{\square\square\square} \frac{[\square]}{\square + [\square]} = 0,8 \frac{35}{6+35} = 0,68$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Химико-биотехнологический профиль
Междисциплинарные задачи
11 класс

4) 61 мин^{-1}

По формуле 2:

$$\square = \frac{0,693}{\square} = \frac{0,693}{0,68} = 1,0191 \text{ час}^{-1} = 61 \text{ мин}^{-1}$$

5) 0,8

Мол. масса С-моль биомассы — 24,6

Мол. масса С-моль глицерина — 30,6

Стехиометрический выход: $24,6/30,6 = 0,8$