

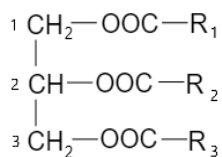
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

ВАРИАНТ 1

Задача 1

Липазы — это гидролитические ферменты, катализирующие гидролиз сложных липидов до глицерина и жирных кислот. В организме они играют ключевую роль в процессах переваривания и усвоения жиров, а также в энергетическом обмене. В промышленности липазы применяются как компоненты моющих средств; при производстве биодизеля, с помощью липаз проводят модификацию жиров в пищевой промышленности, например, получают заменитель какао-масла на основе более доступных растительных масел.

На рисунке представлена общая формула триацилглицерида – основного компонента растительных масел, остатки жирных кислот обозначены R.



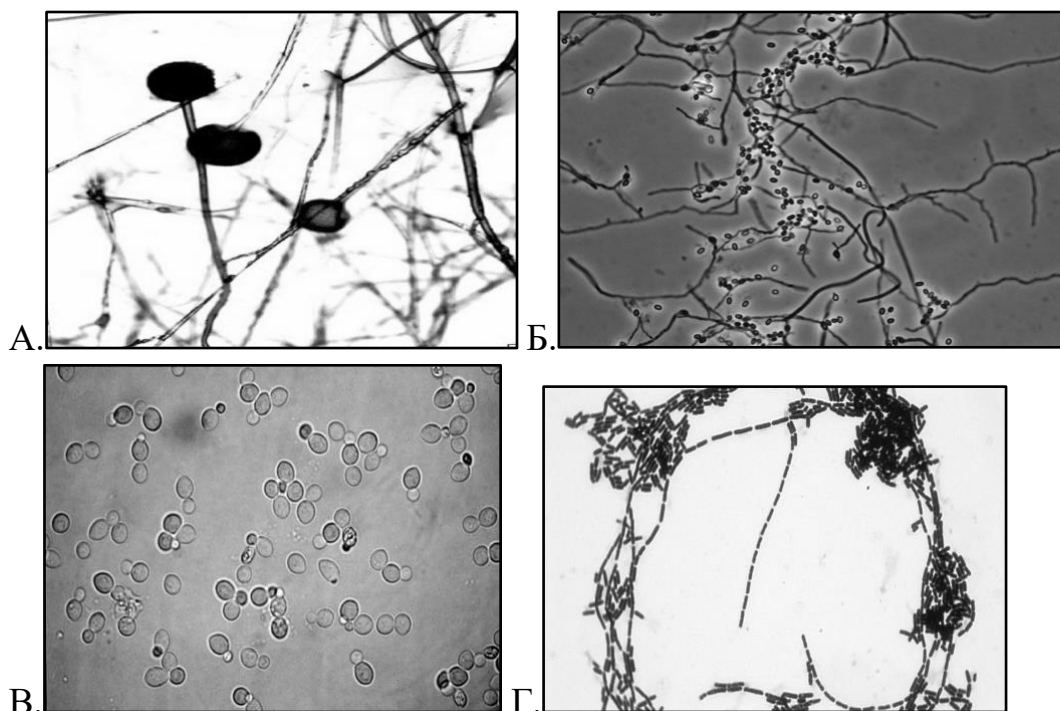
Подсолнечное масло содержит 50-70 % полиненасыщенной линолевой кислоты, что делает его жидким при комнатной температуре, также оно содержит ненасыщенную олеиновую кислоту и небольшие количества насыщенных пальмитиновой и стеариновой. Масло какао при комнатной температуре находится в твердом состоянии, так как содержит 50-60 % насыщенных жирных кислот, 30-40 % олеиновой кислоты и менее 3 % линолевой кислоты. Для получения заменителя какао-масла необходимо изменить жирнокислотный состав триглицеридов подсолнечного масла. Это достигается проведением реакции переэтерификации, катализируемой липазой. Такую липазу синтезируют многие грибы, например *Rhizopus oryzae* – микроскопический гриб, обнаруживающийся в почве.

1. *Rhizopus oryzae* образует несептированные гифы с тонкими гладкими стенками диаметром от 6 до 15 мкм. Спорангиеносцы длинные, неразветвленные, вертикальные, диаметром до 20 мкм, могут достигать значительной длины. Спорангии шаровидные или слегка сплюснутые,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс**

крупные, диаметром до 200 мкм, гладкостенные. Содержат большое количество спорангиоспор. По мере созревания спорангий приобретает тёмно-серый или чёрный цвет. Ниже представлены фотографии клеток различных организмов, полученные с помощью оптического микроскопа при увеличении в 400 раз. Определите, на какой фотографии изображены грибы *Rhizopus oryzae*.



2. Липазу *Rhizopus oryzae* часто получают рекомбинантным способом. Для этого выделяют матричную РНК гена липазы из гриба и на матрице данной РНК обратной транскрипцией получают ДНК, которую затем клонируют в плазмиду и экспрессируют в клетках *Escherichia coli*. Перед вами начальная часть последовательности мРНК гена липазы, выделенная из *Rhizopus oryzae*.

5' GAUGGCAUCGCGUCCUUAAGAGACUACCACCAUUCC 3'

Запишите последовательность ДНК, которую необходимо встроить в геном *Escherichia coli*, и последовательность полипептида, который будет транслироваться в клетках. Для ответа используйте таблицу генетического кода, приведенную ниже.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

1-е осно - вани е	2-е основание								3-е осно вани е
	U		C		A		G		
U	UU U	(Phe) Фенилалан ин	UC U	(Ser) Серин	UA U	(Tyr) Тирозин	UG U	(Cys) Цистеин	U
	UC C		UA C		UG C		C		
	UU A		UC A		UA A	Стоп (охра)	UG A	Стоп (опал)	A
	UU G		UC G		UA G	Стоп (янтарь)	UG G	(Trp) Триптофан	G
C	CU U	(Leu) Лейцин	CC U	(Pro) Пролин	CA U	(His) Гистидин	CG U	(Arg) Аргинин	U
	CC C		CA C		CG C		C		
	CU A		CC A		CA A	(Gln) Глутамин	CG A		A
	CU G		CC G		CA G		CG G		G
A	AU U	(Ile) Изолейцин	AC U	(Thr) Треонин	AA U	(Asn) Аспарагин	AG U	(Ser) Серин	U
	AC C		AA C		AG C		C		
	AU A		AC A		AA A	(Lys) Лизин	AG A	(Arg) Аргинин	A
	AU G	(Met) старт, Метионин	AC G		AA G		AG G		G
G	GU U	(Val) Валин	GC U	(Ala) Аланин	GA U	(Asp) Аспарагин о- вая кислота	GG U	(Gly) Глицин	U
	GU C		GC C		GA C		GG C		C

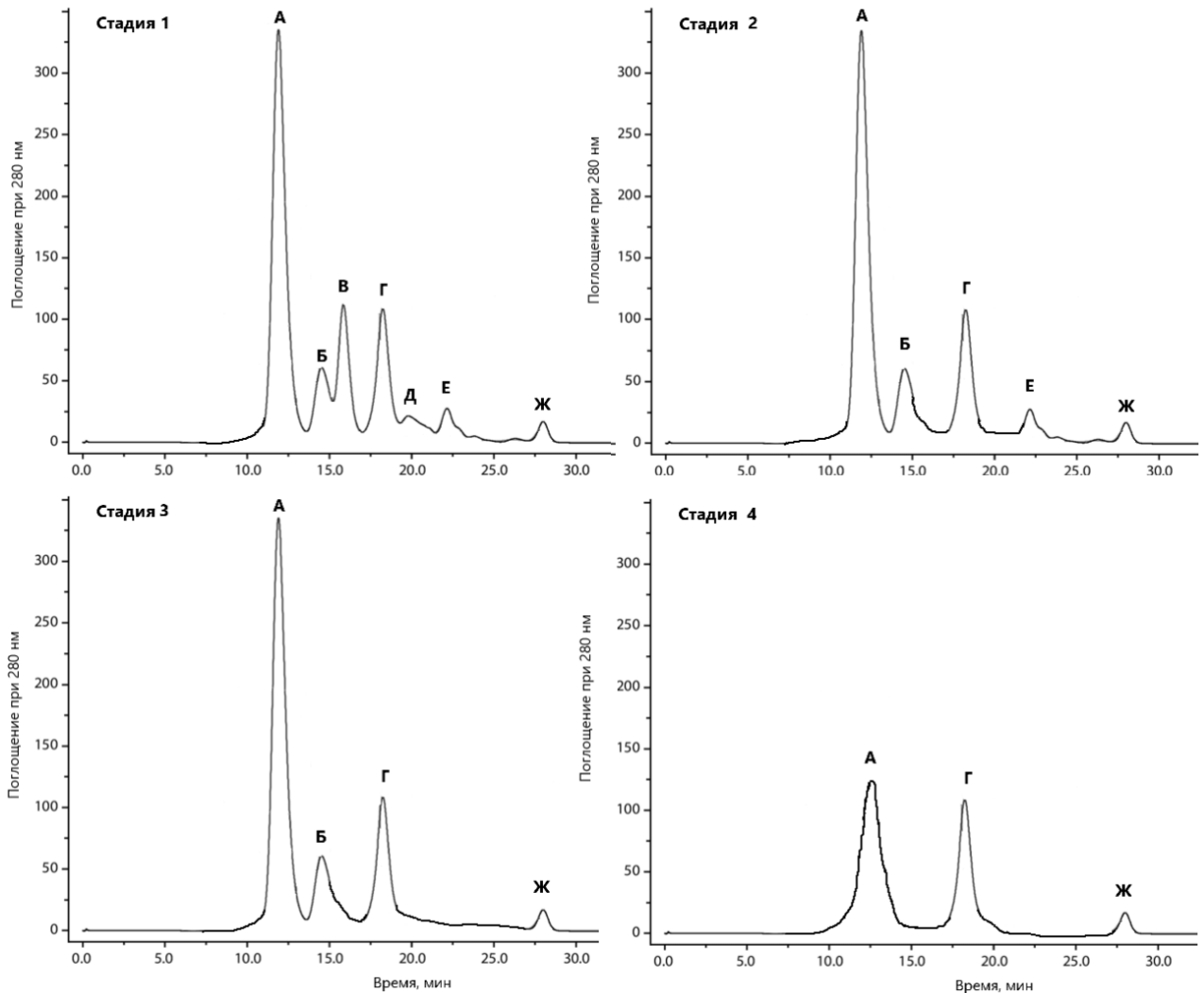
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс**

	GU		GC		GA	(Glu) Глутамино вая кислота	GG		A
	A		A		A		A		
	GU		GC		GA		GG		G
	G		G		G		G		

3. Липазу получали в клетках *Escherichia coli*, выделяли, а затем очищали. Для оценки эффективности очистки применяли гель-эксклюзионную хроматографию. Данный метод заключается в пропускании исследуемой смеси веществ через гель с порами определенного размера в токе растворителя. Порции растворителя собирают и анализируют содержание в них целевого вещества. Молекулы с большой молекулярной массой проходят через такой сорбент быстро, а мелкие молекулы задерживаются в порах и выходят из сорбента позднее. На графиках представлены результаты гель-эксклюзионной хроматографии фракций, полученных на разных этапах очистки липазы: зависимость поглощения образца при 280 нм, которое пропорционально концентрации белка в пробах, от времени процесса. Среди всех веществ в образце молекулярная масса липазы наибольшая. Укажите, какой пик соответствует липазе. Ответ обоснуйте.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс



4. Исходя из того, что липаза должна содержать минимальное количество примесей и при этом концентрация фермента должна быть максимальной, определите, на какой стадии следует остановить процесс очистки. Укажите ее номер. Ответ обоснуйте.

5. Для получения заменителя масла какао используют липазы, расщепляющие сложноэфирные связи в триацилглицеридах по положениям 1 и 3 глицерина. Приведите формулу триацилглицерида в общем виде и укажите, какие связи будут подвергаться гидролизу.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

Решение

1. А. На фотографии представлен гриб, имеющий несептированные гифы и крупные шаровидные спорангии.

2. Последовательность ДНК, которую необходимо встроить в геном *Escherichia coli*, комплиментарна последовательности мРНК:

РНК: 5' GAUGGCAUCGCG UCC UUAAGAGACUACCACCAUUCC 3'

ДНК: 3' ТАСССГАТАСГСГАГГААТТСТСТГАТГГТГГТААГГ 5'

Найдем точку начала трансляции – стартовый кодон (AUG), затем разделим последовательность на кодоны и найдем стопкодон – UAA.

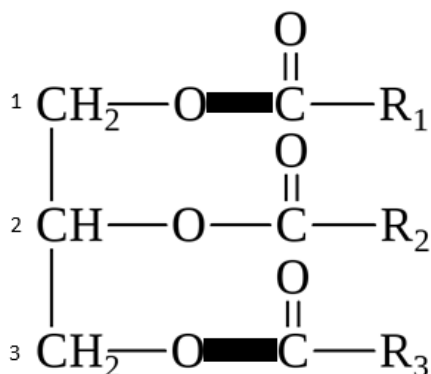
5' G **AUG** GCA UCG CGU CCU **UAA** GAG ACU ACC ACC AUU CC 3'

Согласно генетическому коду, составим последовательность пептида: MetAlaSerArgPro.

3. В гель-эксклюзионной хроматографии молекулы с большой массой проходят через сорбент быстро, не задерживаясь в порах. Так как липаза имеет наибольшую молекулярную массу в смеси, то ей соответствует пик с наименьшим временем удерживания – А.

4. Процесс очистки необходимо остановить на стадии 3 так как на этой стадии количество примесей наименьшее, а концентрация липазы высокая.

5. По действию липазы расщепляются сложноэфирные связи между остатком глицерина и жирной кислоты. На рисунке выделены жирным.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

Задача 2

Раздел физики, посвященный изучению методов измерения вязкости, называется вискозиметрия. Вискозиметр — прибор для определения динамической вязкости вещества.

Вязкость (внутреннее трение)— одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. В результате макроскопическая работа, затрачиваемая на это перемещение, рассеивается в виде тепла.

Вязкость газов и жидкостей характеризуют динамическим коэффициентом вязкости (единица измерения в Международной системе единиц (СИ) — паскаль-секунда, Па·с, в системе СГС — пуаз, П; 1 Па·с = 10 П.

Абсолютная (или динамическая) вязкость жидкости может быть вычислена по времени, необходимому для истечения определенного объема жидкости через капиллярную трубку. При этом пользуются формулой Пуазейля: $\eta = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot r^4 \cdot \tau}{8 \cdot l \cdot V}$, где η — динамическая вязкость, пуаз, 1 пуаз = 0,1 Н·с/м²; ΔP — разность давлений на концах капилляра, дин/см²; r — радиус капилляра, см; l — длина капилляра, см; V — объем жидкости, см³, вытекающий в течение времени τ , с. Для разбавленных растворов полимеров принято определять относительные вязкости: $\eta_{\text{отн}} = \eta / \eta_0$, где η — вязкость раствора полимера; η_0 — вязкость чистого растворителя. При близких значениях плотностей раствора полимера и растворителя можно записать:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta / \eta_0 = \rho \tau / \rho_0 \tau_0 \approx \tau / \tau_0$$

В настоящее время высокую вязкость растворов полимеров связывают с цепочкообразным строением макромолекул и их большими размерами. Величина $[(\eta - \eta_0) / \eta_0]$ называется удельной вязкостью $\eta_{\text{уд}}$. Величина $\eta_{\text{уд}}/\text{с}$ называется приведенной вязкостью. Величина $\eta_{\text{уд}}/\text{с}$ изменяется с концентрацией, причем с увеличением концентрации значения $\eta_{\text{уд}}/\text{с}$ растут (рис.1).

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

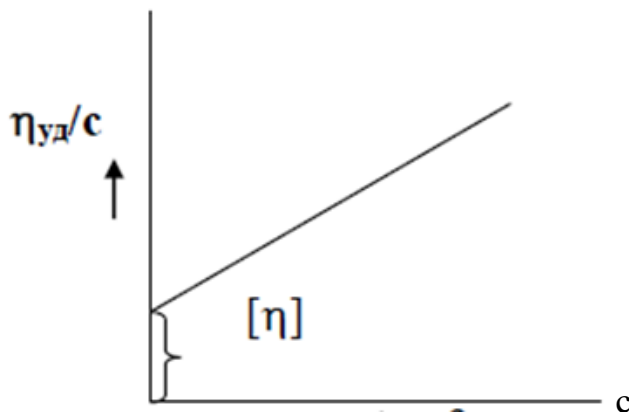


Рис.1. Зависимость приведенной вязкости от концентрации
Уравнение этой прямой можно записать следующим образом:

$$\eta_{\text{уд}}/c = a_1 + a_2 \cdot c,$$

где a_1 — величина отрезка, отсекаемого прямой по оси ординат; a_2 — тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс или угловой коэффициент. Величина a_1 представляет собой характеристическую вязкостью и обозначается - $[\eta]$, следовательно,

$$\eta_{\text{уд}}/c = [\eta] + a_2 \cdot c.$$

$$a_2 = \operatorname{tg} \alpha$$

При измерении вязкости растворов полистирола в толуоле с помощью капиллярного вискозиметра получены следующие данные:

Концентрация раствора, г/л	0,0	1,70	2,12	2,52	2,95	3,40
Время истечения раствора, с	97,6	115,51	120,2	124,5	129,9	134,9

Рассчитайте значения 1. относительной, 2. удельной и 3. приведённой вязкости растворов. Определите 4. характеристическую вязкость и 5. угловой коэффициент a_2 .

Решение:

В соответствии с уравнением Пуазейля динамическая вязкость прямо пропорциональна времени истечения раствора. Тогда при близких значениях плотностей раствора полимера и растворителя можно записать:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

$$\eta_{\text{отн}} = \eta/\eta_0 = \rho\tau / \rho_0 \tau_0 \approx \tau / \tau_0$$

В качестве примера проведём расчёты для концентрации 1,70 г/л.

1. Относительная вязкость равна: $\eta_{\text{отн}} = 115,51/ 97,6 = 1,1835$.

2. Удельная вязкость раствора определяется по уравнению: $\eta_{\text{уд}} = (\eta - \eta_0) / \eta_0 = \eta_{\text{отн}} - 1 = 1,1835 - 1 = 0,1835$.

3. Приведённая вязкость рассчитывается по уравнению:

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{уд}} / c = 0,1835 / 1,70 = 0,108 \text{ л/г.}$$

Результаты расчетов относительной, удельной и приведённой вязкостей для всех концентраций приведены в таблице:

с, г/л	1,70	2,12	2,52	2,95	3,40
$\eta_{\text{отн}}$	1,184	1,232	1,276	1,331	1,382
$\eta_{\text{уд}}$	0,184	0,232	0,276	0,331	0,382
$\eta_{\text{пр}}$, л/г	0,108	0,109	0,110	0,1122	0,1124

Для определения характеристической вязкости и a_2 строим график зависимости приведённой вязкости от концентрации полимера.

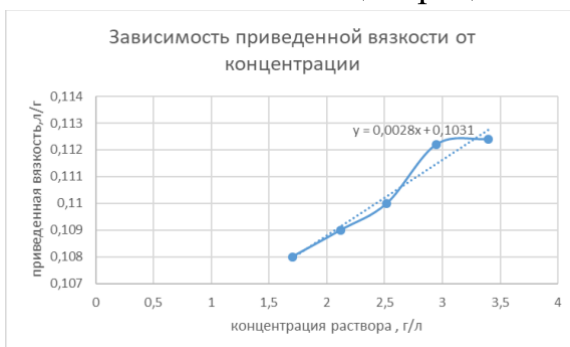


Рис.1. Зависимость приведённой вязкости от концентрации полистирола в растворах толуола

4. Определим отрезок, отсекаемый на оси ординат, т.е. значение характеристической вязкости: $[\eta] = 0,1031 \text{ л/г.}$

a_2 , находим по тангенсу угла наклона прямой:

5. $\text{tg} \alpha = 0,0028$

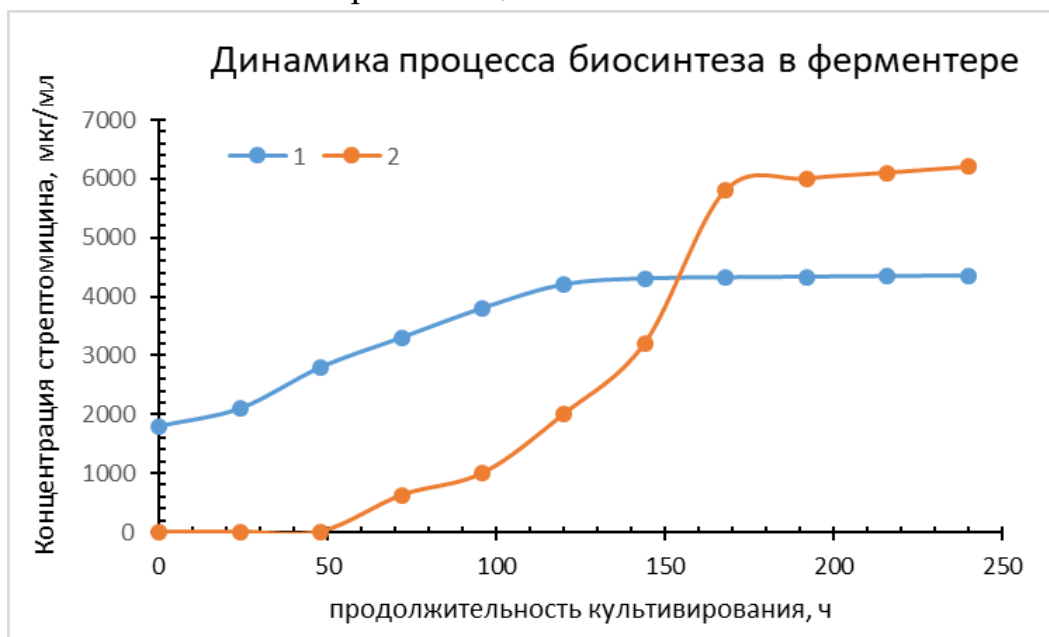
Ответ: 1) 1,184, 1,232, 1,276, 1,331, 1,382; 2) 0,184, 0,232, 0,276, 0,331, 0,382; 3) 0,108; 0,109; 0,110; 0,1122; 0,1124; 4) 0,1031 л/г; 5) 0,0028.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

Задача 3

Актиномицеты – бактерии, которые являются продуцентами огромного количества разнообразных антибиотиков. Например, *Streptomyces griseus* и *Micromonospora purpurea* образуют антибиотики аминогликозидной структуры: стрептомицин, гентамицин, неомицин, канамицин.

Получение стрептомицина в промышленных условиях происходит методом погружённой культуры. Для этого используют среду, которая состоит из глюкозы (0,137 М), соевого шрота (4,0% масс.) и хлорида натрия (0,25% масс.). Перед вами находится кривая роста бактерии *Streptomyces griseus* и кривая накопления антибиотика стрептомицина.



1. Выберите, какая из кривых соответствует кривой роста бактерии *Streptomyces griseus*, а какая отражает динамику накопления антибиотика стрептомицина. Свой ответ обоснуйте.
2. На основании приведенного графика выберите оптимальную продолжительность культивирования для получения максимального выхода антибиотика. Свой ответ обоснуйте.
3. Рассчитайте, какую навеску глюкозы в г необходимо взять для приготовления 3 л питательной среды. Ответ дайте с точностью до сотых.
4. Рассчитайте, какое максимальное количество антибиотика в мг можно получить из 3 л культуральной среды, не учитывая потери на различных

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

стадиях производства при выбранной ранее продолжительности культивирования. Ответ дайте в виде целого числа.

5. Из раствора стрептомицина с концентрацией 16 мкг/мл сделали серию двукратных последовательных разведений. При оценке чувствительности нового штамма бактерии к стрептомицину оказалось, что рост бактерии был полностью подавлен в пробирке с четвертым разведением. Рассчитайте, какая концентрация стрептомицина подавила рост бактерий. Ответ дайте в мкг/мл в виде целого числа.

Решение

1. Антибиотики являются вторичными метаболитами: для того, чтобы они начали вырабатываться микроорганизмами, необходимо, чтобы сначала случился прирост биомассы. Поэтому 1 кривая соответствует кривой роста бактерии (она начинает расти первого часа культивирования), а 2 кривая – накоплению антибиотика в среде – её рост начинается только спустя приблизительно 50 часов от начала культивирования.

2. Согласно графику, кривая накопления антибиотика выходит на плато после приблизительно 160 ч культивирования, при дальнейшем культивирования его концентрация растет незначительно. Для экономии ресурсов дальнейшее культивирование не имеет смысла. Лучше закончить процесс через 160 ч.

Ответ: 160

Комментарий: в целом можно поставить половину баллов, если выбрали более длительный интервал от 160 ч.

3. Концентрация глюкозы в питательной среде, согласно условиям задачи, должна составлять 0,137 М. Для того, чтобы найти массу навески можно использовать формулу расчета молярной концентрации:

$$C = n/V$$

$$\text{Тогда } n = C \times V$$

Для нахождения массы необходимо будет умножить найденное количество на молярную массу глюкозы:

$$m = M \times n = M \times C \times V$$

Формула глюкозы – $C_6H_{12}O_6$, тогда её молярная масса:

$$M = 6 \times M(C) + 12 \times M(H) + 6 \times M(O) = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180 \text{ г/моль}$$

Тогда необходимая навеска глюкозы:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

$$m = 180 \times 0,137 \times 3 = 73,98 \text{ г}$$

Ответ: 73,98

4. Концентрация антибиотика в культуральной среде при 160 ч культивирования составляет по графику 6000 мкг/мл. Если общий объем питательной среды 3 л, то максимально, пренебрегая всеми потерями, можно получить:

$$6000 \times 3 = 18\,000 \text{ мг антибиотика или } 18 \text{ г.}$$

Ответ: 18 000 мг

5. Согласно условию задания, концентрация антибиотика, которая ингибирует (подавляет) рост бактерии – в пробирке с 4м разведением. Найдем концентрацию.

Концентрация антибиотика в исходном растворе составляет 16 мкг/мл. В условии сказано, что проводились двукратные серийные разведения, значит концентрация антибиотика в каждой следующей пробирке будет в 2 раза меньше, чем в предыдущей.

$$\text{Тогда в пробирке с 1 разведением} - 16/2 = 8 \text{ мкг/мл}$$

$$\text{В пробирке со 2 разведением: } 8/2 = 4 \text{ мкг/мл}$$

$$\text{В пробирке с 3 разведением: } 4/2 = 2 \text{ мкг/мл}$$

$$\text{В пробирке с 4 разведением: } 2/2 = 1 \text{ мкг/мл}$$

Ответ: 1

Задача 4

На всю поверхность металлической полусферы внутренним радиусом 10 см и толщиной 5 мм нанесли электрохимическим способом цинковое покрытие.

Время обработки составило 90 минут при силе тока 5 А. Выход по току составил 80%. Электролит – сульфат цинка. Плотность цинка равна 7.14 г/см³.

1. Запишите реакцию, которая идет на положительном на электроде
2. Найдите массу цинка в граммах, осажденного на поверхность полусферы.
3. Найдите объем цинкового покрытия в см³.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

4. Определите площадь всей поверхности полусферы в см².

5. Определите толщину цинкового покрытия в см.

Решение:

Найдем массу цинка, осажденного на поверхность полусферы.

1. Идет процесс: $\text{Zn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Zn}^0$

2. Используем закон Фарадея (η – выход по току): $m = M \cdot I \cdot \tau \cdot \eta / n \cdot F = 65 \cdot 5 \cdot 5400 \cdot 0,8 / 2 \cdot 96500 = 7,275$ г.

3. Тогда объем цинкового покрытия составляет $V = m / \rho = 7,275 / 7,14 = 1,019$ см³.

4. Чтобы рассчитать площадь всей поверхности полусферы, необходимо сложить площади трех элементов поверхности – внешней поверхности полусферы радиусом $R = 10,5$ см, внутренней поверхности радиусом $r = 10$ см и торца, который представляет собой кольцо с внешним радиусом R и внутренним радиусом r :

$S_{\text{пов}} = S_{\text{внеш}} + S_{\text{внутр}} + S_{\text{кольца}} = 2 \cdot 4\pi R^2 + 2 \cdot 4\pi r^2 + \pi(R^2 - r^2) = \pi(3R^2 + r^2) = 1353$ см².

5. Обозначим искомую толщину цинкового покрытия через x .

Тогда $x = V / S_{\text{пов}} = 1,019 / 1353 = 7,5 \cdot 10^{-4}$ см.

Ответ: 1) $\text{Zn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Zn}^0$; 2) 7,275 г; 3) 1,019 см³; 4) 1353 см²; 5) $7,5 \cdot 10^{-4}$ см.

Задача 5

Радиоуглеродный анализ артефакта показал, что содержание ¹⁴C в образце составляет 69% по сравнению с живыми организмами.

1. Дайте определение порядка реакции.

2. Какой порядок у реакции радиоактивного распада.

3. Запишите уравнение для расчета концентрации.

4. Определите константу скорости реакции.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

5. Определите возраст артефакта, если период полураспада ^{14}C (времени, за которое исходная концентрация уменьшается в 2 раза) составляет 5730 лет.

Решение

1. Порядком реакции называется степень, в которой входит концентрация в кинетическое уравнение: $w = kc^n$

2. Реакции радиоактивного распада – реакции первого порядка.

3. $c = c_0 e^{-kt}$, отсюда

$t = (1/k) \cdot \ln(c_0/c)$, где $c = 0,69c_0$

Найдем константу скорости.

Период полураспада – время, при котором текущая концентрация равна половине от исходной

$t_{1/2} = 1/k \ln(c_0/0,5 c_0) = \ln 2/k$

4. $k = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / 5730 = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1}$

Тогда

5. $t = (1/1,21 \cdot 10^{-4}) \ln(1/0,69) = 3066 \text{ лет}$.

Ответ: 1) Порядком реакции называется степень, в которой входит концентрация в кинетическое уравнение; 2) порядок равен 1; 3) $c = c_0 e^{-kt}$; 4) $1,21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1}$; 5) 3066 лет

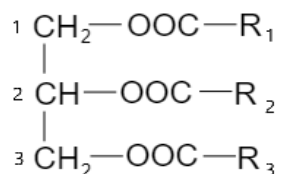
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

ВАРИАНТ 2

Задача 1

Липазы — это гидролитические ферменты, катализирующие гидролиз сложных липидов до глицерина и жирных кислот. В организме они играют ключевую роль в процессах переваривания и усвоения жиров, а также в энергетическом обмене. В промышленности липазы применяются как компоненты моющих средств, при производстве биодизеля, с помощью липаз проводят модификацию жиров в пищевой промышленности, например, получают заменитель какао-масла на основе более доступных растительных масел.

На рисунке представлена общая формула триацилглицерида – основного компонента растительных масел, остатки жирных кислот обозначены R.



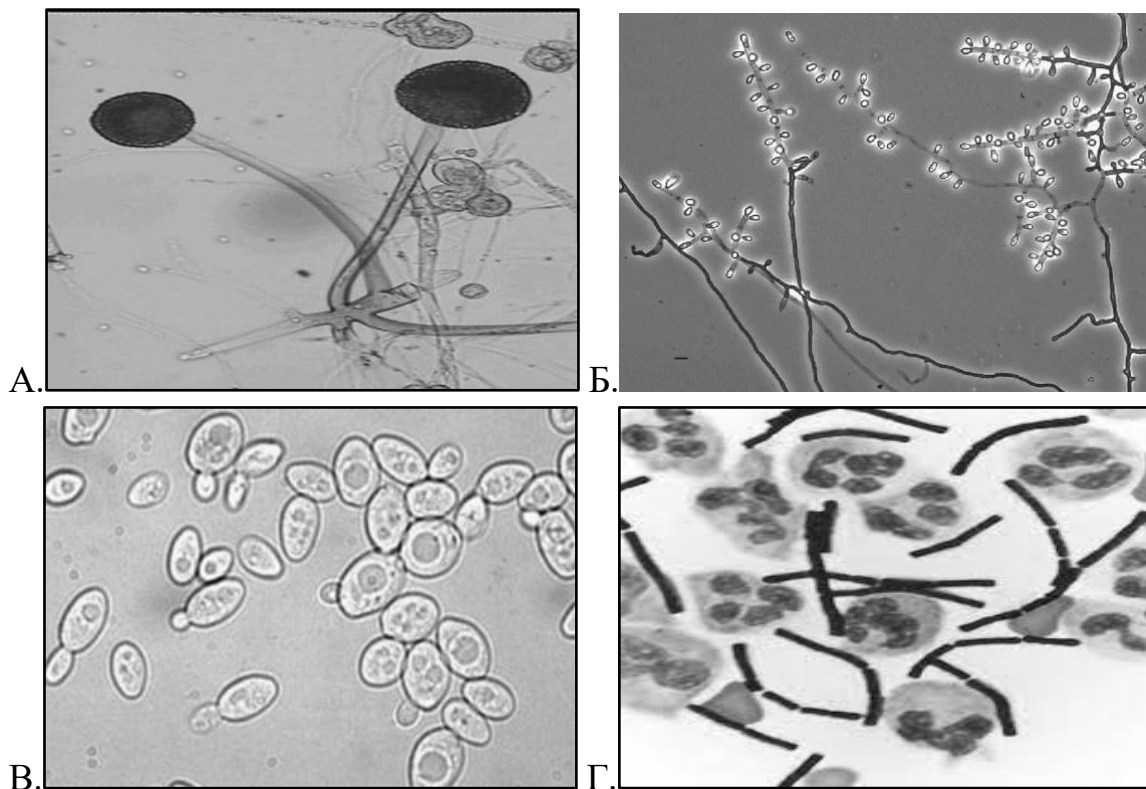
Подсолнечное масло содержит 50-70 % полиненасыщенной линолевой кислоты, что делает его жидким при комнатной температуре, также оно содержит ненасыщенную олеиновую кислоту и небольшие количества насыщенных пальмитиновой и стеариновой. Масло какао при комнатной температуре находится в твердом состоянии, так как содержит 50-60 % насыщенных жирных кислот, 30-40 % олеиновой кислоты, и менее 3 % линолевой кислоты. Для получения заменителя какао-масла необходимо изменить жирнокислотный состав триглицеридов подсолнечного масла. Это достигается проведением реакции переэтерификации, катализируемой липазой. Такую липазу синтезируют многие грибы, например *Rhizopus oryzae* – микроскопический гриб, обнаруживающийся в почве.

1. *Rhizopus oryzae* образует несептированные гифы с тонкими гладкими стенками диаметром от 6 до 15 мкм. Спорангиеносцы длинные, неразветвленные, вертикальные, диаметром до 20 мкм, могут достигать значительной длины. Спорангии шаровидные или слегка сплюснутые, крупные, диаметром до 200 мкм, гладкостенные. Содержат большое

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

количество спорангиоспор. По мере созревания спорангий приобретает тёмно-серый или чёрный цвет. Ниже представлены фотографии клеток различных организмов, полученные с помощью оптического микроскопа при увеличении в 400 раз. Определите, на какой фотографии изображены грибы *Rhizopus oryzae*.



2. Липазу *Rhizopus oryzae* часто получают рекомбинантным способом. Для этого выделяют матричную РНК гена липазы из гриба и на матрице данной РНК обратной транскрипцией получают ДНК, которую затем клонируют в плазмиду и экспрессируют в клетках *Escherichia coli*. Перед вами начальная часть последовательности мРНК гена липазы, выделенная из *Rhizopus oryzae*.

5' SSAUGGAUGCUGAAGUAUAACUACCCACCAUUCCAG 3'

Запишите последовательность ДНК, которую необходимо встроить в геном *Escherichia coli*, и последовательность полипептида, который будет транслироваться в клетках. Для ответа используйте таблицу генетического кода, приведенную ниже.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

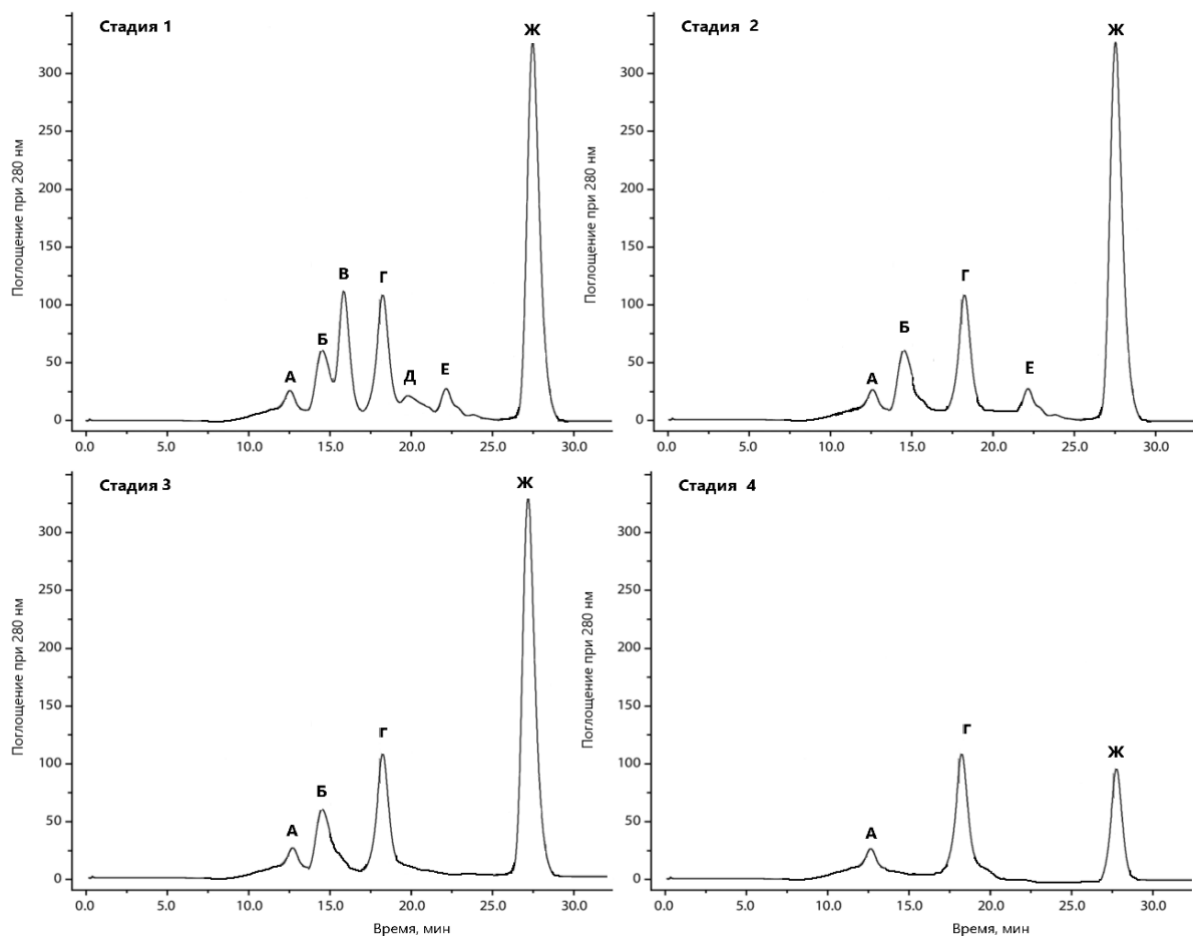
1-е основани е	2-е основание								3-е основани е
	U		C		A		G		
U	UU U	(Phe) Фенилалан ин	UC U	(Ser) Серин	UA U	(Tyr) Тирозин	UG U	(Cys) Цистеин	U
	UU C		UC C		UA C		UG C		C
	UU A		UC A		UA A	Стоп (охра)	UG A	Стоп (опал)	A
	UU G		UC G		UA G	Стоп (янтарь)	UG G	(Trp) Триптофан	G
C	CU U	(Leu) Лейцин	CC U	(Pro) Пролин	CA U	(His) Гистидин	CG U	(Arg) Аргинин	U
	CU C		CC C		CA C		CG C		C
	CU A		CC A		CA A	(Gln) Глутамин	CG A		A
	CU G		CC G		CA G		CG G		G
A	AU U	(Ile) Изолейцин	AC U	(Thr) Треонин	AA U	(Asn) Аспарагин	AG U	(Ser) Серин	U
	AU C		AC C		AA C		AG C		C
	AU A		AC A		AA A	(Lys) Лизин	AG A	(Arg) Аргинин	A
	AU G	(Met) старт, Метионин	AC G		AA G		AG G		G
G	GU U	(Val) Валин	GC U	(Ala) Аланин	GA U	(Asp) Аспарагин	GG U	(Gly) Глицин	U
	GU C		GC C		GA C	о- вая кислота	GG C		C

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

	GU		GC		GA	(Glu)	GG		A
	A		A		A	Г	A		
	GU		GC		GA	лутамино	GG		
	G		G		G	вая кислота	G		G

3. Липазу получали в клетках *Escherichia coli*, выделяли, а затем очищали. Для оценки эффективности очистки применяли гель-эксклюзионную хроматографию. Данный метод заключается в пропускании исследуемой смеси веществ через гель с порами определенного размера в токе растворителя. Порции растворителя собирают и анализируют содержание в них целевого вещества. Молекулы с большой молекулярной массой проходят через такой сорбент быстро, а мелкие молекулы задерживаются в порах и выходят из сорбента позднее. На графиках представлены результаты гель-эксклюзионной хроматографии фракций, полученных на разных этапах очистки липазы: зависимость поглощения образца при 280 нм, которое пропорционально концентрации белка в пробах, от времени процесса. Среди всех веществ в образце молекулярная масса липазы наименьшая. Укажите, какой пик соответствует липазе. Ответ обоснуйте.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс



4. Исходя из того, что липаза должна содержать минимальное количество примесей и при этом концентрация фермента должна быть максимальной, определите, на какой стадии следует остановить процесс очистки. Укажите ее номер. Ответ обоснуйте.

5. Для получения заменителя масла какао используют липазы, расщепляющие сложноэфирные связи в триацилглицеридах по положениям 1 и 2 глицерина. Приведите формулу триацилглицерида в общем виде и укажите, какие связи будут подвергаться гидролизу.

Решение

1. А. На фотографии представлен гриб, имеющий несептированные гифы и крупные шаровидные спорангии.
2. Последовательность ДНК, которую необходимо встроить в геном *Escherichia coli*, комплиментарна последовательности мРНК:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

РНК: 5' CCAUGGAUGCUGAAGUAUAACUACCCACCAUUCCAG 3'

ДНК: 3'GGTACCTACGACTTTCATATTGATGGGTGGTAAGGTC 5'

Найдем точку начала трансляции – стартовый кодон (AUG), затем разделим последовательность на кодоны и найдем стопкодон – UAA.

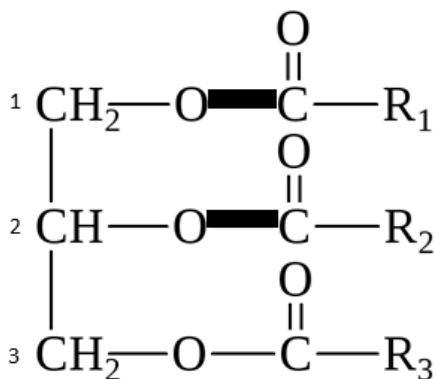
5' CC AUG GAU GCU GAA GUA UAA CUA CCC ACC AUU CCA G 3'

Согласно генетическому коду, составим последовательность пептида: MetAspAlaGluVal.

3. В гель-эксклюзионной хроматографии молекулы с малой массой проходят через сорбент медленно, задерживаясь в порах. Так как липаза имеет наименьшую молекулярную массу в смеси, то ей соответствует пик с наименьшим временем удерживания – Ж.

4. Процесс очистки необходимо остановить на стадии 3 так как на этой стадии количество примесей наименьшее, а концентрация липазы высокая.

5. По действию липазы расщепляются сложноэфирные связи между остатком глицерина и жирной кислоты. На рисунке выделены жирным.



Задача 2

Раздел физики, посвященный изучению методов измерения вязкости, называется вискозиметрия. Вискозиметр — прибор для определения динамической вязкости вещества.

Вязкость (внутреннее трение) — одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

части относительно другой. В результате макроскопическая работа, затрачиваемая на это перемещение, рассеивается в виде тепла.

Вязкость газов и жидкостей характеризуют динамическим коэффициентом вязкости (единица измерения в Международной системе единиц (СИ) — паскаль-секунда, Па·с; в системе СГС — пуаз, П; $1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П}$).

Абсолютная (или динамическая) вязкость жидкости может быть вычислена по времени, необходимому для истечения определенного объема жидкости через капиллярную трубку. При этом пользуются формулой Пуазейля: $\eta = \frac{\pi \cdot \Delta P \cdot r^4 \cdot \tau}{8 \cdot l \cdot V}$, где η – динамическая вязкость, пуаз, $1 \text{ пуаз} = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$; ΔP – разность давлений на концах капилляра, дин/см²; r – радиус капилляра, см; l – длина капилляра, см; V – объем жидкости, см³, вытекающий в течение времени τ , с. Для разбавленных растворов полимеров принято определять относительные вязкости: $\eta_{\text{отн}} = \eta/\eta_0$, где η – вязкость раствора полимера; η_0 – вязкость чистого растворителя. При близких значениях плотностей раствора полимера и растворителя можно записать:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta/\eta_0 = \rho\tau/\rho_0\tau_0 \approx \tau/\tau_0$$

В настоящее время высокую вязкость растворов полимеров связывают с цепочкообразным строением макромолекул и их большими размерами. Величина $[(\eta - \eta_0)/\eta_0] = \eta_{\text{отн}} - 1$ называется удельной вязкостью $\eta_{\text{уд}}$. Величина $\eta_{\text{уд}}/c$ называется приведенной вязкостью. Величина $\eta_{\text{уд}}/c$ изменяется с концентрацией, причем с увеличением концентрации значения $\eta_{\text{уд}}/c$ растут (рис.1).

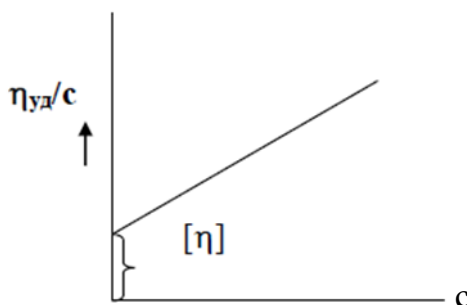


Рис.1. Зависимость приведенной вязкости от концентрации

Уравнение этой прямой можно записать:

$$\eta_{\text{уд}}/c = a_1 + a_2 \cdot c,$$

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

где a_1 – величина отрезка, отсекаемого прямой по оси ординат; a_2 – тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс или угловой коэффициент. Величина a_1 представляет собой характеристическую вязкостью и обозначается - $[\eta]$, следовательно,

$$\eta_{\text{уд}}/c = [\eta] + a_2 \cdot c.$$

$$a_2 = \operatorname{tg} \alpha$$

При измерении вязкости растворов полистирола в толуоле с помощью капиллярного вискозиметра получены следующие данные:

Концентрация раствора, г/л	0,0	1,57	1,97	2,30	2,75	3,12
Время истечения раствора, с	92,6	110,51	115,2	119,5	124,9	129,9

1. Рассчитайте значения относительной вязкости.
2. Рассчитайте значения удельной вязкости.
3. Рассчитайте значения приведённой вязкости растворов.
4. Определите характеристическую вязкость $[\eta]$.
5. Определите угловой коэффициент a_2 .

Решение

В соответствии с уравнением Пуазейля динамическая вязкость прямо пропорциональна времени истечения раствора. Тогда при близких значениях плотностей раствора полимера и растворителя можно записать:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta/\eta_0 = \rho\tau / \rho_0 \tau_0 \approx \tau / \tau_0$$

В качестве примера проведём расчёты для концентрации 1,70 г/л.

1. Относительная вязкость равна:

$$\eta_{\text{отн}} = 110,51 / 92,6 = 1,193.$$

2. Удельная вязкость раствора определяется по уравнению: $\eta_{\text{уд}} = (\eta - \eta_0) / \eta_0 = \eta_{\text{отн}} - 1 = 1,193 - 1 = 0,193$.

3. Приведённая вязкость рассчитывается по уравнению:

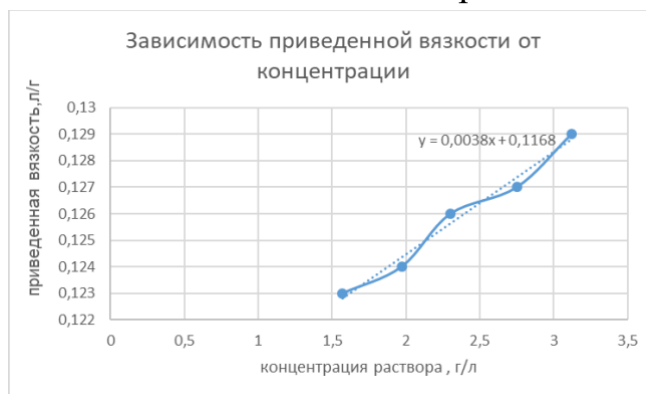
**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{уд}} / c = 0,193 / 1,50 = 0,129 \text{ л/г.}$$

Результаты расчетов относительной, удельной и приведенной вязкостей для всех концентраций приведены в таблице:

с, г/л	1,57	1,97	2,30	2,75	3,12
$\eta_{\text{отн}}$	1,193	1,244	1,290	1,349	1,403
$\eta_{\text{уд}}$	0,193	0,244	0,290	0,349	0,403
$\eta_{\text{пр,}}$ л/г	0,123	0,124	0,126	0,127	0,129

Для определения характеристической вязкости и a_2 , строим график зависимости приведенной вязкости от концентрации полимера.



Зависимость приведенной вязкости от концентрации полистирола в растворах толуола

4. Экстраполируя зависимость на нулевую концентрацию, определяем значение характеристической вязкости: $[\eta] = 0,1168 \text{ л/г.}$

a_2 находим по тангенсу угла наклона прямой:

5. $a_2 = \text{tg} \alpha = 0,0038$

Ответ: 1) 1,193, 1,244, 1,290, 1,349. 1,403; 2) 0,193; 0,244; 0,290; 0,349; 0,403;
3) 0,123, 0,124, 0,126, 0,127, 0,129; 4) 0,1168 л/г; 5) 0,0038.

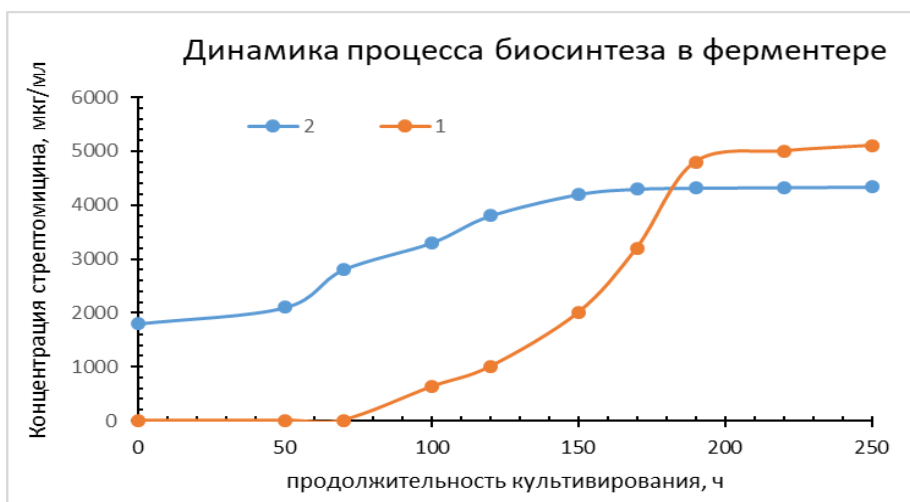
Задача 3

Актиномицеты – бактерии, которые являются продуцентами огромного количества разнообразных антибиотиков. Например, *Streptomyces griseus* и

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

Micromonospora purpurea образуют антибиотики аминогликозидной структуры: стрептомицин, гентамицин, неомицин, канамицин.

Получение стрептомицина в промышленных условиях происходит методом погружённой культуры. Для этого используют среду, которая состоит из глюкозы (0,132 М), соевого шрота (4,0% масс.) и хлорида натрия (0,25% масс.). Перед вами находится кривая роста бактерии *Streptomyces griseus* и кривая накопления антибиотика стрептомицина.



1. Выберите, какая из кривых соответствует кривой роста бактерии *Streptomyces griseus*, а какая отражает динамику накопления антибиотика стрептомицина. Свой ответ обоснуйте.
2. На основании приведенного графика выберите оптимальную продолжительность культивирования для получения максимального выхода антибиотика. Свой ответ обоснуйте.
3. Рассчитайте, какую навеску глюкозы в г необходимо взять для приготовления 2 л питательной среды. Ответ дайте с точностью до сотых.
4. Рассчитайте, какое максимальное количество антибиотика в мг можно получить из 2 л культуральной среды, не учитывая потери на различных стадиях производства при выбранной ранее продолжительности культивирования. Ответ дайте в виде целого числа.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

5. Из раствора стрептомицина с концентрацией 10 мкг/мл сделали серию двукратных последовательных разведений. При оценке чувствительности нового штамма бактерии к стрептомицину оказалось, что рост бактерии был полностью подавлен в пробирке с третьим разведением. Рассчитайте, какая концентрация стрептомицина подавила рост бактерий. Ответ дайте в мкг/мл с точностью до сотых.

Решение

1. Антибиотики являются вторичными метаболитами: для того, чтобы они начали вырабатываться микроорганизмами, необходимо, чтобы сначала случился прирост биомассы. Поэтому 2 кривая соответствует кривой роста бактерии (она начинает расти первого часа культивирования), а 1 кривая – накоплению антибиотика в среде – её рост начинается только спустя приблизительно 50 часов от начала культивирования.

2. Согласно графику, кривая накопления антибиотика выходит на плато после приблизительно 190 ч культивирования, при дальнейшем культивирования его концентрация растет незначительно. Для экономии ресурсов дальнейшее культивирование не имеет смысла. Лучше закончить процесс через 190 ч.

Ответ: 190

Комментарий: в целом можно поставить половину баллов, если выбрали более длительный интервал от 190 ч.

3. Концентрация глюкозы в питательной среде, согласно условиям задачи, должна составлять 0,137 М. Для того, чтобы найти массу навески можно использовать формулу расчета молярной концентрации:

$$C=n/V$$

$$\text{Тогда } n=C \times V$$

Для нахождения массы необходимо будет умножить найденное количество на молярную массу глюкозы:

$$m = M \times n = M \times C \times V$$

Формула глюкозы – $C_6H_{12}O_6$, тогда её молярная масса:

$$M= 6 \times M(C)+12 \times M(H)+6 \times M(O)=6 \times 12+12 \times 1+6 \times 16=180 \text{ г/моль}$$

Тогда необходимая навеска глюкозы:

$$m = 180 \times 0,132 \times 2 = 47,52 \text{ г}$$

Ответ: 47,52

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

4. Концентрация антибиотика в культуральной среде при 190 ч культивирования составляет по графику 5000 мкг/мл. Если общий объем питательной среды 2 л, то максимально, пренебрегая всеми потерями, можно получить:

$$5000 \times 2 = 10\,000 \text{ мг антибиотика или } 10 \text{ г.}$$

Ответ: 10 000 мг

5. Согласно условию задания, концентрация антибиотика, которая ингибирует (подавляет) рост бактерии – в пробирке с 3м разведением. Найдем концентрацию.

Концентрация антибиотика в исходном растворе составляет 10 мкг/мл. В условии сказано, что проводились двукратные серийные разведения, значит концентрация антибиотика в каждой следующей пробирке будет в 2 раза меньше, чем в предыдущей.

Тогда в пробирке с 1 разведением – $10/2 = 5$ мкг/мл

В пробирке со 2 разведением: $5/2 = 2,5$ мкг/мл

В пробирке с 3 разведением: $2,5/2 = 1,25$ мкг/мл

Ответ: 1,25

Задача 4

На отрезок металлической трубы толщиной 5 мм, длиной 10 см и внутренним диаметром 10 см нанесли слой никеля толщиной 5 мкм. Электролит – сульфат никеля, сила тока 6 А, выход по току 75%. Плотность никеля равна 8.9 г/см³.

1. Найдите площадь всей поверхности трубки в см²;
2. Найдите объем покрытия в см³;
3. Найдите массу никеля в граммах;
4. Запишите реакцию, которая идет на положительном электроде;
5. Сколько времени, в мин, потребуется для электрохимического покрытия всей поверхности трубы?

Решение:

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

Найдем массу никеля, который нужно осадить на трубку, чтобы получить покрытие нужной толщины. Для этого найдем сначала площадь всей поверхности трубки (полого цилиндра с внутренним радиусом $r = 5$ см, внешним радиусом $R = 5,5$ см и высотой $h = 10$ см).

Необходимо сложить площади четырех элементов поверхности – двух торцов (одинаковых колец с внешним радиусом R и внутренним радиусом r) и боковые поверхности двух цилиндров высотой h (с радиусом R и с радиусом r):

$$1. S_{\text{пов}} = 2S_{\text{кольца}} + S_{\text{внеш}} + S_{\text{внутр}} = 2 \cdot \pi(R^2 - r^2) + 2\pi R h + 2\pi r h = 2\pi(R^2 - r^2 + h(R + r)) = 692,37 \text{ см}^2.$$

Теперь рассчитаем объем покрытия, умножив площадь на толщину слоя $d = 5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ см}$.

$$2. V = d \cdot S_{\text{пов}} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 692,37 = 0,3462 \text{ см}^3.$$

$$3. m(\text{Ni}) = \rho \cdot V = 8,9 \cdot 0,3462 = 3,081 \text{ г}.$$



Закон Фарадея (η – выход по току): $m = \eta \cdot M \cdot I \cdot t / n \cdot F$,

$$5. \text{отсюда } t = m \cdot n \cdot F / \eta \cdot M \cdot I = 3,081 \cdot 2 \cdot 96500 / 59 \cdot 6 \cdot 0,75 = 2239,7 \text{ с} = 37,33 \text{ мин}.$$

Ответ: 1) $692,37 \text{ см}^2$; 2) $0,3462 \text{ см}^3$; 3) $3,081 \text{ г}$; 4) $\text{Ni}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Ni}^0$; 5) $37,33 \text{ мин}$.

Задача 5

Исследование фрагментов артефакта методом радиоуглеродного анализа, показало, что содержание ^{14}C в образце на 7 % меньше по сравнению с живыми растениями.

1. Дайте определение порядка реакции.
2. Какой порядок у реакции радиоактивного распада.
3. Запишите уравнение для расчета концентрации.
4. Определите константу скорости реакции.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**
Заключительный этап
Технологический сектор
Междисциплинарные задачи
11 класс

5. Определите возраст артефакта, если период полураспада ^{14}C (времени, за которое исходная концентрация уменьшается в 2 раза) составляет 5730 лет.

Решение:

1. Порядком реакции называется степень, в которой входит концентрация в кинетическое уравнение: $w = kc^n$

2. Реакции радиоактивного распада – реакции первого порядка.

3. $c = c_0 e^{-kt}$, отсюда

$t = (1/k) \ln(c_0/c)$, где $c = 0,93c_0$

Найдем константу скорости.

Период полураспада – время, при котором текущая концентрация равна половине от исходной

$t_{1/2} = (1/k) \ln(c_0/0,5 c_0) = \ln 2/k$

4. $k = \ln 2 / t_{1/2} = \ln 2 / 5730 = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1}$

Тогда

5. $t = (1/1,21 \cdot 10^{-4}) \ln(1/0,93) = 600 \text{ лет}$.

Ответ: 1) Порядком реакции называется степень, в которой входит концентрация в кинетическое уравнение; 2) порядок равен 1; 3) $c = c_0 e^{-kt}$; 4) $1,21 \cdot 10^{-4} \text{ лет}^{-1}$; 5) 600 лет.