



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**
(ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева)

**Методические рекомендации для подготовки к
практическому этапу Московского конкурса
межпредметных навыков и знаний
«Интеллектуальный мегаполис. Потенциал»,
в номинации
«Академический класс. Биохимическое направление»**

Москва, 2022

1. Назначение конкурсных материалов

Материалы практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» (далее – Конкурс) предназначены для оценки уровня практической подготовки участников Конкурса.

2. Условия проведения практического этапа конкурса

Практический этап Конкурса проводится в форме компьютерного тестирования дистанционно. При выполнении работы обеспечивается строгое соблюдение порядка организации и проведения Конкурса.

3. Продолжительность выполнения практического этапа конкурса

На выполнение заданий практического этапа Конкурса отводится 60 минут.

4. Содержание и структура практического этапа конкурса

Задания практического этапа Конкурса разработаны преподавателями образовательных организаций высшего образования, участвующих в проекте «Академический класс в московской школе».

Индивидуальный вариант участника формируется автоматически во время проведения практического этапа Конкурса из базы конкурсных заданий.

Индивидуальный вариант участника включает 15 заданий, базирующихся на содержании элективного курса «Исследовательский практикум по биохимии» 10-11 классы.

В работе используются задания:

- ВО, с выбором одного или двух ответов из нескольких предложенных;
- КО, с кратким ответом.

Индивидуальный вариант участника включает в себя 15 заданий, которые разбиты на 7 модулей:

1. Вода
2. Аминокислоты и пептиды
3. Белки
4. Углеводы
5. Нуклеиновые кислоты
6. Липиды
7. Витамины

В каждом варианте содержится 15 заданий: 10 – базового уровня сложности, 5 – повышенного уровня сложности.

5. Система оценивания отдельных частей и работы в целом

Задание считается выполненным, если ответ участника совпал с эталоном. Максимальный балл за выполнение заданий:

- базовый уровень сложности – 3 балла;
- повышенный уровень сложности – 6 балла.

Задание считается выбранным, если на него дан ответ. Участник может изменить свой выбор в процессе выполнения работы путём удаления ответа к одному заданию и сохранения ответа к другому заданию.

Для получения максимального балла на практическом этапе конкурса необходимо правильно набрать в сумме за 15 заданий не менее 60 баллов.

Приложение №1. Обобщённый план конкурсных заданий практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Академический класс в московской школе» по направлению «Биохимия».

**Обобщённый план конкурсных заданий практического этапа Московского конкурса
межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в
номинации «Академический класс в московской школе» по направлению
«Биохимия»**

№ п/п	Уровень сложности	Проверяемая тема	Тип задания	Контролируемые требования к проверяемым умениям	Балл
1.	Базовый	Вода	ВО	Умение рассчитывать концентрацию щелочи по известному значению рН	3
2.	Базовый	Вода	ВО	Понимание значения кривой титрования в методе кислотно- основного титрования	3
3.	Базовый	Белки	ВО	Умение определять знак заряда белковой молекулы в зависимости от рН среды	3
4	Базовый	Белки	ВО	Умение определять класс фермента по типу катализируемой реакции	3
5.	Базовый	Углеводы	ВО	Умение определять названия углеводов по составу молекул	3
6.	Базовый	Нуклеиновые кислоты	ВО	Умение определять по названию принадлежность к нуклеотидам, нуклеозидам и азотистым основаниям	3
7.	Базовый	Липиды	ВО	Умение устанавливать продукты полного гидролиза сложного липида	3

8.	Базовый	Липиды	ВО	Умение устанавливать название сложного липида по его структурной формуле	3
9.	Базовый	Витамины	ВО	Умение производить расчеты в титриметрическом методе для установления количественного содержания витамина в продукте	3
10.	Базовый	Витамины	ВО	Умение определять нехватку витамина по описанию жалоб пациента	3
11.	Повышенный	Аминокислоты и пептиды	КО	Умение определять наличие аминокислот в исследуемой смеси по тонкослойной хроматограмме со «свидетелями»	6
12.	Повышенный	Аминокислоты и пептиды	КО	Умение определять заряд аминокислоты в растворе на разных этапах титрования по кривой титрования	6
13.	Повышенный	Углеводы	КО	Понимание конформационных формул углеводов, умение определить название углевода	6
14.	Повышенный	Углеводы	КО	Способность определять какие ферменты содержатся в заданной физиологической	6

				жидкости, на какой субстрат воздействуют.	
15.	Повышенный	Нуклеиновые кислоты	КО	Умение определять по известной доле одного из нуклеотидов в молекуле ДНК доли остальных нуклеотидов	6

Разбор демоварианта практического этапа Московского конкурса межпредметных навыков и знаний «Интеллектуальный мегаполис. Потенциал» в номинации «Академический класс в московской школе» по Биохимическому направлению»

Задание 1. Концентрация гидроксида натрия в растворе с рН 10,5 составляет:

- 1) $3,16 \cdot 10^{-11}$
- 2) $3,16 \cdot 10^{-4}$
- 3) 0,105
- 4) $1,05 \cdot 10^{-3}$

Ответ	2
-------	---

По определению $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$. Поэтому $[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$. Следовательно, в данном задании $[\text{H}^+] = 10^{-10,5} = 3,16 \cdot 10^{-11}$.

Используя ионное произведение воды, вычислим концентрацию ионов OH^- в растворе:

$$[\text{OH}^-] = K_w/[\text{H}^+] = 10^{-14}/3,16 \cdot 10^{-11} = 3,16 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Так как гидроксид натрия сильный электролит $[\text{OH}^-] = [\text{NaOH}] = 3,16 \cdot 10^{-4}$ моль/л (ответ 2).

Задание 2. В методе кислотно-основного титрования кривой титрования называют

- 1) Зависимость окраски раствора от объёма добавленного титранта
- 2) Графическая зависимость рН среды от концентрации определяемого вещества
- 3) Зависимость рН среды от концентрации определяемого вещества
- 4) Графическая зависимость рН среды от объёма добавленного титранта

Ответ	4
-------	---

Кислотно-основное титрование – метод количественного определения кислот, оснований и солей в растворах. В общем случае при титровании протекает реакция нейтрализации:



Точка эквивалентности – это момент, когда два реагента полностью прореагировали, и рН среды определяется продуктами их взаимодействия.

Для фиксации точки эквивалентности используют кислотно-основные индикаторы, изменяющие свою окраску в определенном диапазоне рН. Для подбора индикатора строят кривую титрования – зависимость рН титруемого раствора от объема добавленного титранта. Точка эквивалентности совпадает с точкой нейтральности при титровании сильного электролита сильным электролитом. Если титруют слабые кислоты или основания сильными электролитами, то точка эквивалентности смещена в щелочную или кислотную область значений рН.

Задание 3. Проведен электрофорез смеси альбумина и γ -глобулина при рН 7. Изоэлектрическая точка альбумина - 5,2, γ -глобулина – 7,3. Укажите происходящие изменения.

- 1) Альбумин переместится к катоду
- 2) Альбумин переместится к аноду
- 3) Альбумин преимущественно останется неподвижным
- 4) γ -глобулин переместится к катоду
- 5) γ -гамма-глобулин переместится к аноду
- 6) γ -глобулин преимущественно останется неподвижным

Ответ	2	6
-------	---	---

Электрофорезом называют движение заряженных частиц в растворе под действием электрического поля. *Изоэлектрической точкой белка (pI)* называют такое значение рН среды, при котором положительные и отрицательные заряды ионизированных групп молекулы белка скомпенсированы, поэтому заряд всей белковой молекулы равен нулю. Из-за разницы в аминокислотном составе разные белки имеют разные значения pI. В растворе с рН, равным pI изучаемого белка, отсутствие заряда на белковой молекуле делает невозможным ее движение в электрическом поле. При рН \neq pI молекулы белка приобретают заряд и под действием электрического поля перемещаются к противоположно заряженному электроду - катоду (-) или аноду (+).

Альбумин электронейтрален при рН 5,2. При рН 7 он приобретёт отрицательный заряд и будет передвигаться к аноду. Глобулин при рН 7 будет электронейтральным, и соответственно, останется неподвижным.

Задание 4. Укажите класс ферментов, катализирующих процессы изменения геометрической или пространственной конфигурации молекул

- 1) Гидролазы
- 2) Трансферазы
- 3) Изомеразы
- 4) Оксидоредуктазы

Ответ	3
-------	---

Ферменты – это биологические катализаторы белковой природы. В зависимости от реакций, которые они катализируют, они разделяются на классы.

Все ферменты можно разделить на 6 классов:

1. *Оксидоредуктазы* катализируют окислительно-восстановительные процессы.
2. *Трансферазы* катализируют реакции переноса функциональных групп и молекулярных остатков с одной молекулы на другую.
3. *Гидролазы* катализируют реакции гидролитического распада.

4. *Лиазы* катализируют реакции отщепления определенных групп атомов с образованием двойной связи либо присоединения по двойной связи, а также негидролитический распад органических соединений либо синтез без участия макроэргических веществ.
5. *Изомеразы* катализируют пространственные или структурные изменения в пределах одной молекулы.
6. *Лигазы* (синтетазы) катализируют реакции синтеза высокомолекулярных полимеров (белков, полисахаридов, липидов и т.д.), сопровождающиеся гидролизом богатой энергией связи (как правило, АТФ).

Задание 5. Установите соответствие:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1) Глюкозо (α 1-6) глюкоза | А) сахароза |
| 2) Глюкозо (α 1-2) фруктоза | Б) мальтоза |
| 3) (Глюкозо (β 1-4) глюкоза) _n | В) лактоза |
| 4) Галактоза (β 1-4) глюкоза | Г) фрагмент амилозы |
| 5) (Глюкозо (α 1-4) глюкоза) _n | Д) фрагмент целлюлозы |
| 6) Глюкозо (α 1-4) глюкоза | Е) целлобиоза |
| | Ж) ни один из перечисленных углеводов |

Ответ	1	2	3	4	5	6
	Ж	А	Д	В	Г	Б

- 1) Среди представленных ответов данного углевода нет
- 2) Дисахарид, состоящий из циклических форм глюкозы и фруктозы, соединенных α -1,2-гликозидной связью, называют сахарозой.
- 3) Полимером, образованным циклическими формами β -глюкозы, соединенными 1-4-гликозидной связью, является целлюлоза.
- 4) Дисахарид, состоящий из циклических форм галактозы и глюкозы, соединенных β -1,4-гликозидной связью, называют лактозой.
- 5) Полимер, образованный циклическими формами α -глюкозы, соединенными 1-4-гликозидной связью, называют амилоза (один из компонентов крахмала).
- 6) Дисахарид, состоящий из циклических форм глюкозы, соединенных α -1,4-гликозидной связью, называют мальтозой.

Задание 6. Установите соответствие:

1) Аденин	А) Нуклеозид
-----------	--------------

2) Цитидин-5'-фосфат 3) Тимидин-5'-фосфат 4) Гуанозин 5) Цитозин 6) Уридин	Б) Азотистое основание В) Нуклеотид
--	--

Ответ	1	2	3	4	5	6
	Б	В	В	А	Б	А

Азотистые основания – это гетероциклические органические соединения, производные пиримидина и пурина, которые входят в состав нуклеиновых кислот. Тимин, цитозин и урацил относятся к пиримидиновым основаниям, а аденин и гуанин – к пуриновым. Аденин, гуанин, цитозин входят в состав как ДНК, так и РНК. Тимин входит в состав только ДНК, а урацил встречается только в РНК.

Азотистые основания, соединяясь ковалентной связью с 1' атомом рибозы или дезоксирибозы, образуют N-гликозиды, которые называются *нуклеозиды*. В номенклатуре нуклеозидов чаще используются названия с суффиксами -идин у пиримидиновых и -озин у пуриновых нуклеозидов и приставкой дезокси- у дезоксирибонуклеозидов. Например,

цитозин + рибоза = цитидин;

цитозин + дезоксирибоза = дезоксицитидин;

аденин + рибоза = аденозин;

аденин + дезоксирибоза = дезоксиаденозин

Нуклеотиды – это производные нуклеозидов, которые образуются в результате этерификации пентозного фрагмента фосфорной кислотой. В зависимости от строения пентозы различают рибонуклеотиды (мономерные звенья РНК) и дезоксирибонуклеотиды (мономерные звенья ДНК). Название нуклеотида включает наименование нуклеозида с указанием положения в нем фосфатного остатка: аденозин-5'-фосфат*, уридин-5'-фосфат и т. д.

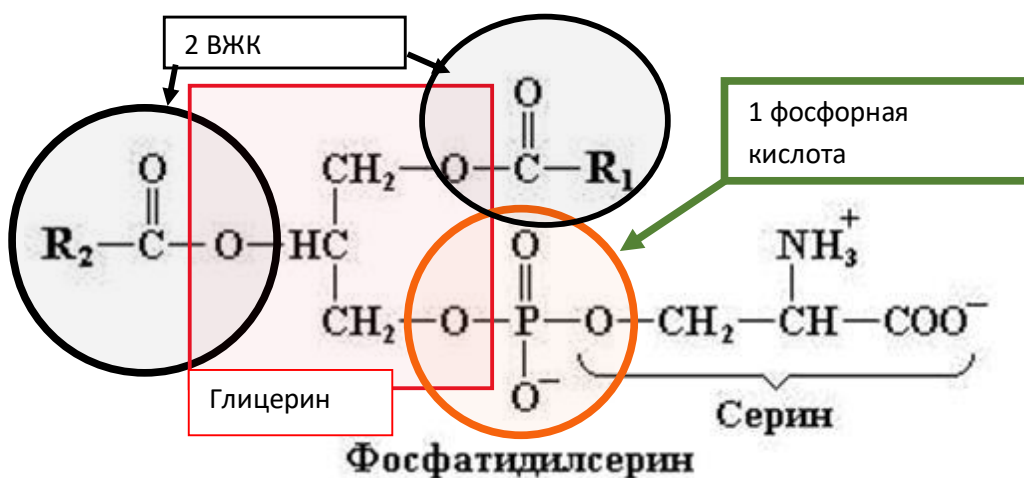
Задание 7. Укажите продукты полного кислотного гидролиза фосфатидилсерина

- 1) Глицерин, 1 молекулы фосфорной кислоты, 3 молекулы ВЖК и серин
- 2) Глицерин, 1 молекула фосфорной кислоты, 2 молекулы ВЖК и серин
- 3) Глицерин, 2 молекулы фосфорной кислоты, 2 молекулы ВЖК и холин
- 4) Глицерин, 3 молекулы фосфорной кислоты, 3 молекулы ВЖК и холин

Ответ	2
-------	---

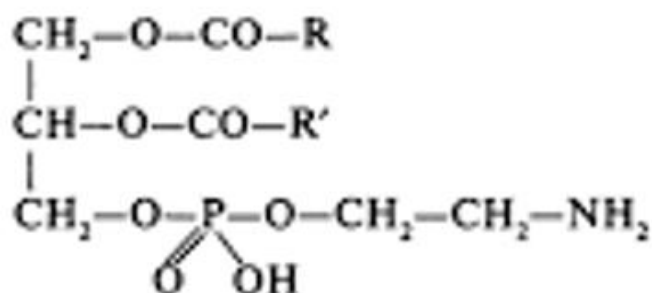
Фосфатидилсерин относится к омыляемым сложным липидам. Представляет собой сложноэфирное производное фосфатидных кислот. Фосфатидные кислоты – это соединения глицерина с двумя молекулами высших жирных кислот (ВЖК) (в положении 1 глицеринового фрагмента находится остаток насыщенной кислоты, в положении 2 – ненасыщенной кислоты), и фосфорной кислотой. В фосфатидилсерине одна из

гидроксильных групп фосфорной кислоты этерифицирована гидроксильной группой аминокислоты серина.



Фосфатидилсерин в кислой среде гидролизуется до глицерина, 2 молекул ВЖК, 1 молекулы фосфорной кислоты и серина.

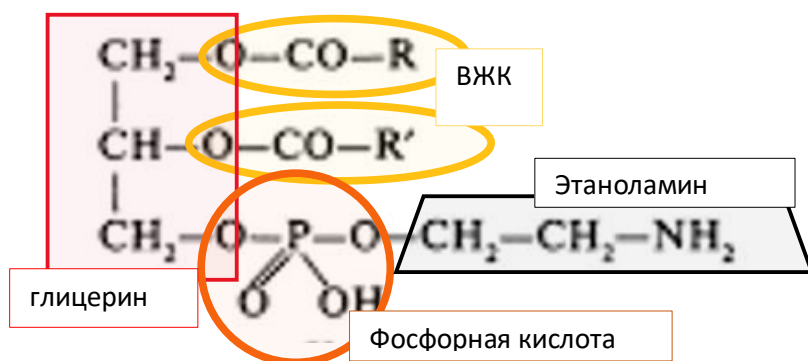
Задание 8. На рисунке изображена формула



- 1) Фосфатидилхолина;
- 2) Фосфатидилсерина;
- 3) Кефалина
- 4) Лецитина

Ответ	3
-------	---

На рисунке мы видим вещество, образованное молекулами глицерина, двух высших жирных кислот (ВЖК), фосфорной кислоты и этаноламина.



Это вещество относится к сложным липидам фосфатидам, его название - фосфатидилэтаноламин или кефалин.

Задание 9. Количественное определение витамина С проводят методом титрования исследуемого раствора раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола. Для определения содержания витамина С в яблоке взяли 25 мл экстракта яблочного сока, разбавили дистиллированной водой в мерной колбе на 100 мл. Из мерной колбы отобрали аликвоту объемом 20 мл, на титрование которой пошло 5,45 мл 0,001 н раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола. Рассчитайте молярную концентрацию эквивалента аскорбиновой кислоты (витамина С) в экстракте яблочного сока.

- 1) 0,005450
- 2) 0,05450
- 3) 0,5450
- 4) 0,1098

Ответ	1
-------	---

Одним из методов определения витамина С в продуктах питания (в фруктах , ягодах, овощах) является титриметрический анализ. Количественное определение аскорбиновой кислоты (витамина С) можно проводить с использованием раствора 2,6-дихлорфенолиндофенола, который является и титрантом, и индикатором, изменяя цвет в процессе титрования из синего через бесцветный в красный.

В основе методов объемного анализа– закон эквивалентов, согласно которому вещества вступают в реакции в строго эквивалентных количествах. Для реакций, идущих в растворах, справедливо следующее равенство: $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$, исходя из которого можно вычислить концентрацию раствора с неизвестной концентрацией по раствору с известной концентрацией при точно известных значениях объемов реагирующих растворов к моменту достижения точки эквивалентности.

Задание 10. Пациент обратился с жалобами на быструю утомляемость, диарею, отсутствие аппетита, головные боли, головокружение, депрессию. При обследовании выявлено, что у

него наблюдается симметричный дерматит на тыльной поверхности кистей рук, шее, лице.

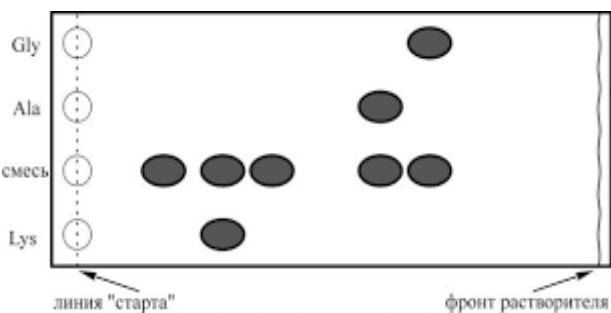
С дефицитом какого витамина связано данное состояние?

- 1) К
- 2) С
- 3) В₃
- 4) В₁₂

Ответ	3
-------	---

Перечисленные симптомы являются характерными признаками недостаточного поступления витамина В₃ (ниацина, антипелларгического). При недостатке этого витамина поражаются кожа, органы пищеварения и нервная система. Дефицит этого витамина приводит к пеллагре (заболевание трех «Д» - дерматит, диарея, деменция). Поражение кожи при пеллагре представляет собой дерматит, особенно отчетливо выраженный на открытых для солнечных лучей частях тела. Возникает тошнота, запоры или диарея; появляется апатия, усталость, депрессия, головная боль, дезориентация, иногда больной даже теряет память. Развитию деменции с бредом предшествуют повышенная раздражительность, депрессивное состояние и анорексия.

Задание 11. На рисунке изображена тонкослойная хроматограмма смеси аминокислот, выполненная в варианте со «свидетелями». Какие вещества присутствуют в смеси? Напишите русские полные названия аминокислот с маленькой буквы в алфавитном порядке.

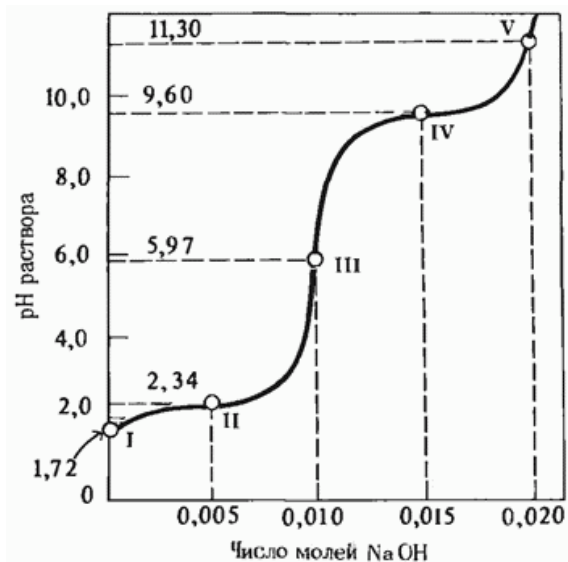


Ответ	аланин	глицин	лизин
-------	--------	--------	-------

Тонкослойная хроматография — хроматографический метод, в котором в качестве неподвижной фазы используется тонкий слой адсорбента. Метод основан на том, что разделяемые вещества по-разному распределяются между сорбирующим слоем и протекающим через него элюентом, вследствие чего расстояние, на которое эти вещества смещаются по слою за одно и то же время, различается. Это метод используется для разделения смесей аминокислот с целью их идентификации.

Отмечаем на хроматограмме наличие и расположение пятен «свидетелей» и веществ из анализируемой смеси, в результате чего делаем вывод: в смеси присутствуют глицин, аланин и лизин. Два пятна с помощью «свидетелей» не идентифицированы. В алфавитном порядке записываем названия достоверно идентифицированных аминокислот: аланин, глицин и лизин.

Задание 12. На рисунке представлена кривая титрования раствора глицина гидроксидом натрия.

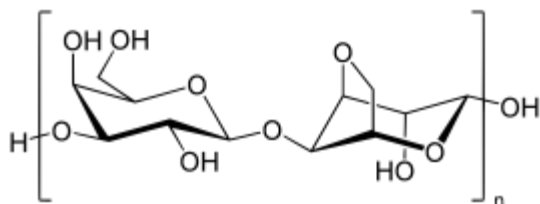


Укажите номера точек римскими цифрами, в которых глицин в растворе будет находиться в виде положительно заряженного иона.

Ответ	I	II
-------	---	----

По кривой титрования аминокислот можно говорить о соотношении различных форм: катионной формы, биполярного иона, анионной формы. В начале титрования глицина (точка 1) гидроксидом натрия он находится в протонированной (катионной) форме $\text{NH}_3^+\text{-CH}_2\text{-COOH}$. В точке 2 в равновесии находятся протонированная форма аминокислоты и биполярные ионы. В точке 3 (точка эквивалентности) в растворе находятся биполярные ионы аминокислоты $\text{NH}_3^+\text{-CH}_2\text{-COO}^-$. В точке 4 в растворе находятся биполярные ионы совместно с отрицательно заряженными ионами аминокислоты $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^-$. В точке 5 в растворе преобладает анионная форма аминокислоты.

Задание 13. Напишите название этого вещества:



Ответ	агароза
-------	---------

Данное вещество представляет собой гетерополисахарид, состоящий из β -D-галактопиранозы и 3,6-ангидридо- α -галактопиранозы, объединённых связью 1-4. Это вещество – агароза.

Вопрос 14. В эксперименте к раствору, содержащему крахмал и лактозу, добавили сок поджелудочной железы и инкубировали в оптимальных условиях. Для реакции, которая может произойти в данном эксперименте, запишите название фермента и субстрата.

	Фермент	Субстрат
Ответ	амилаза	крахмал

Ферменты пищеварительной системы - это белковые катализаторы, которые вырабатываются пищеварительными железами и расщепляют питательные вещества пищи на более простые компоненты. Так, например, протеолитические ферменты (протеазы, пептидазы) - расщепляют белки до коротких пептидов или аминокислот, а липолитические (липазы) - расщепляют жиры до глицерина и жирных кислот. Для ответа на этот вопрос рекомендуется ознакомиться с данными ниже следующей таблицы.

Место образования	Фермент	Функция — расщепление:
Слюнные железы	Амилаза Мальтаза	Крахмала и гликогена Дисахарида мальтозы
Желудок	Пепсин	Белков
Поджелудочная железа	Липаза Амилаза Трипсин Химотрипсин Карбоксипептидаза Рибонуклеаза Дезоксирибонуклеаза	Триглицеридов Крахмала и гликогена Белков Белков Белков РНК ДНК
Стенки тонкого кишечника	Аминопептидазы Липазы Глюкоамилаза Лактаза Сахараза	Белков Триглицеридов Дисахаридов Дисахаридов Дисахаридов

Вопрос 15. В молекуле ДНК доля цитидиловых нуклеотидов составляет 24 %. Определите процентное содержание других нуклеотидов в этой ДНК. Запишите только численные значения.

	Доля гуаниловых нуклетидов	Доля адениловых нуклетидов	Доля тиминовых нуклетидов
Ответ	24	26	26

Согласно Правилу Чаргаффа количество нуклеотидов в двухцепочечной ДНК вычисляется по формуле: $(A + T) + (G + C) = 100\%$, где А – адениловые нуклеотиды, Т –

тиминовые нуклеотиды, Г – гуаниловые нуклеотиды, Ц – цитидиловые нуклеотиды. При этом, по принципу комплиментарности $A = T$; $G = C$.

В задаче известно, что доля цитидиловых нуклеотидов (C) = 24%. В соответствии с принципом комплементарности количество Г должно быть равно количеству Ц, т.е. $G = C = 24\%$. Тогда их совместное количество составляет: $(G + C) = 48\%$. В таком случае количество $(A + T) = 100 - 48 = 52\%$. Следовательно, $A = T = 52:2 = 26\%$.