

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

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

---

**Вариант 1**

**Задача 1.**

Меланин — определение, применяемое для совокупности природных \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_, находящихся в значительной части организмов. Меланин производится в ходе многостадийного химического превращения, известного как \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_, где после \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ аминокислоты тирозина происходит \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_. Процесс осуществляется в специализированных клетках организма, называемых \_\_\_\_\_ 5 \_\_\_\_\_.

**Ответ:**

1. Пигментов
2. Меланогенез
3. Окислением
4. Полимеризация
5. Меланоциты

**Задача 2.**

Метод электрофореза — это способ пространственного разделения молекул, имеющих разный заряд и размеры, путем помещения их в электрическое поле. Для разделения и анализа белков часто применяют метод электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ), который формирует трёхмерную матрицу, позволяющую разделять белковые смеси по заряду, размеру и форме частиц.

В ПААГ можно проводить как нативный электрофорез, так и электрофорез в денатурирующих условиях. Нативный электрофорез позволяет сохранить естественные форму, заряд и активность белков, а в денатурирующих условиях белки теряют свою трёхмерную конформацию и заряд, что позволяет разделять белки исключительно по молекулярной массе,

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

---

которая в таком случае линейно зависит от подвижности полипептидов в электрическом поле.

Чтобы провести электрофорез белков в ПААГ в денатурирующих условиях необходимо сначала растворить исследуемую белковую смесь в специальном буфере для нанесения проб на гель. Для удобства использования многие компоненты буфера хранятся в виде растворов с более высокой концентрацией — стоков. Для приготовления буфера для проб в лаборатории имеются следующие стоковые растворы:

Компонент	Концентрация в буфере	Концентрация в стоковом растворе
Трис-НСl	200 мМ	1 М
$\beta$ -меркаптоэтанол	400 мМ	14,5 М
SDS	4%	10 %
Бромфеноловый синий	0,01 %	100%
Глицерин	40 %	100%

- 1) Среди приведенных компонентов выберите тот, который обеспечивает денатурацию белков.
- 2) Вам необходимо приготовить 2 мл буфера для проб. Рассчитайте, сколько 1 М стокового раствора Трис-НСl вам понадобится, ответ приведите в мл.
- 3) Сколько глицерина понадобится, чтобы приготовить 2 мл буфера для проб? Ответ приведите в мл.

МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

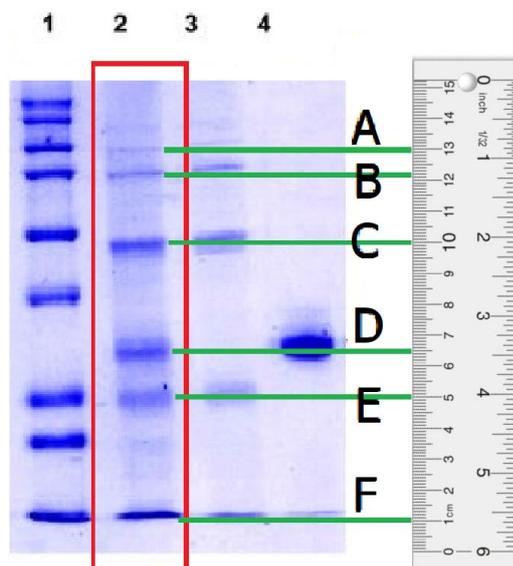
Заключительный этап

Химико-биотехнологический профиль

Междисциплинарные задачи

10 класс

- 4) При проведении электрофореза электрическое поле создают с помощью источника питания. Электрический ток пропускают через проводник — буферный раствор, пропитывающий гель, который играет роль молекулярного сита. Пробы белков движутся сквозь гель под действием тока. Форез прекращают, ориентируясь на положение в геле красителя бромфенолового синего, который движется впереди белков. Характеристикой белка при электрофорезе является относительная электрофоретическая подвижность  $R_f$  — отношение длины пути, пройденного за время электрофореза данным белком, к длине пути, пройденного лидирующим красителем (бромфеноловым синим). Для электрофореза в денатурирующих условиях молекулярная масса белка пропорциональна его  $R_f$ . На рисунке приведены результаты электрофореза в ПААГ с додецилсульфатом натрия нескольких белков (на приведенном форезе белки двигались сверху вниз). Определите, какой из белков на дорожке 2 (выделена красным) имеет наибольшую молекулярную массу (для этого нужно подумать, какие белки будут быстрее проходить через гель — крупные или маленькие?). В ответе укажите букву, обозначающую белок.



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

---

5) Для самого крупного белка на дорожке 2 рассчитайте его молекулярную массу, если известно, что десятичный логарифм молекулярной массы для данных условий электрофореза зависит от  $R_f$  следующим образом:

$$\lg M_r = 2,7824 - 1,9944R_f,$$

где  $M_r$  — молекулярная масса в кДа. На рисунке расстоянию, которое прошел бромфеноловый синий соответствует «0 см», а линия старта расположена на отметке «15 см». Ответ приведите в кДа, округлив до целых.

**Решение:**

- 1) Додецилсульфат натрия (SDS)
- 2)  $C_1V_1 = C_2V_2$ ;  $V_2 = 200 \cdot 2 / 1000 = 0,4$  мл
- 3)  $C_1V_1 = C_2V_2$ ;  $V_2 = 40 \cdot 2 / 100 = 0,8$  мл
- 4) А
- 5)  $\lg M_r = 2,7824 - 1,9944 \cdot 2 / 15$ ;  $M_r = 10^{2,51648} = 328$  кДа или 329 кДа

**Задача 3.**

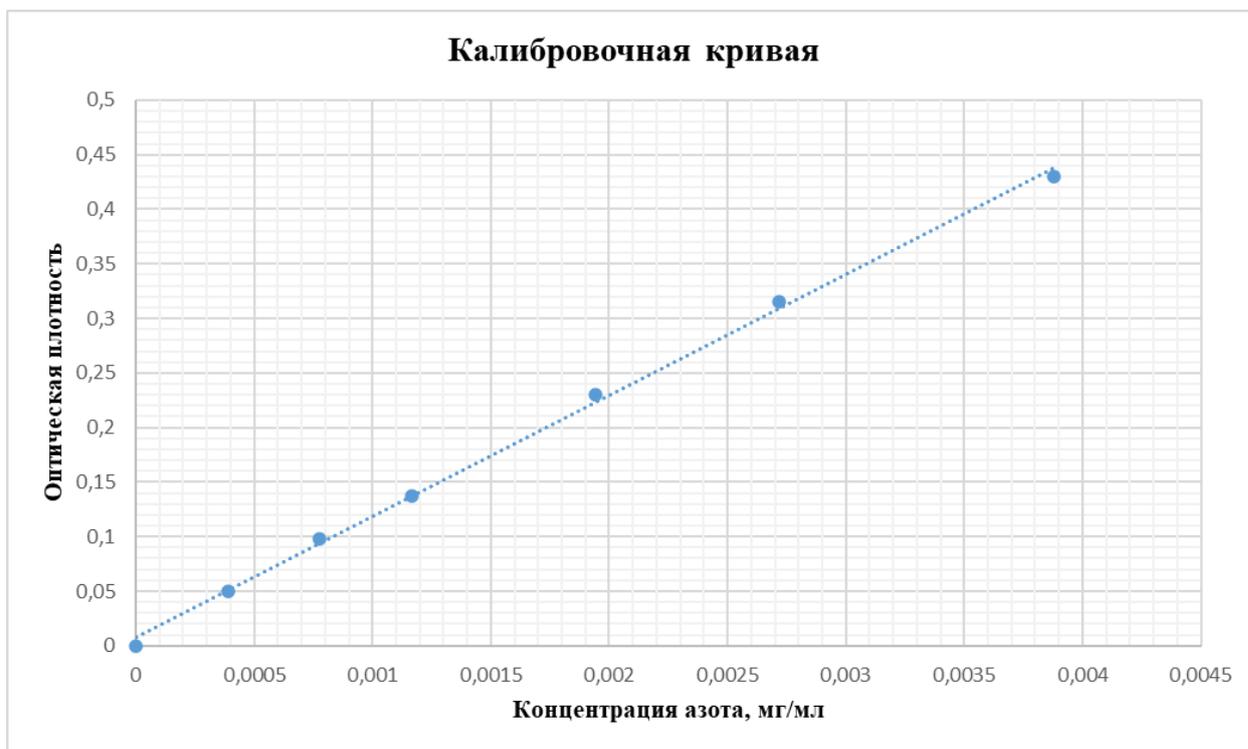
Среди азотистых соединений, входящих в состав пищевых продуктов растительного и животного происхождения, главное место принадлежит белкам. На долю небелковых соединений, например, в растениях, обычно приходится менее 10% от общего содержания азота. Содержание белкового и небелкового азота в сырье и пищевых продуктах определяют на основании найденного количества общего азота колориметрическим методом с использованием реактива Несслера. Колориметрическим называется метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения потоков видимого света при их прохождении через исследуемый раствор и раствор сравнения. Определяемый компонент при помощи химико-

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

---

аналитической реакции переводится в окрашенное соединение, после чего измеряется интенсивность окраски полученного раствора на специальном приборе-спектрофотометре, который позволяет производить измерения при различных длинах волн оптического излучения, соответственно в результате измерений получается спектр отношений потоков.

На рисунке представлена калибровочная кривая содержания ионов аммония в контрольных растворах с известной концентрацией при длине волны 400 нм и толщине кювет 10 мм.



- 1) Опишите приведенный график
- 2) Определите, каким уравнением описывается приведённый на рисунке график. Дайте название каждому составляющему данного уравнения.

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

---

3) Определите коэффициент пересчета  $K$ , если известно, что величина коэффициента равна котангенсу угла наклона построенной прямой к оси  $OX$ , а оптическая плотность и концентрация составляют 0,200 и 0,0017 мг/мл.

Ответ дайте в г/л.

4) Оптическая плотность измеренного опытного раствора составила 0,33.

а) Определите по калибровочному графику концентрацию азота в данной пробе. Проведите пересчет концентрации из мг/мл в г/л и округлите до целого числа.

б) Произведите расчет количества сырого протеина, используя коэффициент пересчета 6,25. Округлите до целого числа. Ответ дайте в г/л.

5) Дайте определение понятиям органический и неорганический азот.

**Ответы:**

1) Калибровочная кривая содержания ионов аммония была получена методом спектрофотометрии. Для построения калибровочной кривой использовались растворы с заранее известным содержанием ионов аммония. Через кюветы с раствором пропускать свет определенной длины волны. С помощью спектрофотометра или фотоэлектроколориметра возможно точно определить оптическую плотность исследуемого вещества. Характер зависимости — линейный.

2)  $\square = KC$ , где  $\square$  — оптическая плотность (безразмерная величина),  $K$  — коэффициент пересчета (имеет размерность мл/мг),  $C$  — концентрация азота в составе иона аммония  $NH_4^+$ , выраженного в мг/мл. Уравнение зависимости — линейное, график — прямая.

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

---

3) Котангенс угла наклона  $K$  есть отношение  $x$  к  $y$  по правилу прямоугольного треугольника. Искомая величина — отношение катетов прямоугольного треугольника. Величина составит 0,0085 мг/мл или 0,0085 г/л.

$Y=0,200$ ;  $X=0,0017$  мг/мл;  $K=0,0085$  мг/мл или 0,0085 г/л

4) а) 0,0029 мг/мл или 0,0029 г/л, что округленно 0,003 г/л;

б)  $0,003 \cdot 6,25 = 0,01875$  г/л, что округленно 0,019 г/л

5) Органический азот — азот, входящий в состав органических веществ, таких, как протеины и протеиды, полипептиды (высокомолекулярные соединения), аминокислоты, амины, амиды, мочевины (низкомолекулярные соединения).

Неорганический азот — азот, который не входит в состав органических соединений (например, нитрат-ион, нитрит-ион,  $N_2$ , ион аммония).

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

---

**Вариант 2**

**Задача 1.**

В \_\_\_\_\_1\_\_\_\_\_ человека процесс меланогенеза начинается под влиянием \_\_\_\_\_2\_\_\_\_\_, вызывающего \_\_\_\_\_3\_\_\_\_\_ внешнего покрова тела. Меланин является очень хорошим \_\_\_\_\_4\_\_\_\_\_ света, из-за чего принято считать, что он \_\_\_\_\_5\_\_\_\_\_ вероятность падения концентрации фолиевой кислоты в тканях и нарушения внешних покровов тела человека.

**Ответ:**

1. Коже
2. Ультрафиолета (Ультрафиолетового излучения)
3. Потемнение
4. Поглостителем
5. снижает

**Задача 2.**

Метод электрофореза — это способ пространственного разделения молекул, имеющих разный заряд и размеры, путём помещения их в электрическое поле. Для разделения и анализа белков часто применяют метод электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ), который формирует трехмерную матрицу, позволяющую разделять белковые смеси по заряду, размеру и форме частиц.

В ПААГ можно проводить как нативный электрофорез, так и электрофорез в денатурирующих условиях. Нативный электрофорез позволяет сохранить естественные форму, заряд и активность белков, а в денатурирующих условиях белки теряют свою трехмерную конформацию и заряд, что позволяет разделять белки исключительно по молекулярной массе, которая в таком случае линейно зависит от подвижности полипептидов в электрическом поле.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

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

---

Чтобы провести электрофорез белков в ПААГ в денатурирующих условиях необходимо сначала растворить исследуемую белковую смесь в специальном буфере для нанесения проб на гель. Для удобства использования многие компоненты буфера хранятся в виде растворов с более высокой концентрацией – стоков. Для приготовления буфера для проб в лаборатории имеются следующие стоковые растворы:

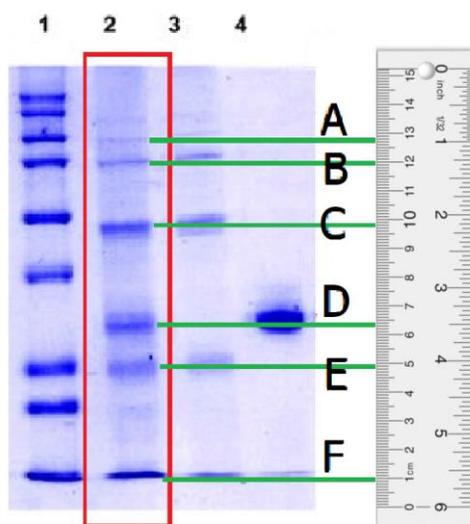
Компонент	Концентрация в буфере	Концентрация в стоковом растворе
Трис-HCl	200 мМ	1 М
$\beta$ -меркаптоэтанол	400 мМ	14,5 М
SDS	4%	10 %
Бромфеноловый синий	0,01 %	100%
Глицерин	40 %	100%

- 1) Среди приведенных компонентов буфера для проб выберите тот, который поддерживает требуемый pH буфера.
- 2) Вам необходимо приготовить 5 мл буфера для проб. Рассчитайте, сколько 1 М стокового раствора Трис-HCl вам понадобится, ответ приведите в мл.
- 3) Сколько глицерина понадобится, чтобы приготовить 5 мл буфера для проб? Ответ приведите в мл.
- 4) При проведении электрофореза электрическое поле создают с помощью источника питания, способного давать регулируемое напряжение. Электрический ток пропускают через проводник — буферный раствор,

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

---

пропитывающий гель, который играет роль молекулярного сита. Пробы белков движутся сквозь гель под действием тока. Форез прекращают, ориентируясь на положение в геле красителя бромфенолового синего, который движется впереди белков. Характеристикой белка при электрофорезе является относительная электрофоретическая подвижность  $R_f$  — отношение длины пути, пройденного за время электрофореза данным белком, к длине пути, пройденного лидирующим красителем (бромфеноловым синим). Для электрофореза в денатурирующих условиях молекулярная масса белка пропорциональна его  $R_f$ . На рисунке приведены результаты электрофореза в ПААГ с додецилсульфатом натрия нескольких белков (на приведенном форезе белки двигались сверху вниз). Определите, какой из белков на дорожке 2 (выделена красным) имеет наименьшую молекулярную массу (для этого нужно подумать, какие белки будут быстрее проходить через гель — крупные или маленькие?). В ответе укажите букву, обозначающую белок.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**

**Заключительный этап**

**Химико-биотехнологический профиль**

**Междисциплинарные задачи**

**10 класс**

---

5) Для самого маленького белка на дорожке 2 рассчитайте его молекулярную массу, если известно, что десятичный логарифм молекулярной массы для данных условий электрофореза зависит от  $R_f$  следующим образом:

$$\lg M_r = 2,7824 - 1,9944R_f,$$

где  $M_r$  — молекулярная масса в кДа. На рисунке расстоянию, которое прошел бромфеноловый синий соответствует «0 см», а линия старта расположена на отметке «15 см». Ответ приведите в кДа, округлив до целых.

**Решение:**

1) Трис-НСl

2)  $C_1V_1 = C_2V_2$ ;  $V_2 = 200 \cdot 5 / 1000 = 1,0$  мл

3)  $C_1V_1 = C_2V_2$ ;  $V_2 = 40 \cdot 5 / 100 = 2$  мл

4) F

5)  $\lg M_r = 2,7824 - 1,9944 \cdot 14/15$ ;  $M_r = 10^{0,92096} = 8,3$  кДа

**Задача 3.**

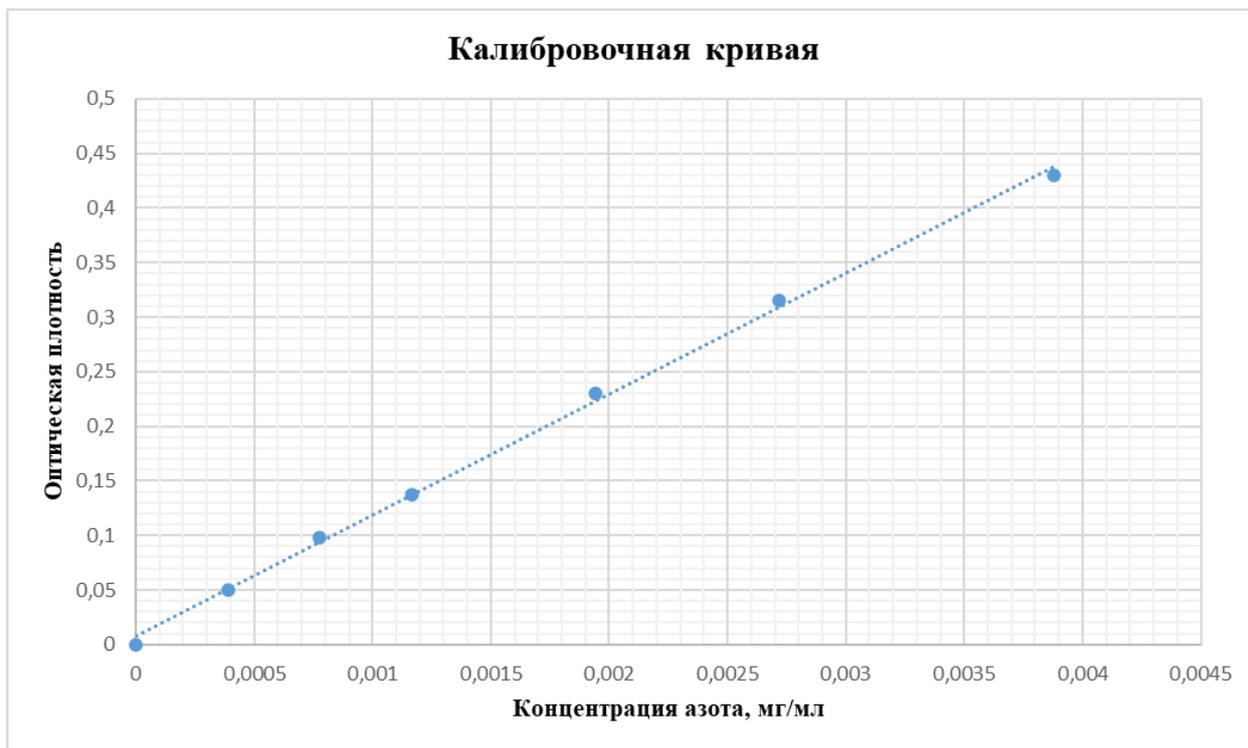
Среди азотистых соединений, входящих в состав пищевых продуктов растительного и животного происхождения, главное место принадлежит белкам. На долю небелковых соединений, например, в растениях, обычно приходится менее 10% от общего содержания азота. Содержание белкового и небелкового азота в сырье и пищевых продуктах определяют на основании найденного количества общего азота колориметрическим методом с использованием реактива Несслера. Колориметрическим называется метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения потоков видимого света при их прохождении через исследуемый раствор и раствор сравнения. Определяемый компонент при помощи химико-

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

---

аналитической реакции переводится в окрашенное соединение, после чего измеряется интенсивность окраски полученного раствора на специальном приборе-спектрофотометре, который позволяет производить измерения при различных длинах волн оптического излучения, соответственно, в результате измерений получается спектр отношений потоков.

На рисунке представлена калибровочная кривая содержания ионов аммония в контрольных растворах с известной концентрацией при длине волны 400 нм и толщине кювет 10 мм.



- 1) Опишите приведенный график.
- 2) Определите, каким уравнением описывается приведенный на рисунке график. Дайте название каждому составляющему данного уравнения.

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

---

3) Определите коэффициент пересчета  $K$ , если известно, что величина коэффициента равна котангенсу угла наклона построенной прямой к оси  $OX$ , а оптическая плотность и концентрация составляют 0,200 и 0,0017 мг/мл.

Ответ дайте в г/л.

4) Оптическая плотность измеренного опытного раствора составила 0,25.

а) Определите по калибровочному графику концентрацию азота в данной пробе. Проведите пересчет концентрации из мг/мл в г/л и округлите до десятых.

а) Произведите количества сырого протеина, используя коэффициент пересчета 6,25. Округлите до сотых. Ответ дайте в г/л.

5) Дайте определение понятиям органический и неорганический азот.

**Ответы:**

1) Калибровочная кривая содержания ионов аммония была получена методом спектрофотометрии. Для построения калибровочной кривой использовались растворы с заранее известным содержанием ионов аммония. Через кюветы с раствором пропускать свет определенной длины волны. С помощью спектрофотометра или фотоэлектроколориметра возможно точно определить оптическую плотность исследуемого вещества. Характер зависимости — линейный.

2)  $\square = KC$ , где  $\square$  — оптическая плотность (безразмерная величина),  $K$  — коэффициент пересчета (имеет размерность мл/мг),  $C$  — концентрация азота в составе иона аммония  $NH_4^+$ , выраженного в мг/мл. Уравнение зависимости — линейное, график — прямая.

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

---

3) Котангенс угла наклона  $K$  есть отношение  $x$  к  $y$  по правилу прямоугольного треугольника. Искомая величина — отношение катетов прямоугольного треугольника. Величина составит 0,0085 мг/мл или 0,0085 г/л.

$Y=0,200$ ;  $X=0,0017$  мг/мл;  $K=0,0085$  мг/мл или 0,0085 г/л

4) а) 0,0022 мг/мл или 0,0022 г/ л;

б)  $0,0022 \cdot 6,25 = 0,01375$  г/л

5) Органический азот — азот, входящий в состав органических веществ, таких, как протеины и протеиды, полипептиды (высокомолекулярные соединения), аминокислоты, амины, амиды, мочевины (низкомолекулярные соединения).

Неорганический азот — азот, который не входит в состав органических соединений (например, нитрат-ион, нитрит-ион,  $N_2$ , ион аммония).