

# 1. ПЕРВЫЙ ЭТАП

# Задачи первого этапа. Физика.

## 1.1. Первая попытка. Задачи 9 класса.

### Задача 1.1.1. (20 баллов)

Автоматическая колесная платформа-почтальон доставляет посылку.



В начальный момент времени платформа находится в точке  $A$  и ей надо доставить посылку в точку  $C$ . По полю платформа может ехать в любом направлении со скоростью  $x$  км/ч, а на дороге (отрезок  $BC$ ) ее скорость  $y$  км/ч. Программа платформы разработана таким образом, чтобы она доставляла посылку за минимальное время. По какой траектории будет двигаться платформа? Для ответа введите длину траектории в метрах с точностью до десятых.

Укажите ответ для заданных значений  $x$  и  $y$ .

### Требования к числовым параметрам

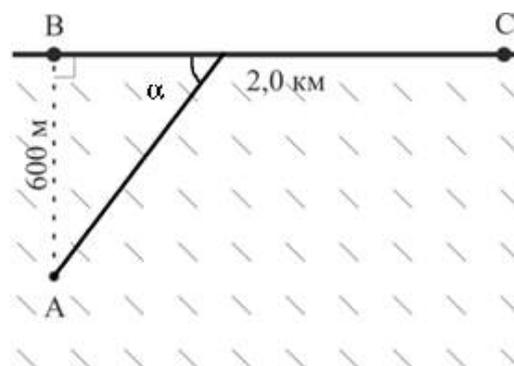
$X$  в пределах от 20 км/ч до 30 км/ч, шаг 0.1 км/ч.

$Y$  в пределах от 50 км/ч до 80 км/ч, шаг 0.1 км/ч.

Точность  $L$  до 0.1 метра.

### Решение

Согласно принципу Ферма в оптике, свет движется из начальной точки в конечную по пути, соответствующем минимальному времени движения. Данный принцип можно применить для решения данной задачи.



Предположим, что дорога BC – это граница раздела двух сред, в которых свет распространяется со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. Мы будем пытаться определить траекторию луча, движущегося из точки A в точку C, которая, согласно принципу Ферма, обеспечит минимальное время движения. Логично предполагая, что дрон хотя бы в самом конце пути к дому будет двигаться по проселочной дороге, получаем, что луч света часть пути должен распространяться вдоль границы двух сред. Такая ситуация реализуется при критическом угле падения на границу сред, при превышении которого в оптике происходит явление полного внутреннего отражения. Получаем, что для достижения минимального времени дрон, как и луч света, должен двигаться под углом, который определяется по формуле:

$$\cos\alpha = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{x}{y}.$$

Отсюда получаем длину пути:

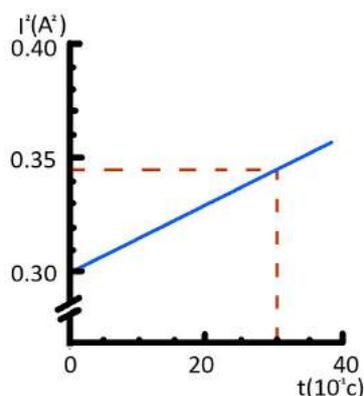
$$600 \cdot \sqrt{\frac{(y-x)}{(y^2-x^2)}} + 2000.$$

**Ответ:**  $600 \cdot \sqrt{\frac{(y-x)}{(y^2-x^2)}} + 2000.$

### **Задача 1.1.2. (20 баллов)**

Лампы накаливания часто перегорают во время включения. Для того, чтобы увеличить срок их службы, было разработано устройство, позволяющее включать лампу постепенно. На графике показан рост квадрата силы тока, протекающего через лампу, с течением времени, начиная с момента включения электрической лампы (растет линейно с течением времени). Квадрат силы тока на графике в амперах в квадрате, время в десятых долях секунды. Для решения задачи сопротивление лампы считайте постоянным и равным 220 Ом.

В реальности зависимость сопротивления от температуры играет существенную роль, однако учет этого сильно усложнит решение задачи.



Теплоёмкость вольфрама можно определить по таблице:

Теплоёмкость, кДж/(кг*К)	0.135	0.138	0.142	0.146	0.149	0.151	0.154	0.161	0.166	0.173	0.181
Диапазон температур К	300- 400	400- 600	600- 800	800- 1000	1000- 1100	1100- 1200	1200- 1500	1500- 1800	1800- 2100	2100- 2400	2400- 2700

Какой массы  $m$  (в граммах с точностью до сотых) нужно сделать спираль из вольфрама, чтобы за 3 секунды она успела разогреться до  $T = 1078.1$  К? Считать, что 90% работы электрического тока идет на нагрев лампы. Начальная температура 300 К.

### Требования к числовым параметрам

$T$  в пределах от 1050 до 1099 градусов, шаг 0.1 градус.

Точность ответа до 0.01 грамма.

### Решение

За малое время  $\Delta t$ :  $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0.9 \cdot 220 \cdot I \cdot \Delta t$ . Для нагрева до температуры  $T$  требуется:  $Q = m \cdot (100 \cdot 135 + 200 \cdot (138 + 142 + 146) + (T - 1000) \cdot 149)$

$$\frac{Q}{m} = 0.149T - 50.3 = 0.149(T - 1000) + 98.7$$

При этом это количество тепла можно посчитать, как  $Q = U \cdot I \cdot \Delta t$ , где средний ток можно вычислить из графика:

$$Q = \frac{0.3 + 0.345}{2} \cdot 3 \cdot 0.9 \cdot 220 = 191.565 \text{ Дж}$$

Отсюда получаем ответ:  $m = \frac{0.191565 \cdot 1000}{(0.149 \cdot (T - 1000) + 98.7)}$  грамм.

Ответ:  $\frac{0.191565 \cdot 1000}{(0.149 \cdot (T - 1000) + 98.7)}$ .

### Задача 1.1.3. (20 баллов)

Космическое агентство запустило спутник Солнца, который движется вокруг Солнца по круговой орбите со скоростью  $V$  км/сек.

На сколько Вт/м<sup>2</sup> мощность потока солнечных лучей на спутнике больше, чем на расстоянии от Солнца, равном орбитальному радиусу планеты, которая получает максимальную полную мощность солнечного излучения из приведённых в таблице? Ответ дайте с точностью до целых.

Ниже приведена таблица параметров планет:

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1,9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Диаметр и масса даны в диаметрах и массах Земли.

1 астрономическая единица (а.е.) равна 149 597 870 700 метров. Земной год считать равным ровно 365 суток по 24 часа.

Мощность солнечного света попадающего на единицу поверхности на орбите Земли (солнечная постоянная) равна 1387 Вт/м<sup>2</sup>. Гравитационную постоянную считать равной  $6.67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг · с<sup>2</sup>), для упрощения расчётов все орбиты считать круговыми.

Укажите ответ для заданного значения  $V$  км/с.

#### Требования к числовым параметрам

$V$  в пределах от 10 до 20 км/сек, шаг 0.1 км/сек.

Точность ответа до 1 Вт.

#### Решение

Солнечная масса может быть рассчитана по следующей формуле:

$$M = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a^3}{G \cdot T^2}$$

где  $T$  – период обращения планеты вокруг Солнца

$a$  – радиус орбиты планеты

$G$  – гравитационная постоянная Ньютона.

Максимальную полную мощность солнечного излучения из приведённых в таблице получает Юпитер, так как у него максимальное отношение диаметра к радиусу орбиты.

Орбитальная скорость спутника равна:  $V = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}}$ , значит:

$$R = \frac{G \cdot M}{V^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a^3}{V^2 \cdot T^2}$$

$$R = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 149\,597\,870\,700^3}{V^2 \cdot (365 \cdot 24 \cdot 3600)^2} \approx \frac{(1.329 \cdot 10^{20})}{V^2} \approx \frac{(29.806 \text{ км/сек}^2)}{V} \cdot 1 \text{ а.е.}$$

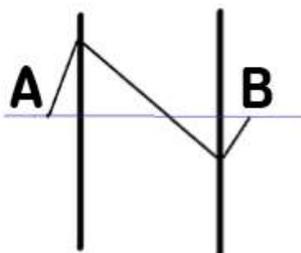
Мощность потока солнечных лучей на станции обратно пропорциональна квадрату расстояния до Солнца:  $P = 1387 \cdot \left(\frac{V}{29.806 \text{ км/сек}}\right)^4$

Аналогично для Юпитера:  $P_{\text{Ю}} = 1387 \cdot \left(\frac{1}{5.2}\right)^4 \approx 51.3 \text{ Вт.}$

**Ответ:**  $1387 \cdot \left(\frac{N}{29.806}\right)^4 - 51.3.$

### Задача 1.1.4. (20 баллов)

Почти 40 лет назад советский ученый Виктор Веселаго выдвинул гипотезу о существовании материалов с отрицательным показателем преломления. Плоскопараллельная пластинка из такого материала работала бы как линза, и была названа линзой Веселаго. Все лучи, выходящие под малыми углами из  $A$ , пройдя через плоскопараллельную пластину с отрицательным показателем преломления соберутся в точке  $B$ .



Пусть толщина пластины равна  $d$  см, расстояние до точки  $A$  от ближайшего края пластины равно  $x$  см, а показатель преломления линзы Веселаго равен  $n < 0$ . Чему равно  $AB$ ? Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Укажите ответ для заданных значений  $n$ ,  $d$ ,  $x$ .

#### Требования к числовым параметрам

$n$  в пределах от  $-2.5$  до  $-1.5$ , шаг  $0.1$ ;

$d$  в пределах от  $10$  см до  $20$  см, шаг  $1$  см;

$x$  в пределах от  $1$  см до  $2$  см, шаг  $0.1$  см.

#### Решение

Пусть угол падения равен  $\alpha$ . Тогда луч, пройдя по горизонтали на расстояние  $x$  до линзы, по вертикали поднимется на  $x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$ . Далее он пойдёт к нормали под

углом  $\beta$ , который определяется по закону преломления:  $\sin\beta = \left| \frac{\sin\alpha}{n} \right|$ . Далее он опустится на величину, равную  $d \cdot \operatorname{tg}(\beta)$ . Потом выйдет из линзы снова под углом  $\alpha$  и ему останется подняться на величину  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha))$ , а по горизонтали это будет  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha)$ . Итак, получаем:  $AB = d + x + d \cdot \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\operatorname{tg}(\alpha)} - x \approx d \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ .

**Ответ:**  $d \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ .

### **Задача 1.1.5. (20 баллов)**

Тонкая пластина из композитного материала состоит из двух слоев. Известно, что отношение коэффициента теплопроводности вещества, из которого состоит первый слой, к коэффициенту теплопроводности вещества, из которого состоит второй слой, равно  $k$ . Внешняя поверхность первого слоя поддерживается при температуре  $T_1 = 305\text{К}$ , внешняя поверхность второго слоя при температуре  $T_3 = 273\text{К}$ .

Как должны относиться толщины первого и второго слоев  $(d_1/d_2)$ , если на границе между ними нужно обеспечить температуру  $T_2$ ? Ответ дайте в виде числа, с точностью до десятых.

Все температуры считайте постоянными.

Укажите ответ для заданных значений  $k$ ,  $T_2$ .

#### **Требования к числовым параметрам**

$k$  от 2 до 12, шаг 0.5.

$T_2$  от 280 до 300, шаг 0.1.

#### **Решение**

Заметим, что тепловой поток через пластину прямо пропорционален разности температур с разных сторон пластины, ее площади и обратно пропорционален его толщине. При этом тепловой поток через оба слоя должен быть одинаковым.

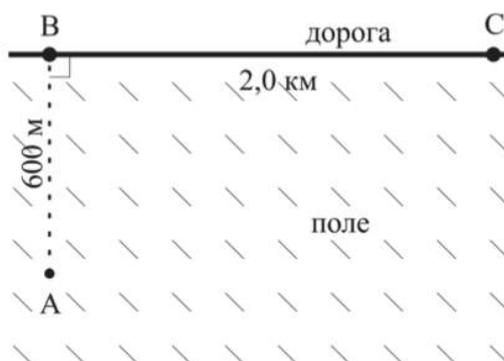
$\Phi = \kappa_1 \cdot S \cdot (T_1 - T_2)/d_1 = \kappa_2 \cdot S \cdot (T_2 - T_3)/d_2$ , учитывая что  $\kappa_1/\kappa_2 = k$ , получим:  
 $k \cdot \frac{(305 - T_2)}{(T_2 - 273)}$ .

**Ответ:**  $k \cdot \frac{(305 - T_2)}{(T_2 - 273)}$ .

## **1.2. Первая попытка. Задачи 10-11 класса.**

### **Задача 1.2.1. (10 баллов)**

Автоматическая колесная платформа-почтальон доставляет посылку.



В начальный момент времени платформа находится в точке  $A$  и ей надо доставить посылку в точку  $C$ . По полю платформа может ехать в любом направлении со скоростью  $x$  км/ч, а на дороге (отрезок  $BC$ ) ее скорость  $y$  км/ч. Программа платформы разработана таким образом, чтобы она доставляла посылку за минимальное время. По какой траектории будет двигаться платформа? Для ответа введите длину траектории в метрах с точностью до десятых.

Укажите ответ для заданных значений  $x$  и  $y$ .

### Требования к числовым параметрам

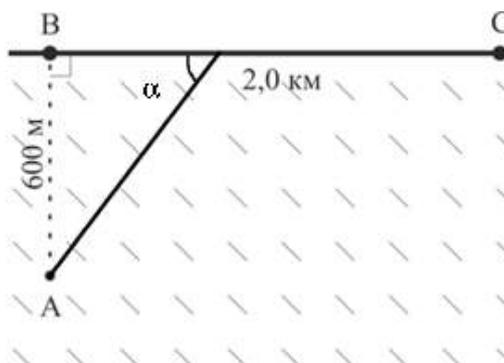
$X$  в пределах от 20 км/ч до 30 км/ч, шаг 0.1 км/ч.

$Y$  в пределах от 50 км/ч до 80 км/ч, шаг 0.1 км/ч.

Точность  $L$  до 0.1 метра.

### Решение

Согласно принципу Ферма в оптике, свет движется из начальной точки в конечную по пути, соответствующем минимальному времени движения. Данный принцип можно применить для решения данной задачи.



Предположим, что дорога  $BC$  – это граница раздела двух сред, в которых свет распространяется со скоростями  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. Мы будем пытаться определить траекторию луча, движущегося из точки  $A$  в точку  $C$ , которая, согласно принципу Ферма, обеспечит минимальное время движения. Логично предполагая, что дрон хотя бы в самом конце пути к дому будет двигаться по проселочной дороге, получаем, что луч света часть пути должен распространяться вдоль границы двух сред. Такая ситуация реализуется при критическом угле падения на границу сред, при

превышении которого в оптике происходит явление полного внутреннего отражения. Получаем, что для достижения минимального времени дрон, как и луч света, должен двигаться под углом, который определяется по формуле:

$$\cos\alpha = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{x}{y}.$$

Отсюда получаем длину пути:

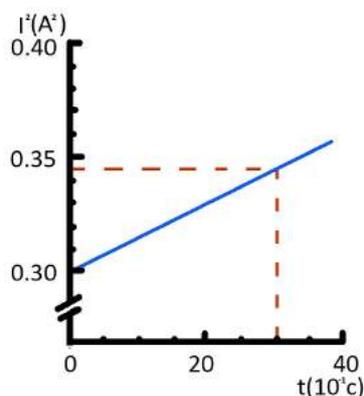
$$600 \cdot \sqrt{\frac{(y-x)}{(y^2-x^2)}} + 2000.$$

**Ответ:**  $600 \cdot \sqrt{\frac{(y-x)}{(y^2-x^2)}} + 2000.$

### Задача 1.2.2. (10 баллов)

Лампы накаливания часто перегорают во время включения. Для того, чтобы увеличить срок их службы, было разработано устройство, позволяющее включать лампу постепенно. На графике показан рост квадрата силы тока, протекающего через лампу, с течением времени, начиная с момента включения электрической лампы (растет линейно с течением времени). Квадрат силы тока на графике в амперах в квадрате, время в десятых долях секунды. Для решения задачи сопротивление лампы считайте постоянным и равным 220 Ом.

В реальности зависимость сопротивления от температуры играет существенную роль, однако учет этого сильно усложнит решение задачи.



Теплоёмкость вольфрама можно определить по таблице:

Теплоёмкость, кДж/(кг·К)	0.135	0.138	0.142	0.146	0.149	0.151	0.154	0.161	0.166	0.173	0.181
Диапазон температур К	300-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1100	1100-1200	1200-1500	1500-1800	1800-2100	2100-2400	2400-2700

Какой массы  $m$  (в граммах с точностью до сотых) нужно сделать спираль из вольфрама, чтобы за 3 секунды она успела разогреться до  $T = 1078.1$  К? Считать,

что 90% работы электрического тока идет на нагрев лампы. Начальная температура 300 К.

### Требования к числовым параметрам

$T$  в пределах от 1050 до 1099 градусов, шаг 0.1 градус.

Точность ответа до 0.01 грамма.

### Решение

За малое время  $\Delta t$ :  $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T = 0.9 \cdot 220 \cdot I \cdot \Delta t$ . Для нагрёва до температуры  $T$  требуется:  $Q = m \cdot (100 \cdot 135 + 200 \cdot (138 + 142 + 146) + (T - 1000) \cdot 149)$

$$\frac{Q}{m} = 0.149T - 50.3 = 0.149(T - 1000) + 98.7$$

При этом это количество тепла можно посчитать, как  $Q = U \cdot I \cdot \Delta t$ , где средний ток можно вычислить из графика:

$$Q = \frac{0.3 + 0.345}{2} \cdot 3 \cdot 0.9 \cdot 220 = 191.565 \text{ Дж}$$

Отсюда получаем ответ:  $m = \frac{0.191565 \cdot 1000}{(0.149 \cdot (T - 1000) + 98.7)}$  грамм.

Ответ:  $\frac{0.191565 \cdot 1000}{(0.149 \cdot (T - 1000) + 98.7)}$ .

### Задача 1.2.3. (10 баллов)

Космическое агентство запустило спутник Солнца, который движется вокруг Солнца по круговой орбите со скоростью  $V$  км/сек.

На сколько Вт/м<sup>2</sup> мощность потока солнечных лучей на спутнике больше, чем на расстоянии от Солнца, равном орбитальному радиусу планеты, которая получает максимальную полную мощность солнечного излучения из приведённых в таблице? Ответ дайте с точностью до целых.

Ниже приведена таблица параметров планет:

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1,9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Диаметр и масса даны в диаметрах и массах Земли.

1 астрономическая единица (а.е.) равна 149 597 870 700 метров. Земной год считать равным ровно 365 суток по 24 часа.

Мощность солнечного света попадающего на единицу поверхности на орбите Земли (солнечная постоянная) равна 1387 Вт/м<sup>2</sup>. Гравитационную постоянную считать равной  $6.67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг · с<sup>2</sup>), для упрощения расчётов все орбиты считать круговыми.

Укажите ответ для заданного значения  $V$  км/с.

### **Требования к числовым параметрам**

$V$  в пределах от 10 до 20 км/сек, шаг 0.1 км/сек.

Точность ответа до 1 Вт.

### **Решение**

Солнечная масса может быть рассчитана по следующей формуле:

$$M = \frac{(4 \cdot \pi^2 \cdot a^3)}{(G \cdot T^2)}$$

где  $T$  – период обращения планеты вокруг Солнца

$a$  – радиус орбиты планеты

$G$  – гравитационная постоянная Ньютона.

Максимальную полную мощность солнечного излучения из приведённых в таблице получает Юпитер, так как у него максимальное отношение диаметра к радиусу орбиты.

Орбитальная скорость спутника равна:  $V = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}}$ , значит:

$$R = \frac{G \cdot M}{V^2} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot a^3}{V^2 \cdot T^2}$$

$$R = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 149\,597\,870\,700^3}{V^2 \cdot (365 \cdot 24 \cdot 3600)^2} \approx \frac{(1.329 \cdot 10^{20})}{V^2} \approx \frac{(29.806 \text{ км/сек}^2)}{V} \cdot 1 \text{ а.е.}$$

Мощность потока солнечных лучей на станции обратно пропорциональна квадрату расстояния до Солнца:  $P = 1387 \cdot \left(\frac{V}{29.806 \text{ км/сек}}\right)^4$

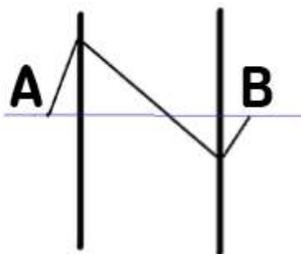
Аналогично для Юпитера:  $P_{\text{Ю}} = 1387 \cdot \left(\frac{1}{5.2}\right)^4 \approx 51.3 \text{ Вт.}$

**Ответ:**  $1387 \cdot \left(\frac{N}{29.806}\right)^4 - 51.3.$

### **Задача 1.2.4. (10 баллов)**

Почти 40 лет назад советский ученый Виктор Веселаго выдвинул гипотезу о существовании материалов с отрицательным показателем преломления. Плоскопараллельная пластинка из такого материала работала бы как линза, и была названа

линзой Веселаго. Все лучи, выходящие под малыми углами из  $A$ , пройдя через плоскопараллельную пластину с отрицательным показателем преломления соберутся в точке  $B$ .



Пусть толщина пластины равна  $d$  см, расстояние до точки  $A$  от ближайшего края пластины равно  $x$  см, а показатель преломления линзы Веселаго равен  $n < 0$ . Чему равно  $AB$ ? Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Укажите ответ для заданных значений  $n$ ,  $d$ ,  $x$ .

### Требования к числовым параметрам

$n$  в пределах от  $-2.5$  до  $-1.5$ , шаг  $0.1$ ;

$d$  в пределах от  $10$  см до  $20$  см, шаг  $1$  см;

$x$  в пределах от  $1$  см до  $2$  см, шаг  $0.1$  см.

### Решение

Пусть угол падения равен  $\alpha$ . Тогда луч, пройдя по горизонтали на расстояние  $x$  до линзы, по вертикали поднимется на  $x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$ . Далее он пойдёт к нормали под углом  $\beta$ , который определяется по закону преломления:  $\sin\beta = \left| \frac{\sin\alpha}{n} \right|$ . Далее он опустится на величину, равную  $d \cdot \operatorname{tg}(\beta)$ . Потом выйдет из линзы снова под углом  $\alpha$  и ему останется подняться на величину  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha))$ , а по горизонтали это будет  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha)$ . Итак, получаем:  $AB = d + x + d \cdot \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\operatorname{tg}(\alpha)} - x \approx d \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ .

Ответ:  $d \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right)$ .

### Задача 1.2.5. (10 баллов)

Тонкая пластина из композитного материала состоит из двух слоев. Известно, что отношение коэффициента теплопроводности вещества, из которого состоит первый слой, к коэффициенту теплопроводности вещества, из которого состоит второй слой, равно  $k$ . Внешняя поверхность первого слоя поддерживается при температуре  $T_1 = 305\text{К}$ , внешняя поверхность второго слоя при температуре  $T_3 = 273\text{К}$ .

Как должны относиться толщины первого и второго слоев  $(d_1/d_2)$ , если на границе между ними нужно обеспечить температуру  $T_2$ ? Ответ дайте в виде числа, с точностью до десятых.

Все температуры считайте постоянными.

Укажите ответ для заданных значений  $k$ ,  $T_2$ .

**Требования к числовым параметрам**

$k$  от 2 до 12, шаг 0.5.

$T_2$  от 280 до 300, шаг 0.1.

**Решение**

Заметим, что тепловой поток через пластину прямо пропорционален разности температур с разных сторон пластины, ее площади и обратно пропорционален его толщине. При этом тепловой поток через оба слоя должен быть одинаковым.

$\Phi = \kappa_1 \cdot S \cdot (T_1 - T_2)/d_1 = \kappa_2 \cdot S \cdot (T_2 - T_3)/d_2$ , учитывая что  $\kappa_1/\kappa_2 = k$ , получим:  
 $k \cdot \frac{(305 - T_2)}{(T_2 - 273)}$ .

Ответ:  $k \cdot \frac{(305 - T_2)}{(T_2 - 273)}$ .

**Задача 1.2.6. (10 баллов)**

Вольт-амперная характеристика реального источника ЭДС, используемого для питания светодиода, задана таблицей. К этому источнику подсоединили последовательно резистор сопротивления  $R$  Ом и светодиод. Нужно спроектировать систему так, чтобы она светила максимально ярко. Какую максимальную электрическую мощность на светодиоде можно получить, если доступны светодиоды с любыми параметрами зависимости падения напряжения и проходящего через них тока? Считайте, что яркость света прямо пропорциональна мощности, выделяющейся на диоде. Ответ дайте в ваттах с точностью до десятых.

<b>U, В</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>4</b>	<b>4,5</b>	<b>5</b>
<b>I, А</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Укажите ответ для заданного значения  $R$ .

**Требования к числовым параметрам**

$R$  меняется в диапазоне от 1 до 4 Ом, шаг 0.2 Ом.

Точность ответа до 0.1 Вт.

**Решение**

Вольтамперная характеристика источника описывается формулой:  $U(I) = E - I \cdot r$ . Исходя из таблицы, находим, что  $E = 6.5$  В,  $r = 0.5$  Ом. Максимум мощности достигается, когда сопротивление  $r + R$  равно тому отношению падения напряжения на светодиоде к силе электрического тока, который через него

проходит. В таком случае:

$$E = I \cdot (r + R + r + R); I = \frac{E}{2(R + r)}; P_{max} = I^2 \cdot (R + r) = \frac{10.5625 \cdot R + 0.5}{(R + 0.5)^2}.$$

**Ответ:**  $\frac{10.5625 \cdot R + 0.5}{(R + 0.5)^2}$ .

### Задача 1.2.7. (10 баллов)

Для калибровки небольшого акселерометра его подвесили на нити длиной  $L$  м и отпустили без начальной скорости под некоторым острым углом к вертикали так, чтобы ускорение в его в нижней точке равнялось по модулю ускорению в точке максимального отклонения. Акселерометр показал, что минимальное полное ускорение достигается при угле отклонения  $\varphi$ , причём  $\cos(\varphi) = 0.8$ . Считая, что ускорение свободного падения равно  $g = 9.8$  м/с<sup>2</sup>, а акселерометр показывает в точке минимального ускорения значение  $X$  м/с<sup>2</sup>, определите относительную погрешность  $\epsilon\%$  его измерения в этой точке, т.е. отношение разницы между показанием акселерометра и полным ускорением к показанию акселерометра. Масса акселерометра  $m$  кг. Ответ укажите в процентах с точностью до десятых процента.

Укажите ответ для заданных значений  $L$ ,  $X$ .

#### Требования к числовым параметрам

$m$  в пределах от 1 до 3 кг, шаг 0.1 кг;

$L$  в пределах от 1 до 3 метров, шаг 0.1 метр;

$X$  в пределах от 8 до 12 м/с<sup>2</sup>, шаг 0.1 м/с<sup>2</sup>.

Точность  $\epsilon$  до 0.1%.

#### Решение

Закон сохранения энергии:  $m \cdot g \cdot L \cdot (1 - \cos(fi_{max})) = \frac{m \cdot v_{max}^2}{2}$ .

Равенство ускорений:  $g \cdot \sin fi_{max} = \frac{v_{max}^2}{L}$ .

Отсюда получаем:  $\sin(fi_{max}) + 2 \cdot \cos(fi_{max}) = 2$ .

Это уравнение имеет одно ненулевое решение в диапазоне  $0 < fi_{max} < 90^\circ$ :

$$\cos(fi_{max}) = 0.6; \sin(fi_{max}) = 0.8.$$

Полное ускорение можно найти по теореме Пифагора:

$$a = g \cdot \sqrt{\frac{v^4}{g^2 L^2} + \sin^2(fi)} = g \cdot \sqrt{4 \cdot (\cos(fi) - \cos(fi_{max}))^2 + \sin^2(fi)} = 9.8 \cdot \sqrt{0.52}$$

Теперь можно определить относительную погрешность:

$$\epsilon = \frac{|X - 9.8 \cdot \sqrt{0.52}|}{X} \cdot 100\%$$

Ответ:  $\sqrt{(X - 9.8 \cdot \sqrt{0.52})^2 \cdot \frac{100}{X}}$ .

### Задача 1.2.8. (10 баллов)

Для маркировки особенностей дна водоема решили использовать придонные фонари, излучающие свет однородно во все стороны. Фонари размещены на глубине  $H$ , поверхность и дно водоема идеально ровные. При прохождении воды свет ослабляется в среднем в  $k$  раз на метр. Издалека к уединенному фонарю движется дрон и пролетает точно над источником света. Дрон летит над поверхностью воды, высотой полета можно пренебречь. Во время полета дрон анализирует силу светового сигнала. Найдите отношение максимальной силы сигнала к минимальной с точностью до сотых. Там, где преломление возможно, изменение коэффициента отражения в зависимости от угла падения в расчетах не учитывайте. Показатель преломления воды 1.33. Фонарь можно считать точечным источником света. Характерные размеры сенсора дрона много меньше  $H$ .

Найдите ответ задачи для заданных значений  $H$  и  $k$ .

#### Требования к числовым параметрам

$H$  от 4 до 16, шаг 1;

$k$  от 0,01 до 0,05, шаг 0.005.

#### Решение

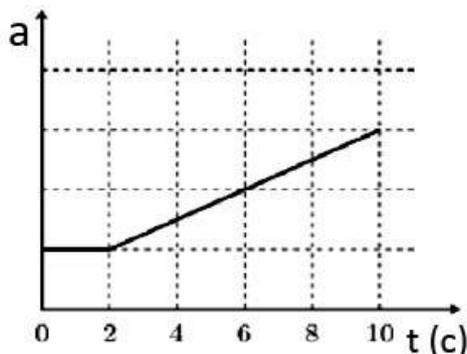
Часть света не сможет выйти за поверхность воды из-за полного внутреннего отражения, эту долю можно оценить, как отношение телесного угла, определяемого критическим углом полного внутреннего отражения, к полному телесному углу  $4\pi$ . Кроме того, часть света рассеется в воде пропорционально  $(1 - k)^{H/1\text{м}}$ .

Ответ:  $(1 - k)^{-0.51186 \cdot H}$ .

### Задача 1.2.9. (10 баллов)

Космическая станция, двигавшаяся на геостационарной орбите с постоянной скоростью с выключенным двигателем, начала ускоряться вдоль орбиты, свою орбиту при этом сохраняя. Точный динамический акселерометр, установленный на станции, позволяет определить ее ускорение в любой момент времени. К несчастью, аппаратура, сломалась, и сигналом на Землю передаются только средние значения ускорения, начиная с момента выхода из строя оборудования. На рисунке показан график зависимости среднего тангенциального ускорения станции от времени, начиная с момента начала ускорения. Время здесь указано в секундах, полное ускорение станции в начале ускоренного этапа движения направлено под углом  $45$  градусов к её скорости. Определите, какое касательное ускорение имела станция в момент времени  $t$ , если считать Землю однородным шаром с экватором  $40000$  км, ускорение свободного падения вблизи земной поверхности равным  $9.8$  м/с<sup>2</sup>. Можно считать, что станция всё время движется по той же самой геостационарной орбите, увеличивая скорость, но

при этом пренебрегать изменением нормального ускорения станции в расчётах. Считайте, что динамический акселерометр определяет только тангенциальное ускорение в данном случае. Ответ дайте в  $\text{м/с}^2$  с точностью до сотых.



Укажите ответ для заданных значений  $t$ .

### Требования к числовым параметрам

$t$  меняется в пределах от 3 до 10 с, шаг 0.5 с.

Точность ответа до  $0.05 \text{ м/с}^2$ .

### Решение

Радиус геостационарной орбиты определяется из приравнивания угловой скорости обращения спутника вокруг планеты с угловой скоростью самой планеты:

$$m \cdot \omega^2 \cdot R_{orb} = G \cdot \frac{M \cdot m}{R_{orb}^2}; R_{orb} = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M}{\omega^2}}$$

Масса планеты не дана, но её можно посчитать, зная ускорение свободного падения на планете:  $g = \frac{G \cdot M}{R^2} \Rightarrow G \cdot M = g \cdot R^2$ .

Отсюда

$$R_{orb} = \sqrt[3]{\frac{g \cdot R^2}{\omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{9.8 \cdot \left(\frac{40000000}{2 \cdot \pi}\right)^2}{\left(\frac{2 \cdot \pi}{24 \cdot 3600}\right)^2}} \approx 42191 \text{ км.}$$

Начальное полное ускорение станции направлено под углом  $45^\circ$  к её скорости, следовательно, начальное тангенциальное ускорение равно нормальному ускорению на этой геостационарной орбите. А оно, в свою очередь, равно:

$$a = \omega^2 \cdot R = \frac{42191 \cdot (2 \cdot \pi)^2}{(24 \cdot 3600)^2} \cdot 1000 = 0.223 \text{ м/с}^2$$

Таким образом, единица измерения ускорения на этом графике равна  $a = 0.223 \text{ м/с}^2$ .

Динамический акселерометр определяет только тангенциальное ускорение у этой станции, потому что нормальное ускорение компенсируется силой тяжести. Для моментов времени  $t > 2$  секунд среднее ускорение, измеряемое прибором, можно описать с помощью следующей формулы:  $a_{cp}(t) = a \cdot \left(\frac{t}{4} + 0.5\right)$ .

Среднее ускорение на участке, пройденном со второй секунды по секунду  $t$ , равно отношению разности скоростей к потраченному времени ( $t - 2$  секунды):

$$a_{\text{ср.пер}} = \frac{v(t) - v(2)}{t - 2}.$$

Так как на графике даны значения среднего ускорения, то:

$$v(t) = a \cdot \left( \frac{t}{4} + 0.5 \right) \cdot (t - 2) + v(2) = a \cdot \left( \frac{t^2}{4} - 1 \right) + v(2)$$

Чтобы получить отсюда ускорение, рассмотрим приращение за малое время  $\Delta t$  скорости:

$$a(t) = \frac{(v(t + \Delta t) - v(t))}{\Delta t} = \frac{a}{4} \cdot \frac{(t + \Delta t)^2 - t^2}{\Delta t} = \frac{a}{4} \cdot (2 \cdot t + \Delta t), \Delta t \rightarrow 0.$$

Отсюда получаем формулу для ускорения при  $t > 2$ :  $a(t) = 0.5 \cdot a \cdot t = 0.112 \cdot t$ .

**Ответ:**  $0.112 \cdot t$ .

### **Задача 1.2.10. (10 баллов)**

Автомобиль массы  $M$  кг развивает максимальную мощность 608 лошадиных сил и максимальную скорость 301 км/ч на ровной дороге.

Будем считать, что 1 л.с. = 0.74 кВт, а автомобиль тормозят постоянная и одинаковая во всех случаях сила трения о землю и сила сопротивления воздуха, пропорциональная квадрату скорости движения машины. Для изучения характеристик автомобиля был поставлен следующий эксперимент: автомобиль разогнался до скорости  $v_0$ , затем отключался двигатель и измерялся путь  $S$  автомобиля до полной остановки (без включения тормоза за отсутствием такового). Результаты эксперимента представлены в таблице:

$V_0$ , м/с	1,0	2,0	3,0	4,0	10,0	12,0	14,0	20,0
$S$ , м	1,6	6,4	14,4	25,6	154,2	219,8	280,2	510,5

Чему равен коэффициент пропорциональности  $\mu$  в силе сопротивления воздуха? Ответ дайте в  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$  с точностью до десятитысячных.

Укажите ответ для заданного значения  $M$ .

#### **Требования к числовым параметрам**

$M$  меняется в диапазоне от 2400 до 2500 кг, шаг 1 кг.

Точность ответа до  $0.0001 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ .

**Решение**

При малых скоростях путь линейно зависит от квадрата скорости, так как при них можно пренебречь сопротивлением воздуха:  $\frac{S}{V_0^2} = \frac{M}{2 \cdot F} = 1.6$ ;  $F = \frac{M}{3.2}$ .

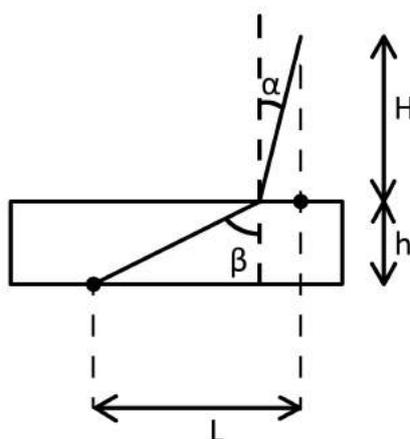
Коэффициент пропорциональности в выражении для силы сопротивления воздуха определим, зная максимальную скорость и мощность автомобиля. При равномерном движении с максимальной скоростью выполняется соотношение:

$$\frac{P_{max}}{V_{max}} = F + \mu \cdot V_{max}^2$$

Ответ:  $\left( \frac{608 \cdot 740}{301} - \frac{M}{3.2} \right) / \left( \frac{301}{3.6} \right)^2$ .

**1.3. Вторая попытка. Задачи 9 класса.****Задача 1.3.1. (20 баллов)**

Для определения положения облака, из которого ударила молния, под землей закопали датчик звука на глубине  $h = 5$  метров. Датчик зафиксировал две звуковые волны – первая пришла через время  $t_1$  после вспышки, вторая через время  $t_2$ . На какой высоте  $H$  находится это облако, если скорость звука в почве равна  $v_1 = 600$  м/сек, а скорость звука в воздухе  $v_2 = 330$  м/сек? В расчётах считать, что  $h \ll H$ ,  $h \ll L$ ,  $L > H$ , где  $L$  расстояние по горизонтали от датчика до точки находящейся непосредственно под местом откуда ударила молния. Первая звуковая волна пришла от места удара молнии о землю, вторая – из облака. Ответ дайте в метрах с точностью до десятков.



Укажите ответ для заданных параметров  $t_1$ ,  $t_2$ .

**Требования к числовым параметрам**

$t_1$  в пределах от 20 до 24 секунд, шаг 0.1 сек.

$t_2$  в пределах от 25 до 30 секунд, шаг 0.1 сек.

Точность ответа до 10 метров.

### Решение

Согласно принципу Ферма в оптике, свет движется из начальной точки в конечную по пути, соответствующем минимальному времени движения. Данный принцип можно применить для решения данной задачи, чтобы понять, как будет распространяться звук.

$$t_1 = \sqrt{\frac{h^2 + L^2}{v_1^2}}; h^2 + L^2 = v_1^2 t_1^2$$

$h \ll H$ , значит можно считать  $\beta \approx 90^\circ$ .  $\sin\beta \approx 1$ , следовательно,  $\sin\alpha \approx \frac{v_2}{v_1}$

$$t_2 = \frac{H}{v_2 \times \cos\alpha} + \frac{L - H \times \operatorname{tg}\alpha}{v_1}; \cos\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2}$$

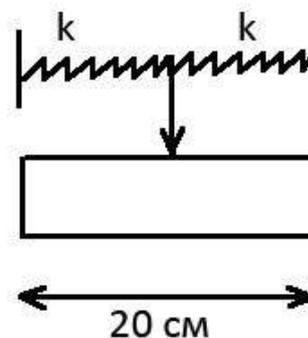
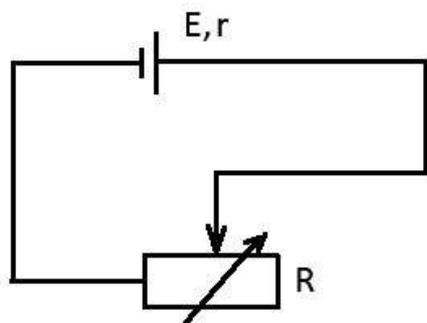
$h \ll L$ , значит  $L \approx v_1 t_1$ .  $t_2 v_2 \times \cos\alpha = H + L \frac{v_2}{v_1} \times \cos\alpha - H \frac{v_2}{v_1} \times \sin\alpha$   
 $H \times \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right) = v_2 \times \cos\alpha \times (t_2 - t_1)$

$$H = \frac{v_1 \times v_2 \times (t_2 - t_1)}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}}$$

Ответ:  $\frac{600 \cdot 330 \cdot (t_2 - t_1)}{\sqrt{600 \cdot 600 - 330 \cdot 330}}$ .

### Задача 1.3.2. (20 баллов)

Необходимо узнать характеристики акселерометра, не разбирая его. Известно, что акселерометр работает по схеме реостата. Когда возникает сила инерции, переключатель массы  $m$  грамм, закрепленная на пружинах и регулирующая реостат длиной 20 см, сдвигается влево или вправо в зависимости от направления ускорения. В положении равновесия переключатель расположена ровно посередине реостата.



По таблице измерений зависимости силы тока от ускорения акселерометра найдите величину коэффициента жесткости пружин, держащих переключку в приборе. Пружины одинаковые. Известно, что внутреннее сопротивление источника напряжения равно  $r = 1$  Ом, а напряжение равно  $E = 20$  В. Масса переключки  $m$ .

Сила тока, мА	18.16530427	16.65278934
Ускорение прибора, м/с <sup>2</sup>	10	20

Считать, что сопротивление активной части реостата прямо пропорционально её используемой длине (от переключки до левого края).

Пользуясь данными таблицы, определите величину  $k$  с точностью до 0.2 Н/м.

Укажите решение для заданного значения  $m$  г.

### Требования к числовым параметрам

$m$  в пределах от 100 до 500 грамм, шаг 1 грамм.

Точность ответа до 0.2 Н/м.

### Решение

Предположим, максимальное сопротивление реостата равно  $2 \cdot R_0$ . Тогда, когда переключка находится ровно посередине, оно будет равно  $R_0$ . А при сдвиге переключки в левую сторону на  $x$  — оно изменится пропорционально длине:  $R(x) = R_0 \cdot (1 + \frac{x}{0.1})$ . Здесь 0.1 — половина длины реостата. Запишем второй закон Ньютона для переключки:  $m \cdot a = 2 \cdot k \cdot x$ ;  $x = \frac{m \cdot a}{2 \cdot k}$ . По закону Ома:

$$\frac{E}{R+r}; R = R_0 \cdot \left(1 + \frac{m \cdot a}{2 \cdot k \cdot 0.1}\right); I = \frac{E}{r + R_0 + \frac{R_0 \cdot m \cdot a}{2 \cdot k \cdot 0.1}}$$

Используя таблицу:

$$\frac{18.16530427}{16.65278934} = \frac{1 + R_0 + \frac{R_0 \cdot m \cdot 20}{2 \cdot k \cdot 0.1}}{1 + R_0 + \frac{R_0 \cdot m \cdot 10}{2 \cdot k \cdot 0.1}}; \Rightarrow 1.51251493 \cdot (1 + R_0) = \frac{50 \cdot m \cdot R_0}{k} \cdot 15.1402441$$

$$1 + R_0 \approx \frac{R_0 \cdot m}{k} \cdot 500.5; 18.16530427 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + R_0 + 50) \cdot \frac{R_0 \cdot m}{k} = 20$$

$$(1 + R_0) \cdot \left(\frac{1 + 50}{500.5}\right) \approx 1101; R_0 \approx 1000; \frac{R_0 \cdot m}{k} = 2; k \approx 500 \cdot m \cdot \text{Н}/(\text{м} \cdot \text{кг})$$

Выражаем  $m$  в граммах, поэтому делим на 1000 в формуле:  $k \approx 0.5 \cdot m \cdot \text{Н}/(\text{м} \cdot \text{гр})$ .

**Ответ:**  $0.5 \cdot m$ .

### Задача 1.3.3. (20 баллов)

Космическое агентство решило разместить на астероиде, который ближе всего подходит к Солнцу в перигелии орбиты, космическую станцию. Список астероидов, из которых был проведен выбор, в таблице. Какая максимальная полезная мощность  $P$  может быть получена при прохождении перигелия на этой станции солнечными батареями, если площадь фотоэлементов на ней равна  $S$  м<sup>2</sup>, а КПД фотоэлемента  $N\%$ ?

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты $e^*$	Масса, кг
Веста	265	2,37	3,63	0,091	$3,0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8,3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,077	$8,7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,78	4,61	0,235	$3,2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2,8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,76	0,202	$1,4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1,1 \cdot 10^{18}$

1 астрономическая единица (а.е.) равна 149 597 870 700 метров. Земной год считать равным ровно 365 суток по 24 часа.

Мощность солнечного света попадающего на единицу поверхности на орбите Земли (солнечная постоянная) равна 1387 Вт/м<sup>2</sup>. Гравитационную постоянную считать равной  $6.67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг · с<sup>2</sup>), для упрощения расчётов все орбиты считать круговыми.

Эксцентриситет орбиты определяется по формуле:  $e = \sqrt{1 - b^2/a^2}$ , где  $b$  — малая полуось,  $a$  — большая полуось орбиты.

Укажите решение для заданных значений  $S$  м<sup>2</sup>,  $N\%$

#### Требования к числовым параметрам

$S$  в пределах от 100 до 200 м<sup>2</sup>, шаг 1 м<sup>2</sup>.

$N$  в пределах от 20 до 40%, шаг 1%.

Точность ответа до 1 Вт.

#### Решение

Малая полуось равна:  $b = a \cdot \sqrt{1 - e^2}$ ,  $\rho = a - \sqrt{a^2 - b^2} = a \cdot (1 - e)$  — расстояние до перигелия. Если смотреть табличные данные, то наименьшее оно у Гебы и равно:  $\rho = 1.93116$  а.е.

Мощность потока солнечных лучей на станции обратно пропорциональна квадрату расстояния до Солнца, поэтому:  $P = 1350 \cdot \left(\frac{1}{1.93116}\right)^2 \cdot S \cdot \frac{N}{100} = 3.719118 \cdot S \cdot N$ .

Ответ:  $3.719118 \cdot S \cdot N$ .

### Задача 1.3.4. (20 баллов)

Когда свет идёт из среды с положительным показателем преломления в среду с отрицательным, он отклоняется назад, оставаясь по ту же сторону нормали, что и падающий. Карандаш, опущенный в такую среду, будет казаться изогнутым наружу. Определите показатель преломления  $n < 0$  этой среды, если максимальный угол излома карандаша  $\varphi$ , поставленного из воздуха в эту среду (угол поворота изображения в среде относительно карандаша в воздухе) равен  $N$  градусов. Дайте ответ с точностью до десятых.

Считайте, что все остальные оптические свойства среды с отрицательным показателем преломления такие же, как и у среды с таким же по модулю положительным показателем.

Укажите решение для заданного значения  $N$ .

#### Требования к числовым параметрам

$N$  в пределах от 120 до 150 градусов, шаг  $0.10^\circ$ .

#### Решение

Этот угол определяется из условия полного внутреннего отражения:  $1 = n \cdot \sin\beta$ .



$$\varphi = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right); \frac{1}{n} = \cos(\varphi); n = \frac{1}{\cos(\varphi)}$$

Ответ:  $\frac{1}{\cos(x/57.325)}$ .

### Задача 1.3.5. (10 баллов)

Дополним мысленный эксперимент Рассела. Допустим, что где-то вокруг Солнца по круговой орбите вращается абсолютно черный сферический литровый чайник, полностью заполненный водой. Температура воды в чайнике достигла  $99^\circ C$  и не изменяется. Оцените за какое время остыла бы на  $t^\circ$  вода в точно таком же чайнике, находящемся на орбите радиус которой в  $k$  раз больше. Начальная температура воды во втором чайника так же  $99^\circ C$ . Теплоемкостью и толщиной стенок самого

чайника можно пренебречь, так же как наличием у него носика и ручек. Чайник герметично закрыт. Ответ приведите в секундах, с точностью до целых.

Известно, что абсолютно черные тела излучают энергию в окружающее пространство согласно закону Стефана-Больцмана:  $P = \sigma T^4$ , где  $P$  – это мощность излучаемая с единицы площади поверхности тела,  $T$  – его абсолютная температура, а  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup> · К<sup>4</sup>) – постоянная Больцмана. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг · К.

Укажите решение для заданных значений  $k$ ,  $t$ .

### **Требования к числовым параметрам**

$K$  от 2 до 5 с шагом 0.5

$t$  от 0.2 до 1.5 с шагом 0.1

Допустимая погрешность ответа 3 секунды.

### **Решение**

Мощность получаемая телом от Солнца на исходной орбите должна быть равна мощности излучения тела. Мощность излучения тела при остывании на 1 градус изменится незначительно (порядка 1 – 2Вт, чтобы учесть, возможную большую точность ответа участников диапазон ответа увеличен), а мощность получаемого тепла упадет пропорционально квадрату  $k$ . Соответственно, искомое время

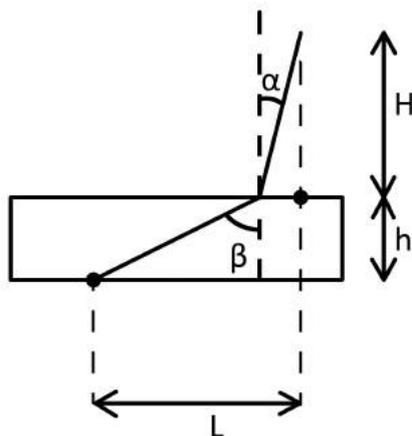
$$\tau = \frac{4200 \cdot t \cdot 1}{4\pi r^2 \sigma T^4 (1 - \frac{1}{k^2})} = \frac{4200 \cdot t}{(52.5 \cdot (1 - \frac{1}{k^2}))}$$

Ответ:  $\frac{4200 \cdot t}{52.5 \cdot (1 - \frac{1}{k^2})}$ .

## **1.4. Вторая попытка. Задачи 10-11 класса.**

### **Задача 1.4.1. (10 баллов)**

Для определения положения облака, из которого ударила молния, под землей закопали датчик звука на глубине  $h = 5$  метров. Датчик зафиксировал две звуковые волны – первая пришла через время  $t_1$  после вспышки, вторая через время  $t_2$ . На какой высоте  $H$  находится это облако, если скорость звука в почве равна  $v_1 = 600$  м/сек, а скорость звука в воздухе  $v_2 = 330$  м/сек? В расчётах считать, что  $h \ll H$ ,  $h \ll L$ ,  $L > H$ , где  $L$  расстояние по горизонтали от датчика до точки находящейся непосредственно под местом откуда ударила молния. Первая звуковая волна пришла от места удара молнии о землю, вторая – из облака. Ответ дайте в метрах с точностью до десятков.



Укажите ответ для заданных параметров  $t_1$ ,  $t_2$ .

### Требования к числовым параметрам

$t_1$  в пределах от 20 до 24 секунд, шаг 0.1 сек.

$t_2$  в пределах от 25 до 30 секунд, шаг 0.1 сек.

Точность ответа до 10 метров.

### Решение

Согласно принципу Ферма в оптике, свет движется из начальной точки в конечную по пути, соответствующем минимальному времени движения. Данный принцип можно применить для решения данной задачи, чтобы понять, как будет распространяться звук.

$$t_1 = \sqrt{\frac{h^2 + L^2}{v_1^2}}; h^2 + L^2 = v_1^2 t_1^2$$

$h \ll H$ , значит можно считать  $\beta \approx 90^\circ$ .  $\sin\beta \approx 1$ , следовательно,  $\sin\alpha \approx \frac{v_2}{v_1}$

$$t_2 = \frac{H}{v_2 \times \cos\alpha} + \frac{L - H \times \operatorname{tg}\alpha}{v_1}; \cos\alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2}$$

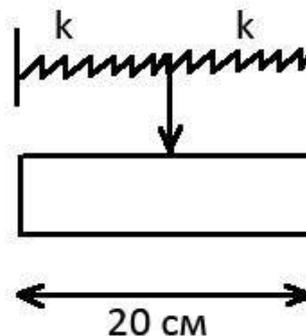
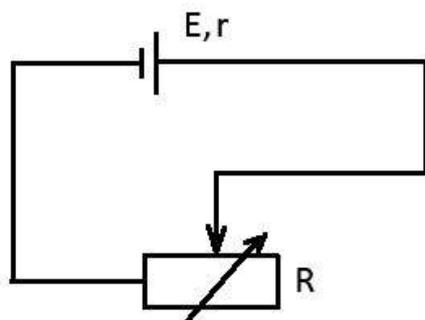
$h \ll L$ , значит  $L \approx v_1 t_1$ .  $t_2 v_2 \times \cos\alpha = H + L \frac{v_2}{v_1} \times \cos\alpha - H \frac{v_2}{v_1} \times \sin\alpha$   
 $H \times \left(1 - \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2\right) = v_2 \times \cos\alpha \times (t_2 - t_1)$

$$H = \frac{v_1 \times v_2 \times (t_2 - t_1)}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}}$$

Ответ:  $\frac{600 \cdot 330 \cdot (t_2 - t_1)}{\sqrt{600 \cdot 600 - 330 \cdot 330}}$ .

### Задача 1.4.2. (10 баллов)

Необходимо узнать характеристики акселерометра, не разбирая его. Известно, что акселерометр работает по схеме реостата. Когда возникает сила инерции, переключатель массы  $m$  грамм, закрепленная на пружинах и регулирующая реостат длиной 20 см, сдвигается влево или вправо в зависимости от направления ускорения. В положении равновесия переключатель расположена ровно посередине реостата.



По таблице измерений зависимости силы тока от ускорения акселерометра найдите величину коэффициента жесткости пружин, держащих переключатель в приборе. Пружины одинаковые. Известно, что внутреннее сопротивление источника напряжения равно  $r = 1$  Ом, а напряжение равно  $E = 20$  В. Масса переключателя  $m$ .

Сила тока, мА	18.16530427	16.65278934
Ускорение прибора, м/с <sup>2</sup>	10	20

Считать, что сопротивление активной части реостата прямо пропорционально её используемой длине (от переключателя до левого края).

Пользуясь данными таблицы, определите величину  $k$  с точностью до 0.2 Н/м.

Укажите решение для заданного значения  $m$  г.

#### Требования к числовым параметрам

$m$  в пределах от 100 до 500 грамм, шаг 1 грамм.

Точность ответа до 0.2 Н/м.

#### Решение

Предположим, максимальное сопротивление реостата равно  $2 \cdot R_0$ . Тогда, когда переключатель находится ровно посередине, оно будет равно  $R_0$ . А при сдвиге переключателя в левую сторону на  $x$  – оно изменится пропорционально длине:  $R(x) = R_0 \cdot \left(1 + \frac{x}{0.1}\right)$ . Здесь 0.1 – половина длины реостата. Запишем второй закон Ньютона для переключателя:  $m \cdot a = 2 \cdot k \cdot x$ ;  $x = \frac{m \cdot a}{2 \cdot k}$ . По закону Ома:

$$\frac{E}{R+r}; R = R_0 \cdot \left(1 + \frac{m \cdot a}{2 \cdot k \cdot 0.1}\right); I = \frac{E}{r + R_0 + \frac{R_0 \cdot m \cdot a}{2 \cdot k \cdot 0.1}}$$

Используя таблицу:

$$\frac{18.16530427}{16.65278934} = \frac{1 + R_0 + \frac{R_0 \cdot m \cdot 20}{2 \cdot k \cdot 0.1}}{1 + R_0 + \frac{R_0 \cdot m \cdot 10}{2 \cdot k \cdot 0.1}}; \Rightarrow 1.51251493 \cdot (1 + R_0) = \frac{50 \cdot m \cdot R_0}{k} \cdot 15.1402441$$

$$1 + R_0 \approx \frac{R_0 \cdot m}{k} \cdot 500.5; 18.16530427 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + R_0 + 50) \cdot \frac{R_0 \cdot m}{k} = 20$$

$$(1 + R_0) \cdot \left( \frac{1 + 50}{500.5} \right) \approx 1101; R_0 \approx 1000; \frac{R_0 \cdot m}{k} = 2; k \approx 500 \cdot m \cdot \text{Н}/(\text{м} \cdot \text{кг})$$

Выражаем  $m$  в граммах, поэтому делим на 1000 в формуле:  $k \approx 0.5 \cdot m \cdot \text{Н}/(\text{м} \cdot \text{гр})$ .

Ответ:  $0.5 \cdot m$ .

### Задача 1.4.3. (10 баллов)

Космическое агентство решило разместить на астероиде, который ближе всего подходит к Солнцу в перигелии орбиты, космическую станцию. Список астероидов, из которых был проведен выбор, в таблице. Какая максимальная полезная мощность  $P$  может быть получена при прохождении перигелия на этой станции солнечными батареями, если площадь фотоэлементов на ней равна  $S \text{ м}^2$ , а КПД фотоэлемента  $N\%$ ?

Название астероида	Примерный радиус астероида, км	Большая полуось орбиты, а.е.	Период обращения вокруг Солнца, земных лет	Эксцентриситет орбиты $e^*$	Масса, кг
Веста	265	2,37	3,63	0,091	$3,0 \cdot 10^{20}$
Эвномия	136	2,65	4,30	0,185	$8,3 \cdot 10^{18}$
Церера	466	2,78	4,60	0,077	$8,7 \cdot 10^{20}$
Паллада	261	2,78	4,61	0,235	$3,2 \cdot 10^{20}$
Юнона	123	2,68	4,36	0,256	$2,8 \cdot 10^{19}$
Геба	100	2,42	3,76	0,202	$1,4 \cdot 10^{19}$
Аквитания	54	2,79	4,53	0,238	$1,1 \cdot 10^{18}$

1 астрономическая единица (а.е.) равна 149 597 870 700 метров. Земной год считать равным ровно 365 суток по 24 часа.

Мощность солнечного света попадающего на единицу поверхности на орбите Земли (солнечная постоянная) равна  $1387 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Гравитационную постоянную считать равной  $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ , для упрощения расчётов все орбиты считать круговыми.

Эксцентриситет орбиты определяется по формуле:  $e = \sqrt{1 - b^2/a^2}$ , где  $b$  — малая полуось,  $a$  — большая полуось орбиты.

Укажите решение для заданных значений  $S \text{ м}^2$ ,  $N\%$

**Требования к числовым параметрам**

$S$  в пределах от 100 до 200 м<sup>2</sup>, шаг 1 м<sup>2</sup>.

$N$  в пределах от 20 до 40%, шаг 1%.

Точность ответа до 1 Вт.

**Решение**

Малая полуось равна:  $b = a \cdot \sqrt{1 - e^2}$ ,  $\rho = a - \sqrt{a^2 - b^2} = a \cdot (1 - e)$  – расстояние до перигелия. Если смотреть табличные данные, то наименьшее оно у Гебы и равно:  $\rho = 1.93116$  а.е.

Мощность потока солнечных лучей на станции обратно пропорциональна квадрату расстояния до Солнца, поэтому:  $P = 1350 \cdot \left(\frac{1}{1.93116}\right)^2 \cdot S \cdot \frac{N}{100} = 3.719118 \cdot S \cdot N$ .

**Ответ:**  $3.719118 \cdot S \cdot N$ .

**Задача 1.4.4. (10 баллов)**

Когда свет идёт из среды с положительным показателем преломления в среду с отрицательным, он отклоняется назад, оставаясь по ту же сторону нормали, что и падающий. Карандаш, опущенный в такую среду, будет казаться изогнутым наружу. Определите показатель преломления  $n < 0$  этой среды, если максимальный угол излома карандаша  $\varphi$ , поставленного из воздуха в эту среду (угол поворота изображения в среде относительно карандаша в воздухе) равен  $N$  градусов. Дайте ответ с точностью до десятых.

Считайте, что все остальные оптические свойства среды с отрицательным показателем преломления такие же, как и у среды с таким же по модулю положительным показателем.

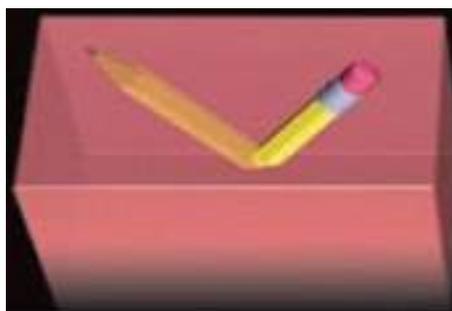
Укажите решение для заданного значения  $N$ .

**Требования к числовым параметрам**

$N$  в пределах от 120 до 150 градусов, шаг 0.10°.

**Решение**

Этот угол определяется из условия полного внутреннего отражения:  $1 = n \cdot \sin\beta$ .



$$\varphi = 90^\circ - \arcsin\left(\frac{1}{n}\right); \frac{1}{n} = \cos(\varphi); n = \frac{1}{\cos(\varphi)}$$

Ответ:  $\frac{1}{\cos(x/57.325)}$ .

### Задача 1.4.5. (10 баллов)

Дополним мысленный эксперимент Рассела. Допустим, что где-то вокруг Солнца по круговой орбите вращается абсолютно черный сферический литровый чайник, полностью заполненный водой. Температура воды в чайнике достигла  $99^\circ\text{C}$  и не изменяется. Оцените за какое время остыла бы на  $t^\circ$  вода в точно таком же чайнике, находящемся на орбите радиус которой в  $k$  раз больше. Начальная температура воды во втором чайника так же  $99^\circ\text{C}$ . Теплоемкостью и толщиной стенок самого чайника можно пренебречь, так же как наличием у него носика и ручек. Чайник герметично закрыт. Ответ приведите в секундах, с точностью до целых.

Известно, что абсолютно черные тела излучают энергию в окружающее пространство согласно закону Стефана-Больцмана:  $P = \sigma T^4$ , где  $P$  – это мощность излучаемая с единицы площади поверхности тела,  $T$  – его абсолютная температура, а  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup> · К<sup>4</sup>) – постоянная Больцмана. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг · К.

Укажите решение для заданных значений  $k$ ,  $t$ .

#### Требования к числовым параметрам

$k$  от 2 до 5 с шагом 0.5

$t$  от 0.2 до 1.5 с шагом 0.1

Допустимая погрешность ответа 3 секунды.

#### Решение

Мощность получаемая телом от Солнца на исходной орбите должна быть равна мощности излучения тела. Мощность излучения тела при остывании на 1 градус изменится незначительно (порядка 1 – 2Вт, чтобы учесть, возможную большую точность ответа участников диапазон ответа увеличен), а мощность получаемого тепла упадет пропорционально квадрату  $k$ . Соответственно, искомое время

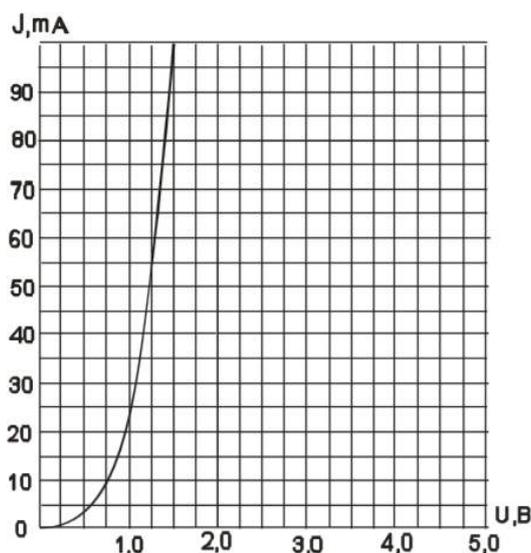
$$\tau = \frac{4200 \cdot t \cdot 1}{4\pi r^2 \sigma T^4 \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)} = \frac{4200 \cdot t}{\left(52.5 \cdot \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)\right)}$$

Ответ:  $\frac{4200 \cdot t}{52.5 \cdot \left(1 - \frac{1}{k^2}\right)}$ .

### Задача 1.4.6. (10 баллов)

На графике изображена вольт-амперная характеристика диода. При последовательном подсоединении диода к источнику ЭДС и реостату обнаружилось, что максимальное значение тепловыделения на реостате достигается при  $I = 55$  мА. Чему

равно ЭДС этого источника  $E$ , если его внутреннее сопротивление равно  $r$ ? Ответ дайте в вольтах с точностью до десятых.



Укажите решение для заданного значения  $r$  Ом.

### **Требования к числовым параметрам**

$r$  в пределах от 1 до 5 Ом, шаг 0.2 Ом.

### **Решение**

По графику видим, что этот ток соответствует значению сопротивления  $R = 1.2/0.055 = 21.82$  Ом. Максимальное тепловыделение на реостате достигается, когда его сопротивление равно сумме  $r + R$ . Тогда  $E = I \cdot (r + R) \cdot 2$ .

**Ответ:**  $0.055 \cdot (r + 21.82) \cdot 2$ .

### **Задача 1.4.7. (10 баллов)**

Видеокамера наблюдения крепится тремя присосками в углу комнаты к двум стенам и потолку (стены вертикальные, потолок горизонтальный). Каждую присоску можно считать идеально герметичной и абсолютно плотно примыкающей к поверхности, имеющей в прижатом состоянии форму диска радиуса  $R$ . Каков максимальный вес камеры, которую можно цеплять, если коэффициент трения присосок о стены и пол равен  $f$ , атмосферное давление равно  $10^5$  Па, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Считать, что сила присасывания перпендикулярна поверхности и зависит только от давления. Ответ дайте в ньютонах с точностью до десятых.

Укажите ответ для заданных значений  $R$  мм,  $f$ .

### **Требования к числовым параметрам**

$R$  в пределах от 20 до 30 мм, шаг 0,1 мм;

$f$  в пределах от 0.3 до 0.5, шаг 0.01;

Точность ответа  $m_{max}$ : до 0.1 Н.

### Решение

Пусть  $F$  – сила присасывания,  $T$  – реакция троса.

$$mg = T + 2F_{тр} \quad T = F; \quad F_{тр} \leq fF; \quad F = p \times \pi R^2$$

$$mg \leq F \times (1 + 2f); \quad m_{max} = \frac{F}{g}(1 + 2f) = \frac{p\pi R^2}{g} \times (1 + 2f)$$

Ответ:  $\frac{0.1 \cdot 3.14 \cdot R^2}{10} \cdot (1 + 2 \cdot f)$ .

### Задача 1.4.8. (10 баллов)

Солнечные электростанции башенного типа состоят из башни коллектора и группы зеркал гелиостатов, которые непрерывно поворачиваются так, чтобы солнечный свет отражался на башню коллектор. Пусть наша электростанция состоит из  $N$  зеркал, каждое с площадью  $S$  м<sup>2</sup>, будем считать эти зеркала идеальными и отражающими на одну и ту же плоскую поверхность так, что в каждый момент солнечные зайчики от всех зеркал совпадают. Оцените во сколько раз освещенность плоской поверхности в коллекторе отличается от максимальной освещенности, которую можно получить от Солнца с помощью линзы диаметром  $d$  см, если фокусное расстояние линзы 2 см. Найдите  $E_{\text{зеркал}}/E_{\text{линзы}}$  с точностью до десятых.

Считайте, что свет от зеркал не рассеивается и не поглощается при прохождении расстояния до коллектора. Угловой размер Солнца – 0,01 рад.

Укажите решение для заданных значений  $N$ ,  $S$  м<sup>2</sup>,  $d$  см.

### Требования к числовым параметрам

$N$  меняется от 10000 до 10000 с шагом в 1000

$S$  от 1 до 10 с шагом в 1 м<sup>2</sup>

$d$  от 0.05 до 0.1 с шагом в 0.01

### Решение

Диаметр изображения Солнца в фокальной плоскости линзы равен  $D = F\alpha$ , где  $\alpha$  – угловой размер Солнца. Тогда освещенность изображения, создаваемого линзой равна:  $E_{\text{линзы}} = E \cdot \frac{d^2}{F^2 \cdot \alpha^2}$ , где  $E$  – освещенность поверхности зеркала или линзы.

Считая, что все отражение от зеркала попадает на поверхность, освещенность поверхности от  $N$  зеркал будет равна  $E_{\text{зеркал}} = N \cdot E$

Отсюда ответ:  $K = N \cdot 4 \cdot 0.0001/d^2$

Ответ:  $N \cdot 4 \cdot 0.0001/d^2$ .

### Задача 1.4.9. (10 баллов)

Два известных германских астронома, Хеллер и Михаэль Хипшке, предложили вариант путешествия к альфе Центавра, которое позволит микрозонду выйти на орбиту этой тройной звездной системы и, при желании, вернуться назад на Землю.

Ключом к реализации этой задачи является гигантский солнечный парус площадью примерно в  $S = 100$  тысяч квадратных метров, изготовленный из сверхлегкого материала – графена, волокна из нанотрубок или других «плоских» субстанций. Такой парус сможет достичь альфы Центавра примерно за 90 лет. При достаточно большом удалении от Солнца можно не учитывать гравитационное притяжение в уравнении движения и учитывать только световое давление.

Считая, что только часть падающих на парус фотонов поглощаются парусом, а остальные отражаются зеркально назад, оцените, во сколько раз сила давления, которую оказывают на парус солнечные лучи, на расстоянии  $L$  от Солнца, больше силы гравитационного притяжения к Солнцу. Ответ дайте в виде числа с точностью до десятков.

Энергия  $E$  и импульс фотона  $p$  связаны соотношением  $E = c \cdot p$ , где  $c$  – скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$  м/с. Мощность солнечного света, попадающего на единицу поверхности на орбите Земли (солнечная постоянная) равна  $q = 1387$  Вт/м<sup>2</sup>. Силу гравитационного притяжения Солнца при решении задачи оценивать из приближения, что Земля вращается вокруг Солнца с периодом ровно 365 суток по 24 часа по круговой орбите. Масса микрозонда вместе с парусом равна 10 грамм. Одну астрономическую единицу принять равной ровно 150 миллионов километров.

Доля фотонов поглощенных парусом  $x\%$ , расстояние от зонда до Солнца  $L$  а.е.

#### Требования к числовым параметрам

$N$  в пределах от 1000 до 5000, шаг 1.

$x$  в пределах от 80 до 100%, шаг 1%.

Точность ответа до 10.

#### Решение

Сначала найдём силу гравитационного притяжения. Она обратно пропорциональна квадрату расстояния до Солнца, а на расстоянии, равном одной астрономической единице, она равна центробежной силе, то есть:

$$F_{\text{солн}} = \frac{m}{N^2} \cdot \frac{v^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R \cdot m}{T^2 \cdot N^2}.$$

Теперь найдём силу давления солнечного света. Мощность солнечного света, попадающего на единицу поверхности паруса, обратно пропорциональна квадрату расстояния до Солнца. Если фотон поглощается, то по закону сохранения импульса импульс фотона прибавляется к солнечному парусу, а если зеркально отражается – то прибавляется удвоенный импульс фотона:

$$\Delta \frac{E}{c} \left( \frac{x}{100} + 2 \cdot \left( 1 - \frac{x}{100} \right) \right) = \frac{E}{c} \left( 2 - \frac{x}{100} \right); F_{\text{свет}} = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{q \cdot S}{c \cdot N^2} \left( 2 - \frac{x}{100} \right)$$

Тогда получаем:

$$F_{\text{свет}}/F_{\text{солн}} = \frac{q \cdot S \cdot T^2}{4 \cdot c \cdot \pi^2 \cdot R \cdot m} \left(2 - \frac{x}{100}\right) = \frac{1387 \cdot 10^5 \cdot (365 \cdot 24 \cdot 3600)^2}{4 \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 3.14159^2 \cdot 1.5 \cdot 10^{11} \cdot 0.01} \cdot \left(2 - \frac{x}{100}\right) \approx 7764.58 \cdot \left(2 - \frac{x}{100}\right)$$

Ответ:  $7764.58 \cdot \left(2 - \frac{x}{100}\right)$ .

### Задача 1.4.10. (10 баллов)

Батискаф спускают на дно океана с корабля, а потом он начинает подниматься с выключенным двигателем. Для регулирования устоявшейся скорости всплытия сбрасывают балласт.

В таблице показана устоявшаяся скорость движения вверх при разном количестве сброшенного балласта.

$\Delta m$ , тонн	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$V_{\text{уст}}$ , м/с	0	0	0,2247	0,5811	0,8708	1,1213	1,3452	1,5495

В расчётах можно считать, что сила сопротивления движению состоит из двух частей – трения, пропорционального скорости, и аэродинамического сопротивления, пропорционального квадрату скорости, а объём батискафа не меняется при подъёме.

Сколько балласта  $\Delta m$  нужно сбросить, чтобы установилась скорость  $V$  м/с? Ответ дайте в тоннах, с точностью до сотых.

Укажите условие для заданного значения  $V$  м/с

#### Требования к числовым параметрам

$$V = N + x,$$

$N$  в пределах от 3 до 8, шаг 1,

$x$  в пределах от 0.3 до 0.7, шаг 0.01.

Ответ  $\Delta m$  с точностью до 0.01 тонн.

#### Решение

Устоявшаяся скорость движения означает, что ускорение равно нулю. Решение этого квадратного уравнения в общем виде имеет вид:  $v = -A + \sqrt{B - C \cdot m}$ .

Так как  $m = m_0 - \Delta m$ , где  $m_0$  – начальная масса вместе с полным балластом, а при полной загрузке, судя по таблице, батискаф не поднимается, то можно записать:

$$v = -A + \sqrt{p \cdot \Delta m - q}, \quad p \cdot \Delta m = q + (v + A)^2, \quad A, p, q > 0$$

Используя табличные данные, можно определить все эти коэффициенты. Например, запишем для трёх соседних столбцов из таблицы:

$$\begin{cases} p \cdot \Delta m_1 = q + (v_1 + A)^2 \\ p \cdot \Delta m_2 = q + (v_2 + A)^2 \\ p \cdot \Delta m_3 = q + (v_3 + A)^2 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} p \cdot \Delta m_2 - \Delta m_1 = v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot A \cdot (v_2 - v_1) \\ p \cdot \Delta m_3 - \Delta m_2 = v_3^2 - v_2^2 + 2 \cdot A \cdot (v_3 - v_2) \end{cases} \Rightarrow$$

$$0 = v_3^2 + v_1^2 - 2 \cdot v_2^2 + 2 \cdot A \cdot (v_3 + v_1 - 2 \cdot v_2)$$

$$A = -\frac{1}{2} \cdot \frac{v_3^2 + v_1^2 - 2 \cdot v_2^2}{v_3 + v_1 - 2 \cdot v_2}; p = \frac{v_2^2 - v_1^2 + 2 \cdot A \cdot (v_2 - v_1)}{\Delta m_2 - \Delta m_1}; q = p \cdot \Delta m_1 - (v_1 + A)^2$$

Запишем результаты, посчитанные по разным соседним тройкам столбцов:

Столбцы	3-4-5	4-5-6	5-6-7	6-7-8
A	1.00021	1.0007	1.00053	0.998415
P	1.00049	1.00042	1.00029	0.99934
q	1.50107	1.49959	1.49957	1.50285

Таким образом, можно положить  $p = 1$ ,  $A = 1$ ,  $q = 1.5$ , погрешность вычисления коэффициентов не больше 0.2% (самый худший результат получается в третьем столбце).

Тогда  $\Delta m = 1.5 + (V + 1)^2$  – итоговая формула.

**Ответ:**  $1.5 + (V + 1)^2$ .

## 1.5. Третья попытка. Задачи 9 класса.

### Задача 1.5.1. (20 баллов)

Беспилотный автомобиль рассчитал скоростной режим движения между городами. В таблице указаны средние скорости и соответствующие промежутки времени, которые автомобиль эти скорости сохраняет.

T, мин	60	120	180	30	25	35	25	5	35	40	50	20	15	65	15	10	25	35	50	10	15	15	N
V, км/ч	60	40	50	55	45	65	34	20	75	50	60	80	40	32	28	20	45	50	60	30	40	50	V

В результате автомобиль оказывается в пункте назначения.

Однако в системе управления произошёл сбой, и перепутались местами значения скоростей для всех этих 23 временных интервалов. Определите, сколько километров до места назначения мог не доехать автомобиль в самом худшем случае и выведите в ответ время T в минутах, за которое он проедет это расстояние со скоростью V. Ответ дайте в минутах с точностью до 0.5 минуты.

Укажите ответ для заданных значений V км/ч, N мин.

**Требования к числовым параметрам**

$V$  в пределах от 90 до 120 км/ч, шаг 0.1 км/ч.

$N$  в пределах от 1 до 4 минут, шаг 1 минута.

Точность ответа до 0.1 минуты.

**Решение**

Рассчитаем сначала, какое расстояние до города:

$$L = 1 \cdot 60 + 2 \cdot 40 + 3 \cdot 50 + 55 \cdot 3060 + 45 \cdot 2560 + 65 \cdot 3560 + 34 \cdot 2560 + 20 \cdot 560 + 75 \cdot 3560 + 50 \cdot 4060 + \\ + 60 \cdot 5060 + 80 \cdot 2060 + 40 \cdot 1560 + 32 \cdot 6560 + 28 \cdot 1560 + 20 \cdot 1060 + 45 \cdot 2560 + 50 \cdot 3560 + 60 \cdot 5060 + \\ + 30 \cdot 1060 + 40 \cdot 1560 + 50 \cdot 1560 + N \cdot X60 = 72416 + N \cdot X60$$

Самый худший случай соответствует ситуации, когда более длинные интервалы автомобиль проходил с меньшими скоростями.

Отсортируем времена:

$$[N, 5, 10, 10, 15, 15, 15, 15, 20, 25, 25, 25, 30, 35, 35, 35, 40, 50, 50, 60, 65, 120, 180]$$

Отсортируем скорости в обратном порядке:

$$[X, 80, 75, 65, 60, 60, 60, 55, 50, 50, 50, 50, 45, 45, 40, 40, 40, 34, 32, 30, 28, 20, 20]$$

Посчитаем сумму произведений соответствующих величин и поделим на 60:

$$L_{min} = 50513 + N \cdot X60; d = 21856$$

$$\text{Отсюда ответ: } T = 21856X \cdot 60 = \frac{13130}{V}$$

**Ответ:**  $\frac{13130}{V}$ .

**Задача 1.5.2. (20 баллов)**

В таблице показана зависимость напряжения аккумуляторной батареи и плотности электролита от процента заряда в ней. В мастерской оказалось 10 батарей с зарядом 95%, 5 батарей с зарядом 65%, 3 батареи с зарядом 25%, 2 батареи с зарядом 40%.

Заряд батареи %	Напряжение V	Плотность электролита
100	12.70	1.265
95	12.64	1.257
90	12.58	1.249
85	12.52	1.241
80	12.46	1.233
75	12.40	1.225
70	12.36	1.218
65	12.32	1.211
60	12.28	1.204
55	12.24	1.197
50	12.20	1.190
45	12.16	1.183
40	12.12	1.176
35	12.08	1.169
30	12.04	1.162
25	12.00	1.155
20	11.98	1.148
15	11.96	1.141
10	11.94	1.134
5	11.92	1.127
0	11.90	1.120

Кроме того, там же оказалось 8 ламп с сопротивлением нитей накала  $X$  Ом и 12 ламп с сопротивлением нитей накала  $Y$  Ом. К каждой лампе требуется поставить аккумулятор так, чтобы суммарное освещение (и, соответственно, выделяемая мощность) было максимальным. Чему станет равна суммарная выделяемая мощность в лампах в этот момент?

Сопротивление батарей много меньше  $X$  и  $Y$ . Ответ дайте в ваттах с точностью до десятых.

Укажите решение для заданных значений  $X$  Ом,  $Y$  Ом

### *Требования к числовым параметрам*

$X$  в пределах от 11 до 15 Ом, шаг 0.1 Ом;

$Y$  в пределах от 7 до 10 Ом, шаг 0.1 Ом;

Точность ответа до 0.1 Ом.

### *Решение*

Чтобы мощность стала максимальной, требуется поставить батареи с большим напряжением к лампам с меньшим сопротивлением и наоборот. Тогда, по таблице:

$$P = \frac{10 \cdot 12.64^2}{Y} + \frac{2 \cdot 12.32^2}{Y} + \frac{3 \cdot 12.32^2}{X} + \frac{3 \cdot 12.00^2}{X} + \frac{2 \cdot 12.12^2}{X}$$

Ответ:  $\frac{10 \cdot 12.64^2}{Y} + \frac{2 \cdot 12.32^2}{Y} + \frac{3 \cdot 12.32^2}{X} + \frac{3 \cdot 12.00^2}{X} + \frac{2 \cdot 12.12^2}{X}$ .

### Задача 1.5.3. (20 баллов)

На орбите одного из перечисленных в таблице спутников планет Солнечной системы, находится исследовательская станция. Известно, что период обращения станции вокруг этого спутника на орбите высотой 100 км минимальный из всех возможных для станций, вращающихся вокруг спутников, приведенных в таблице, по такой орбите.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	3,35	2038	Земля
Фобос	-12	9,38	2,20	11	Марс
Ио	1815	422,6	3,57	2560	Юпитер
Европа	1569	670,9	2,97	2040	Юпитер
Каллисто	2400	1883	1,86	2420	Юпитер
Титан	2575	1221,9	1,88	2640	Сатурн
Оберон	761	587,0	1,50	770	Уран
Тритон	1350	355,0	2,08	1450	Нептун

Спутник проведет на орбите  $N$  периодов обращения.

Пренебрегая гравитационным действием других тел, кроме этого спутника, а также считая орбиту круглой и спутник шаром, вычислите, сколько земных суток станция проведет на орбите.

Ответ приведите в сутках с точностью до целых.

Укажите решение для заданного значения  $N$

#### Требования к числовым параметрам

$N$  в пределах от 200 до 1000, шаг 20;

Точность ответа до 1 суток.

#### Решение

Для того, чтобы период обращения был минимальным, должно быть минимальным отношение суммы радиуса спутника и высоты орбиты к первой космической скорости на этой высоте. Вторая космическая скорость  $v_2 = \sqrt{2G\frac{M}{R}}$ , а первая  $v_1 = \sqrt{G\frac{M}{R+h}} = \frac{v_2}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{R}{R+h}}$ .

Тогда период равен:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot (R + h)}{v_1} = \frac{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot (R + h)}{v_2} \cdot \sqrt{\frac{R + h}{R}}$$

Максимальный он для Ио, и равен:  $T \approx 6827.63$  сек.

**Ответ:**  $0.0790 \cdot N$ .

### Задача 1.5.4. (20 баллов)

Суперлинзой Веселаго называют плоскопараллельную пластинку из вещества с отрицательным показателем преломления, которая работает как линза, если предмет находится вблизи её и имеет небольшие размеры в сравнении с её толщиной.

Найдите расстояние между изображениями светящейся точки в суперлинзе, если толщина её равна  $d$  см, расстояние до светящейся точки от ближайшего края суперлинзы равно  $x$  см, а показатель преломления линзы Веселаго равен  $n < 0$ . Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Укажите решение для заданных значений  $n$ ,  $d$  см,  $x$  см.

#### Требования к числовым параметрам

$n$  в пределах от -2.5 до -1.5, шаг 0.1;

$d$  в пределах от 10 см до 20 см, шаг 1 см;

$x$  в пределах от 1 см до 2 см, шаг 0.1 см.

#### Решение

Пусть угол падения равен  $\alpha$ . Тогда луч, пройдя по горизонтали на расстояние  $x$  до линзы, по вертикали поднимется на  $x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$ . Далее он пойдёт к нормали под углом  $\beta$ , который определяется по закону преломления:  $\sin\beta = \left| \frac{\sin\alpha}{n} \right|$ . Далее он опустится на величину, равную  $d \cdot \operatorname{tg}(\beta)$ . По пути пересечёт другие лучи в точке  $C$  и создаст первое изображение, на расстоянии  $x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \operatorname{ctg}(\beta)$  от левого края линзы. Потом выйдет из линзы снова под углом  $\alpha$  и ему останется подняться на величину  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha))$ , а по горизонтали это будет  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha)$ . Итак, получаем:

$$AB = d + x + d \cdot \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\operatorname{tg}(\alpha)} - x \approx d \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$$

$$AC = x + x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \operatorname{ctg}(\beta) \approx x \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{\beta} \right) \approx x \cdot (1 - n);$$

$$CB = d \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right) - x \cdot (1 - n)$$

**Ответ:**  $d \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right) - x \cdot (1 - n)$ .

### Задача 1.5.5. (20 баллов)

Цилиндр из свинца, находящийся в вертикальном теплоизолирующем кожухе поддерживают снизу при температуре  $T_1$ , а сверху при температуре  $T_2$ . Часть свинца расплавилась. Найдите высоту слоя расплавленного свинца, если общая высота цилиндра  $L$ . Считайте, что теплопроводности жидкого и твердого свинца постоянны и равны соответственно 15.5 Вт/(м·К) у жидкого и 31.6 Вт/(м·К) у твердого. Температура плавления свинца 600К. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Укажите решение для указанных значений  $T_1$  К,  $T_2$  К,  $L$  см.

**Требования к числовым параметрам**

$T_1$  от 550 до 570, шаг 1

$T_2$  от 630 до 650, шаг 1

$L$  от 30 до 50, шаг 1

**Решение**

Температура на границе раздела твердого и жидкого состояний равна температуре плавления свинца. Запишем равенство теплового потока в установившемся состоянии:

$\text{КАППА}_{\text{ТВ}} \cdot (T_0 - T_1)/d_2 = \text{КАППА}_{\text{РАСПЛ}} \cdot (T_2 - T_0)/d_1$ , где  $d_1$  и  $d_2$  – это толщины жидкого и твердого слоев. При этом  $d_1 + d_2 = L$ .

**Ответ:**  $L / (1 + \frac{31.6}{15.5} \cdot \frac{600 - T_1}{T_2 - 600})$ .

**1.6. Третья попытка. Задачи 10-11 класса.****Задача 1.6.1. (10 баллов)**

Беспилотный автомобиль рассчитал скоростной режим движения между городами. В таблице указаны средние скорости и соответствующие промежутки времени, которые автомобиль эти скорости сохраняет.

$T$ , мин	60	120	180	30	25	35	25	5	35	40	50	20	15	65	15	10	25	35	50	10	15	15	$N$
$V$ , км/ч	60	40	50	55	45	65	34	20	75	50	60	80	40	32	28	20	45	50	60	30	40	50	$V$

В результате автомобиль оказывается в пункте назначения.

Однако в системе управления произошёл сбой, и перепутались местами значения скоростей для всех этих 23 временных интервалов. Определите, сколько километров до места назначения мог не доехать автомобиль в самом худшем случае и выведите в ответ время  $T$  в минутах, за которое он проедет это расстояние со скоростью  $V$ . Ответ дайте в минутах с точностью до 0.5 минуты.

Укажите ответ для заданных значений  $V$  км/ч,  $N$  мин.

**Требования к числовым параметрам**

$V$  в пределах от 90 до 120 км/ч, шаг 0.1 км/ч.

$N$  в пределах от 1 до 4 минут, шаг 1 минута.

Точность ответа до 0.1 минуты.

**Решение**

Рассчитаем сначала, какое расстояние до города:

$$L = 1 \cdot 60 + 2 \cdot 40 + 3 \cdot 50 + 55 \cdot 3060 + 45 \cdot 2560 + 65 \cdot 3560 + 34 \cdot 2560 + 20 \cdot 560 + 75 \cdot 3560 + 50 \cdot 4060 + \\ + 60 \cdot 5060 + 80 \cdot 2060 + 40 \cdot 1560 + 32 \cdot 6560 + 28 \cdot 1560 + 20 \cdot 1060 + 45 \cdot 2560 + 50 \cdot 3560 + 60 \cdot 5060 + \\ + 30 \cdot 1060 + 40 \cdot 1560 + 50 \cdot 1560 + N \cdot X60 = 72416 + N \cdot X60$$

Самый худший случай соответствует ситуации, когда более длинные интервалы автомобиль проходил с меньшими скоростями.

Отсортируем времена:

$$[N, 5, 10, 10, 15, 15, 15, 15, 20, 25, 25, 25, 30, 35, 35, 35, 40, 50, 50, 60, 65, 120, 180]$$

Отсортируем скорости в обратном порядке:

$$[X, 80, 75, 65, 60, 60, 60, 55, 50, 50, 50, 50, 45, 45, 40, 40, 40, 34, 32, 30, 28, 20, 20]$$

Посчитаем сумму произведений соответствующих величин и поделим на 60:

$$L_{min} = 50513 + N \cdot X60; d = 21856$$

$$\text{Отсюда ответ: } T = 21856X \cdot 60 = \frac{13130}{V}$$

$$\text{Ответ: } \frac{13130}{V}.$$

**Задача 1.6.2. (10 баллов)**

В таблице показана зависимость напряжения аккумуляторной батареи и плотности электролита от процента заряда в ней. В мастерской оказалось 10 батарей с зарядом 95%, 5 батарей с зарядом 65%, 3 батареи с зарядом 25%, 2 батареи с зарядом 40%.

Заряд батареи %	Напряжение V	Плотность электролита
100	12.70	1.265
95	12.64	1.257
90	12.58	1.249
85	12.52	1.241
80	12.46	1.233
75	12.40	1.225
70	12.36	1.218
65	12.32	1.211
60	12.28	1.204
55	12.24	1.197
50	12.20	1.190
45	12.16	1.183
40	12.12	1.176
35	12.08	1.169
30	12.04	1.162
25	12.00	1.155
20	11.98	1.148
15	11.96	1.141
10	11.94	1.134
5	11.92	1.127
0	11.90	1.120

Кроме того, там же оказалось 8 ламп с сопротивлением нитей накала  $X$  Ом и 12 ламп с сопротивлением нитей накала  $Y$  Ом. К каждой лампе требуется поставить аккумулятор так, чтобы суммарное освещение (и, соответственно, выделяемая мощность) было максимальным. Чему станет равна суммарная выделяемая мощность в лампах в этот момент?

Сопротивление батарей много меньше  $X$  и  $Y$ . Ответ дайте в ваттах с точностью до десятых.

Укажите решение для заданных значений  $X$  Ом,  $Y$  Ом

### *Требования к числовым параметрам*

$X$  в пределах от 11 до 15 Ом, шаг 0.1 Ом;

$Y$  в пределах от 7 до 10 Ом, шаг 0.1 Ом;

Точность ответа до 0.1 Ом.

### *Решение*

Чтобы мощность стала максимальной, требуется поставить батареи с большим напряжением к лампам с меньшим сопротивлением и наоборот. Тогда, по таблице:

$$P = \frac{10 \cdot 12.64^2}{Y} + \frac{2 \cdot 12.32^2}{Y} + \frac{3 \cdot 12.32^2}{X} + \frac{3 \cdot 12.00^2}{X} + \frac{2 \cdot 12.12^2}{X}$$

Ответ:  $\frac{10 \cdot 12.64^2}{Y} + \frac{2 \cdot 12.32^2}{Y} + \frac{3 \cdot 12.32^2}{X} + \frac{3 \cdot 12.00^2}{X} + \frac{2 \cdot 12.12^2}{X}$ .

### Задача 1.6.3. (10 баллов)

На орбите одного из перечисленных в таблице спутников планет Солнечной системы, находится исследовательская станция. Известно, что период обращения станции вокруг этого спутника на орбите высотой 100 км минимальный из всех возможных для станций, вращающихся вокруг спутников, приведенных в таблице, по такой орбите.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	3,35	2038	Земля
Фобос	-12	9,38	2,20	11	Марс
Ио	1815	422,6	3,57	2560	Юпитер
Европа	1569	670,9	2,97	2040	Юпитер
Каллисто	2400	1883	1,86	2420	Юпитер
Титан	2575	1221,9	1,88	2640	Сатурн
Оберон	761	587,0	1,50	770	Уран
Тритон	1350	355,0	2,08	1450	Нептун

Спутник проведет на орбите  $N$  периодов обращения.

Пренебрегая гравитационным действием других тел, кроме этого спутника, а также считая орбиту круглой и спутник шаром, вычислите, сколько земных суток станция проведет на орбите.

Ответ приведите в сутках с точностью до целых.

Укажите решение для заданного значения  $N$

#### Требования к числовым параметрам

$N$  в пределах от 200 до 1000, шаг 20;

Точность ответа до 1 суток.

#### Решение

Для того, чтобы период обращения был минимальным, должно быть минимальным отношение суммы радиуса спутника и высоты орбиты к первой космической скорости на этой высоте. Вторая космическая скорость  $v_2 = \sqrt{2G\frac{M}{R}}$ , а первая  $v_1 = \sqrt{G\frac{M}{R+h}} = \frac{v_2}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{R}{R+h}}$ .

Тогда период равен:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot (R + h)}{v_1} = \frac{2\sqrt{2} \cdot \pi \cdot (R + h)}{v_2} \cdot \sqrt{\frac{R + h}{R}}$$

Максимальный он для Ио, и равен:  $T \approx 6827.63$  сек.

**Ответ:**  $0.0790 \cdot N$ .

### Задача 1.6.4. (10 баллов)

Суперлинзой Веселаго называют плоскопараллельную пластинку из вещества с отрицательным показателем преломления, которая работает как линза, если предмет находится вблизи её и имеет небольшие размеры в сравнении с её толщиной.

Найдите расстояние между изображениями светящейся точки в суперлинзе, если толщина её равна  $d$  см, расстояние до светящейся точки от ближайшего края суперлинзы равно  $x$  см, а показатель преломления линзы Веселаго равен  $n < 0$ . Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Укажите решение для заданных значений  $n$ ,  $d$  см,  $x$  см.

#### Требования к числовым параметрам

$n$  в пределах от -2.5 до -1.5, шаг 0.1;

$d$  в пределах от 10 см до 20 см, шаг 1 см;

$x$  в пределах от 1 см до 2 см, шаг 0.1 см.

#### Решение

Пусть угол падения равен  $\alpha$ . Тогда луч, пройдя по горизонтали на расстояние  $x$  до линзы, по вертикали поднимется на  $x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)$ . Далее он пойдёт к нормали под углом  $\beta$ , который определяется по закону преломления:  $\sin\beta = \left| \frac{\sin\alpha}{n} \right|$ . Далее он опустится на величину, равную  $d \cdot \operatorname{tg}(\beta)$ . По пути пересечёт другие лучи в точке  $C$  и создаст первое изображение, на расстоянии  $x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \operatorname{ctg}(\beta)$  от левого края линзы. Потом выйдет из линзы снова под углом  $\alpha$  и ему останется подняться на величину  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha))$ , а по горизонтали это будет  $(d \cdot \operatorname{tg}(\beta) - x \cdot \operatorname{tg}(\alpha)) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha)$ . Итак, получаем:

$$AB = d + x + d \cdot \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\operatorname{tg}(\alpha)} - x \approx d \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right)$$

$$AC = x + x \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \cdot \operatorname{ctg}(\beta) \approx x \cdot \left( 1 + \frac{\alpha}{\beta} \right) \approx x \cdot (1 - n); CB = d \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right) - x \cdot (1 - n)$$

Ответ:  $d \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right) - x \cdot (1 - n)$ .

### Задача 1.6.5. (10 баллов)

Цилиндр из свинца, находящийся в вертикальном теплоизолирующем кожухе поддерживают снизу при температуре  $T_1$ , а сверху при температуре  $T_2$ . Часть свинца расплавилась. Найдите высоту слоя расплавленного свинца, если общая высота цилиндра  $L$ . Считайте, что теплопроводности жидкого и твердого свинца постоянны и равны соответственно 15.5 Вт/(м·К) у жидкого и 31.6 Вт/(м·К) у твердого. Температура плавления свинца 600К. Ответ дайте в сантиметрах с точностью до десятых.

Укажите решение для указанных значений  $T_1$  К,  $T_2$  К,  $L$  см.

**Требования к числовым параметрам** $T_1$  от 550 до 570, шаг 1 $T_2$  от 630 до 650, шаг 1 $L$  от 30 до 50, шаг 1**Решение**

Температура на границе раздела твердого и жидкого состояний равна температуре плавления свинца. Запишем равенство теплового потока в установившемся состоянии:

$\text{КАППА}_{\text{тв}} \cdot (T_0 - T_1)/d_2 = \text{КАППА}_{\text{распл}} \cdot (T_2 - T_0)/d_1$ , где  $d_1$  и  $d_2$  – это толщины жидкого и твердого слоев. При этом  $d_1 + d_2 = L$ .

**Ответ:**  $L / (1 + \frac{31.6}{15.5} \cdot \frac{600 - T_1}{T_2 - 600})$ .

**Задача 1.6.6. (10 баллов)**

Небольшой круглый катод радиуса  $r$  находится на большом медном диске толщины  $h$  мм. Диск окаймлён анодом в форме окружности радиуса  $R$ . Оказалось, что каждые  $t$  секунд анода достигало  $N \cdot 10^{18}$  электронов. Какая сила тока будет, если, не меняя разности потенциалов, увеличить вдвое радиусы катода и анода? Ответ дайте в амперах с точностью до тысячных. Заряд электрона принять равным  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

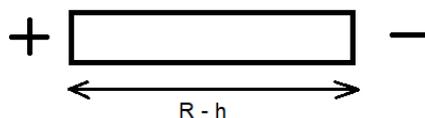
Укажите решение для заданных значений  $N$ ,  $h$  мм,  $t$  с.

**Требования к числовым параметрам** $h$  в пределах от 10 до 20 мм, шаг 1 мм; $t$  в пределах от 2 до 9 секунд, шаг 0.1 сек; $N$  в пределах от 1 до 9, шаг 0.1.

Точность ответа до 1 мА.

**Решение**

Рассмотрим одну медную прямоугольную полоску, идущую от катода к аноду:



Пусть  $x$  – координата её слоя малой толщины  $\Delta x$  от центра окружности,  $r < x < R$ . По закону сохранения заряда плотность тока обратно пропорциональна  $x$ . Тогда падение потенциала на этом малом слое будет равно:  $\Delta\varphi = \frac{J \cdot \rho \cdot \Delta x}{2 \cdot \pi \cdot x \cdot h}$ .

То есть  $J = \frac{\Delta\varphi \cdot 2 \cdot \pi \cdot x \cdot h}{\rho \cdot \Delta x}$ .

Если полоску вдвое увеличить по длине, оставив такое же разбиение на малые слои, то этот слой удлинится в 2 раза, расстояние до центра увеличится в 2 раза, а значит не изменится общий ток.  $J = \frac{N \cdot e}{t}$ .

**Ответ:**  $N \cdot 1.6 \cdot \frac{10^{-1}}{t}$ .

### **Задача 1.6.7. (10 баллов)**

В одном из отсеков управляемого космического корабля была обнаружена микротрещина. За время поиска трещины давление воздуха в корабле успело упасть до 724 мм ртутного столба.

Трещина была заклеена пластырем из эпоксидной смолы. Считая трещину кругом диаметра 2 мм, оцените, какой минимальной толщины  $h$  должен быть пластырь, чтобы он не порвался сразу, если предел прочности эпоксидной смолы равен  $N$  МПа. Давление воздуха в корабле считайте равным 724 мм ртутного столба, плотность ртути 13600 кг/м<sup>3</sup>,  $g = 9.8$  м/с<sup>2</sup>. Для оценки считайте, что напряжение материала распределяется равномерно по всему куску пластыря, а сам он выгибается наружу в космическое пространство в виде ровной полусферы,  $h \ll d = 2$  мм. Ответ приведите в микрометрах с точностью до сотых.

Примечание: для устойчивого сдерживания атмосферного давления на протяжении длительного времени требуется намного более толстый пластырь.

Укажите решение для заданного значений  $N$  МПа

#### **Требования к числовым параметрам**

$N$  в пределах от 70 до 90, шаг 2;

Точность ответа  $h_{min}$  до 0.02 мкм.

#### **Решение**

Предел прочности нужно рассчитывать на касательное напряжение  $P_s$ . Чтобы посчитать его значение, приравняем работу  $dA$ , необходимую для радиального растяжения сферы из материала на  $dr$ , и приращение потенциальной энергии  $dW$ , связанной с касательным напряжением:

$$dA = F_\tau \cdot dR = 2 \cdot \pi \cdot P_s \cdot h \cdot R \cdot dR;$$

$$dW = P \cdot \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot ((R + dR)^3 - R^3) = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot dR$$

$$2 \cdot \pi \cdot P_s \cdot h \cdot R \cdot dR = P \cdot 2 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot dR;$$

$$P_s = P \cdot \frac{R}{h} \leq N \text{ МПа.}$$

Отсюда:

$$h_{min} = \frac{P \cdot R}{N \cdot 10^6} \approx \frac{0.724 \cdot 9.8 \cdot 13600 \cdot 0.001}{N \cdot 10^6} \approx \frac{96.5}{N} \text{ мкм}$$

Другой вариант решения.

Можно просто воспользоваться аналогией с поверхностным натяжением жидкости. Если поверхность жидкости - выпукла (вогнута), то при равновесии давление по разные стороны от неё будет неодинаковым:  $\Delta P = \frac{\sigma}{R}$ . Сила поверхностного натяжения тогда равна:

$$F_s = \sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot R.$$

Напряжение  $P_s$  всюду одинаково и его можно посчитать на границе:

$$P_s = \frac{F_s}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot h} = \frac{\sigma}{h} = P \cdot \frac{R}{h}.$$

Ответ:  $\frac{96.5}{N}$ .

### **Задача 1.6.8. (10 баллов)**

Для защиты от вспышек на Солнце используют систему светофильтров. Светофильтр поглощает  $N\%$  энергии падающего на него света, отражает назад  $10\%$ , а остальной свет пропускает. Сколько процентов  $M$  энергии падающего света пропускает система из двух таких светофильтров? При расчётах учесть пропускание многократно переотражённого света. Ответ дайте в процентах с точностью до сотых.

Укажите решение для заданного значения  $N$ .

#### **Требования к числовым параметрам**

$N$  в пределах от 20 до 50, шаг 1;

Точность ответа  $M$  до 0.01.

#### **Решение**

Первый фильтр пропустит  $x = 100 - N - 10 = 90 - N$  процентов падающего света. Второй фильтр пропустит сразу  $x \cdot \frac{90-N}{100}$  процентов энергии исходного света и  $x \cdot 0.1$  отразит назад к первому фильтру, который переотразит  $x \cdot 0.1^2$ . Тогда второй фильтр пропустит ещё  $x \cdot \frac{90-N}{100} \cdot 0.1^2$  и  $x \cdot 0.1^3$  снова отразится. Таким образом, для доли пропущенного вторым фильтром света получаем:

$$M = (90 - N) \cdot \left(1 + \frac{90 - N}{100} \cdot 0.1^2 + \frac{90 - N}{100} \cdot (0.1^2)^2 + \dots\right).$$

Это бесконечная геометрическая прогрессия.

Ответ:  $\frac{(0.9 - N/100)^2}{0.99 \cdot 100}$ .

### **Задача 1.6.9. (10 баллов)**

Чтобы разогнать в глубоком космосе космическую станцию массой 10000 кг до скорости 2 км/с, надо запастись 1000 кг горючего. Какое минимальное количества

$M$  кг топлива потребуется, чтобы сообщить космической станции массой в  $N$  кг скорость 2 км/с, а затем затормозить её до скорости 1 км/с? Ответ дайте в килограммах с точностью до 20 кг.

Укажите условие для заданного значения  $N$  кг.

### Требования к числовым параметрам

$N$  в пределах от 20000 до 50000, шаг 100;

Точность ответа  $M$  до 20.

### Решение

Чтобы разогнать космическую станцию до 2 км/с и потом затормозить до 1 км/с, требуется столько же топлива, сколько для разгона до 3 км/с. Пусть при разгоне станции массой 10000 кг на 1 км/с требуется  $x$  кг горючего. Тогда составим таблицу:

Этап разгона.	Оставшаяся общая масса на конец разгона.	Требуется потратить горючего.
От 2 до 3 км/с	10000 кг	$x$ кг
От 1 до 2 км/с	10000 кг + $x$ кг	$x \cdot \left(1 + \frac{x}{10000}\right)$ кг
От 0 до 1 км/с	10000 кг + $x$ кг + $x \cdot \left(1 + \frac{x}{10000}\right)$ кг	$x \cdot \left(1 + \frac{2x}{10000} + \frac{x^2}{10^8}\right)$ кг

По данным таблицы получаем общую массу горючего для станции массы 10000 кг:  $x \cdot \left(1 + \frac{x}{10000}\right)^2 + x \cdot \left(1 + \frac{x}{10000}\right) + x = x \cdot (1 + q + q^2)$ ;  $q = 1 + \frac{x}{10000}$

Однако, для разгона на 2 км/с требуется:  $x \cdot (1 + q) = 1000$ . Решим уравнение:

$$x^2 + 2 \cdot 10^4 \cdot x - 10^7 = 0; x = -10^4 + \sqrt{10^8 + 10^7} \approx 488.088; q \approx 1.0488088$$

Тогда, для разгона на 3 км/с требуется:  $M = \frac{N}{10000} \cdot x \cdot (1 + q + q^2) \approx 0.15369 \cdot N$ .

Аналогичный ответ можно получить используя формулу Циолковского для этой задачи.

**Ответ:**  $0.15369 \cdot N$ .

### Задача 1.6.10. (10 баллов)

При движении по автотрассам необходимо двигаться с постоянной установленной на этой трассе скоростью. Это приводит к тому, что нередко самый экономичный по расходу топлива маршрут не является самым коротким. Пусть три города (А, В, С) соединены одной общей кольцевой автотрассой в форме окружности и тремя радиальными. Длина трассы АВ равна 300 км, трассы ВС - 500 км, АС - 700 км, а круговая проходит через все города. При движении по трассе АВ рекомендованная скорость равна 70 км/ч, по ВС - 50 км/ч, по АС - 30 км/ч.

На кольцевой автотрассе рекомендованная скорость  $V$  км/ч. Найти оптимальный маршрут, проходящий из города А по городам В, С и возвращающий обратно в А, на котором будет израсходовано наименьшее количество топлива. В ответе записать, во

сколько раз это количество топлива меньше, чем при движении по маршруту только по кольцевой дороге (ответ больше единицы) с точностью до десятых.

Считать, что расход топлива пропорционален мощности автомобиля и времени движения с этой мощностью. Сила тяги равна силе сопротивления воздуха, которая пропорциональна квадрату скорости движения автомобиля.

Укажите решение для заданного значения  $V$  км/ч.

### Требования к числовым параметрам

$V$  в пределах от 55 до 65 км/час, шаг 0.1 км/час.

Ответ  $v$  с точностью до 0.1.

### Решение

$$N = F_{\text{сопр}} \times v = k \times v^2 \times v = k \times v^3 \quad S = v \times t \Rightarrow t = \frac{S}{v}$$

Тогда расход топлива  $Q$ :  $Q = \alpha N t = k \times \alpha \times v^2 \times S$ , где  $k$ ,  $\alpha$ -коэффициенты пропорциональности.

$$Q_{AB} = k \times \alpha \times 70^2 \times 300; Q_{BC} = k \times \alpha \times 50^2 \times 500; Q_{AC} = k \times \alpha \times 30^2 \times 700$$

Пусть  $\angle ABC = \alpha$ :

$$\cos \alpha = \frac{300^2 + 500^2 - 700^2}{2 \times 300 \times 500} = -\frac{1}{2}$$

Таким образом,  $\alpha = 120^\circ$ . Радиус кольцевой дороги:

$$R = \frac{AC}{2 \times \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{700}{2 \times \sin 60^\circ} = \frac{700}{\sqrt{3}} \text{ км.}$$

Таким образом, чтобы найти оптимальный путь, нужно сложить произведения длин путей на квадраты скоростей. Прделав это, можно обнаружить, что оптимальный маршрут такой: хорда  $AB$ , дуга  $BC$ , хорда  $CA$ ; или хорда  $AC$ , дуга  $CB$ , хорда  $BA$ .

Найдем  $\sin A$ :  $S = \frac{1}{2} AB \times BC \sin A = \frac{1}{2} AB \times AC \times \sin A$

$$\sin A = \frac{BC}{AC} \times \sin \alpha = \frac{5}{7} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{5\sqrt{3}}{14}; \angle BOC = 2\angle A = 2 \arcsin \left( \frac{5\sqrt{3}}{14} \right)$$

$$L_{\text{дуги BC}} = 2R \times \arcsin \left( \frac{5\sqrt{3}}{14} \right)$$

Искомое отношение  $v$  равно:

$$v = \frac{V^2 \times 2 \times \pi \frac{700}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\frac{1400}{3} V^2 + 30^2 \times 100 + 70^2 \times 300}}$$

Ответ:  $\frac{V^2 \times 2 \times 3.14 \frac{700}{\sqrt{3}}}{\sqrt{\frac{1400}{3} V^2 + 30^2 \times 100 + 70^2 \times 300}}$ .

# Задачи первого этапа. Химия.

## 2.1. Первая попытка. Задачи 9 класса.

### Задача 2.1.1. (10 баллов)

Выберите реакции, которые могут быть использованы в качестве способа получения наночастиц. В реакционной смеси дополнительно может присутствовать вода, кроме указанных веществ в уравнении реакции.

1.  $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$
2.  $Na_2S_2O_3 + 2HCl = 2NaCl + S + SO_2 + H_2O$
3.  $FeCl_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 + H_2O$
4.  $CaCO_3 = CaO + CO_2$
5.  $C_2H_5OH + HBr = C_2H_5Br + H_2O$
6.  $2Al + Fe_2O_3 = 2Fe + Al_2O_3$

Ответ: 2, 3.

### Задача 2.1.2. (10 баллов)

Наночастица золота имеет форму цилиндра, диаметр основания которого составляет 40 нм, а высота - 25 нм. Рассчитайте сколько протонов содержится в данной частице, если плотность золота составляет  $19.3 \text{ г/см}^3$ . Ответ выразите в миллионах штук с точностью до целых.

Ответ: 146.

### Задача 2.1.3. (10 баллов)

Соотнесите метод разделения веществ и смесь, которую можно разделить таким методом.

1. Добавление воды, отстаивание и декантация
2. Охлаждение и фильтрование
3. Дистилляция
4. Экстракция

5. Отстаивание и декантация
6. Добавление воды, растворение и фильтрование
  - а. Сахар и опилки деревянные
  - б. Иод и вода
  - в. Вода и этиловый спирт

**Ответ:** 1 - а, 3 - в, 4 - б.

### **Задача 2.1.4. (10 баллов)**

В следующей цепочке химических превращений укажите, какие вещества обозначены буквами  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ :



1. Вещество  $X$
  2. Вещество  $Y$
  3. Вещество  $Z$
- а. Хлорид железа (II)
  - б. Хлорид железа (III)
  - в. Гидроксид железа (II)
  - г. Гидроксид железа (III)
  - д. Оксид железа (II)
  - е. Оксид железа (III)

**Ответ:** 1 - а, 2 - в, 3 - г.

### **Задача 2.1.5. (10 баллов)**

Расположите системы в порядке увеличения числа частиц, содержащихся в растворах, полученных растворением навесок в 1 л воды.

1. 4 г гидроксида натрия
2. 3 г метилового спирта
3. 10 г серной кислоты
4. 20 г нитрата алюминия
5. 9 г глюкозы

**Ответ:** 5, 2, 1, 3, 4.

**Задача 2.1.6. (10 баллов)**

Рассчитайте массовую долю соляной кислоты в растворе, полученном при растворении 4.48 л (н.у.) хлороводорода в 100 г 5%-ного раствора данной кислоты. В ответе запишите значение, выраженное в процентах и округленное до целых.

**Ответ:** 11.

**Задача 2.1.7. (10 баллов)**

Цинковую пыль обработали в безвоздушном пространстве небольшим количеством жидкого оксида азота (IV), в результате чего выделилось 0.448 л газа (н.у.), образовалось 1.895 г соли и остался непрореагировавший цинк. Вычислите массу газа, выразите в граммах и округлите ответ до десятых.

**Ответ:** 0.6.

**Задача 2.1.8. (10 баллов)**

При полном растворении 10г металла в соляной кислоте выделилось 4 л газа (н.у.) Установите металл, в ответе напишите его русское название.

**Ответ:** Железо.

**Задача 2.1.9. (10 баллов)**

Для твердого вещества  $NH_4NO_3$  укажите типы встречающихся связей и кристаллическую решетку.

1. Ковалентная полярная связь
2. Ковалентная неполярная связь
3. Ионная связь
4. Молекулярная решетка
5. Атомная решетка
6. Ионная решетка

**Ответ:** 1, 3, 6.

**Задача 2.1.10. (10 баллов)**

274.6 г 33%-ного раствора KF смешали с 56.6 г 55%-ной плавиковой кислоты. Какая масса осадка кислой соли выпала из раствора, если ее растворимость при данной температуре составляет 30.1 г/100 г воды? Ответ, выраженный в граммах, округлите до целых. Для расчета использовать молярные массы веществ также с точностью до целых.

Ответ: 59.

## 2.2. Первая попытка. Задачи 10-11 класса.

### Задача 2.2.1. (10 баллов)

При полном растворении 1 г металла в соляной кислоте выделилось 0.4 л газа (н.у.) Установите металл и запишите в ответе его русское название.

Ответ: Железо.

### Задача 2.2.2. (10 баллов)

Выберите из списка соединения, которые можно получить в 1 стадию из толуола:

1. Бензойная кислота
2. Бензол
3. Бензоат натрия
4. П-нитротолуол
5. Бензальдегид
6. Фенол

Ответ: 1, 3, 4.

### Задача 2.2.3. (10 баллов)

Расположите в порядке возрастания скорости следующие четыре реакции, если известно, что в одинаковом объеме реакционной смеси за 1 минуту образуется соответственно:

1. 34 г сероводорода при взаимодействии водорода и серы
2. 19 г воды при взаимодействии водорода и кислорода
3. 24 г ацетилена при электрокрекинге метана
4. 64 г анилина при гидрировании нитробензол

Ответ: 4, 3, 1, 2.

### Задача 2.2.4. (10 баллов)

Водный раствор уксусной кислоты ( $K_a = 1.74 \cdot 10^{-5}$ ) имеет  $pH = 2.9$ . Рассчитайте степень диссоциации кислоты в данном растворе, ответ округлите до десятых долей процента.

Ответ: 1.4.

**Задача 2.2.5. (10 баллов)**

Предложите возможную формулу газообразного вещества, если при давлении 0.19 МПа и температуре 15°C 1 литр данного вещества содержит  $2.87 \cdot 10^{23}$  атомов и имеет плотность 7.932 г/л.

В ответе запишите формулу газа, например, CH<sub>4</sub>.

**Ответ:** C<sub>2</sub>F<sub>4</sub> (F<sub>4</sub>C<sub>2</sub>).

**Задача 2.2.6. (10 баллов)**

Оценить объем фуллерена C<sub>60</sub> (аллотропная модификация углерода, имеющая форму футбольного мяча), если в нем присутствует два типа связей: более короткие (1.39 Å) связи, пролегающие вдоль общих ребер соседствующих шестиугольных граней, и более длинные (1.45 Å), расположенные по общим ребрам пяти- и шестиугольных граней. В качестве ответа наиболее подходящий диапазон значений из списка предложенных (даны в кубических ангстремах).

1. 100-130
2. 130-160
3. 160-190
4. 190-220

**Ответ:** 3.

**Задача 2.2.7. (10 баллов)**

Смесь гуанина и цитозина, взятых в молярном соотношении 1:5, полностью сожгли на воздухе, а затем продукты сгорания пропустили через избыток раствора баритовой воды, в результате чего выпало 200 г осадка. Какова масса исходной смеси? Ответ выразите в граммах и запишите с точностью до десятых.

**Ответ:** 29.5.

**Задача 2.2.8. (10 баллов)**

Для каждого металла из списка подберите набор восстановителей, с помощью которых возможно его получение из своего оксида (при нагревании).

1. Кальций
2. Цинк
3. Свинец
4. Медь
  - а. Невозможно получить без использования электролиза
  - б. Аммиак, угарный газ, водород, алюминий

- в. Только угарный газ, водород, алюминий  
г. Только алюминий

**Ответ:** 1 - а, 2 - в, 3 - в, 4 - б.

### **Задача 2.2.9. (10 баллов)**

Титриметрическое определение буферной емкости ацетатного буфера по щелочи.

Для каждой строки выберите верное значение.

Отбирают (навеску/аликвоту/пробу) 10.00 мл ацетатного буфера в колбу для титрования, добавляют 2 капли (фенолфталеина/метилоранжа/лакмуса) и титруют стандартным раствором (кислоты/щелочи/ацетата натрия) до появления не исчезающей розовой окраски.

Титрование повторяют не менее 3 раз при условии, что разница в полученных значениях объемов раствора, добавленного из (бюретки/пипетки Мора/цилиндра) не превышает 0.1 мл. По полученным результатам рассчитывают буферную емкость раствора.

**Ответ:** аликвоту, фенолфталеина, щелочи, бюретки.

### **Задача 2.2.10. (10 баллов)**

Константа скорости реакции изомеризации  $X \rightarrow Y$  равна  $45 \text{ мин}^{-1}$ , а константа скорости обратной реакции  $Y \rightarrow X$  равна  $27 \text{ мин}^{-1}$ . Рассчитайте состав равновесной смеси (в граммах), полученной из 240 г вещества  $X$ . Запишите в качестве ответа массу доминирующего изомера в граммах с точностью до целых.

**Ответ:** 150.

## **2.3. Вторая попытка. Задачи 9 класса.**

### **Задача 2.3.1. (10 баллов)**

Выберите реакции, которые НЕ могут быть использованы в качестве способа получения наночастиц. Никакие другие вещества, кроме указанных в уравнении и воды, в реакционную систему не вводятся.

- $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$
- $Na_2S_2O_3 + 2HCl = 2NaCl + S + SO_2 + H_2O$
- $AlCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$
- $NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$
- $C_2H_5OH + HBr = C_2H_5Br + H_2O$
- $AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$

Ответ: 1, 4, 5.

**Задача 2.3.2. (10 баллов)**

Наночастица серебра имеет форму тетраэдра, площадь основания которого составляет  $200 \text{ нм}^2$ , а высота -  $35 \text{ нм}$ . Зная, что плотность серебра -  $10.5 \text{ г/см}^3$ , рассчитайте общее количество протонов, содержащихся в данной частице. Ответ выразите в миллионах штук с точностью до целых.

Ответ: 6.

**Задача 2.3.3. (10 баллов)**

Каждой смеси веществ поставьте в соответствие метод ее разделения.

1. Сульфат меди и вода
2. Вода и этиловый спирт
3. Поваренная соль и сера
- а. Растворение + фильтрование + выпаривание
- б. Выпаривание + конденсация паров
- в. Дистилляция

Ответ: 1 - б, 2 - в, 3 - а.

**Задача 2.3.4. (10 баллов)**

В следующей последовательности реакций укажите, какие вещества обозначены буквами  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ :



1. Вещество  $X$
2. Вещество  $Y$
3. Вещество  $Z$
- а. Оксид натрия
- б. Пероксид натрия
- в. Сульфат натрия
- г. Гидросульфат натрия
- д. Сульфат бария
- е. Гидросульфат бария

Ответ: 1 - б, 2 - в, 3 - д.

**Задача 2.3.5. (10 баллов)**

Расположите системы в порядке уменьшения числа частиц, содержащихся в растворах, полученных растворением навесок в 1 л воды.

1. 18 г глюкозы
2. 13.3 г хлорида алюминия
3. 5 г серной кислоты
4. 6 г уксусной кислоты
5. 5.6 г гидроксида калия

**Ответ:** 2, 5, 3, 4, 1.

**Задача 2.3.6. (10 баллов)**

При нормальных условиях один объем воды способен поглотить 1200 объемов аммиака. Рассчитайте массовую долю этого вещества в насыщенном растворе. В ответе запишите значение, выраженное в процентах и округленное до целых.

**Ответ:** 48.

**Задача 2.3.7. (10 баллов)**

Образец магния массой 7.68 г обработали разбавленной азотной кислотой. В результате реакции образовалось три различных азотсодержащих продукта, единственным газом из которых является закись азота, занимающая после приведения к н.у. объем 448 мл. Рассчитайте массы двух других образовавшихся продуктов. В ответе укажите меньшую из них в граммах, округленную до десятых. Атомную массу элементов округлять до целых.

**Ответ:** 4.8.

**Задача 2.3.8. (10 баллов)**

Хлорид металла содержит 65.7% хлора по массе. Установите этот металл и запишите его русское название в ответе.

**Ответ:** Железо.

**Задача 2.3.9. (10 баллов)**

Для простого кристаллического вещества В (бор) укажите типы встречающихся связей и кристаллическую решетку.

1. Ковалентная полярная связь
2. Ковалентная неполярная связь

3. Ионная связь
4. Молекулярная решетка
5. Атомная решетка
6. Ионная решетка

Ответ: 2, 5.

### **Задача 2.3.10. (10 баллов)**

К 200 г 25%-ного раствора  $Al_2(SO_4)_3$  прилили 283 г 9%-ного раствора  $K_2SO_4$ . Какая масса осадка алюмокалиевых квасцов выпала из раствора, если их растворимость при данной температуре - 5.9 г/100 г воды? Ответ, выраженный в граммах, округлите до целых. Для расчета использовать молярные массы веществ с точностью до целых.

Ответ: 99.

## **2.4. Вторая попытка. Задачи 10-11 класса.**

### **Задача 2.4.1. (10 баллов)**

Хлорид металла содержит 65.7% хлора по массе. Установите этот металл и запишите его русское название в ответе.

Ответ: Железо.

### **Задача 2.4.2. (10 баллов)**

Выберите из списка соединения, которые можно получить в 1 стадию из пропилена:

1. 1-бромпропан
2. 2-бромпропан
3. аллилбромид
4. 2-метилпропанол-2
5. пропанол-1
6. пропанол-2

Ответ: 1, 2, 3, 6.

### **Задача 2.4.3. (10 баллов)**

Расположите углеводороды в порядке увеличения количества теплоты, получаемой при сгорании 1 кг вещества. (При расчете количество вещества округлите до

целого значения).

1. метан (теплота сгорания 890 кДж/моль)
2. этилен (теплота сгорания 1411 кДж/моль)
3. ацетилен (теплота сгорания 1300 кДж/моль)
4. пропилен (теплота сгорания 2059 кДж/моль)
5. этан (теплота сгорания 1560 кДж/моль)

**Ответ:** 3, 4, 2, 5, 1.

#### **Задача 2.4.4. (10 баллов)**

Водный раствор аммиака ( $K_b = 1.75 \cdot 10^{-5}$ ) имеет  $pH = 11.1$ . Рассчитайте степень диссоциации аммиака в данном растворе. Ответ округлите до десятых долей процента.

**Ответ:** 1.4.

#### **Задача 2.4.5. (10 баллов)**

Газообразное вещество при давлении 743 мм рт. ст. и температуре  $24^\circ\text{C}$  имеет плотность 2.164 г/л. Известно, что 1 литр данного вещества содержит  $7.237 \cdot 10^{22}$  атомов. Установите формулу данного газа.

В ответе запишите формулу газа, например,  $\text{CH}_4$ .

**Ответ:**  $\text{OF}_2$  ( $\text{F}_2\text{O}$ ).

#### **Задача 2.4.6. (10 баллов)**

Оценить площадь поверхности фуллерена  $\text{C}_{60}$  (аллотропная модификация углерода, имеющая форму футбольного мяча), если в нем присутствует два типа связей: более короткие ( $1.39 \text{ \AA}$ ) связи, пролегающие вдоль общих ребер соседствующих шестиугольных граней, и более длинные ( $1.45 \text{ \AA}$ ), расположенные по общим ребрам пяти- и шестиугольных граней. В качестве ответа наиболее подходящий диапазон значений из списка предложенных.

1. 0.8 - 1.1 нм<sup>2</sup>
2. 1.1 - 1.4 нм<sup>2</sup>
3. 1.4 - 1.7 нм<sup>2</sup>
4. 1.7 - 2 нм<sup>2</sup>

**Ответ:** 3.

**Задача 2.4.7. (10 баллов)**

К 200 г 25%-ного раствора  $Al_2(SO_4)_3$  прилили 283 г 9%-ного раствора  $K_2SO_4$ . Какая масса осадка алюмокалиевых квасцов выпала из раствора, если их растворимость при данной температуре - 5.9 г/100 г воды? Ответ, выраженный в граммах, округлите до целых. Для расчета использовать молярные массы веществ с точностью до целых.

**Ответ:** 99.

**Задача 2.4.8. (10 баллов)**

Для каждого органического соединения подберите вещества, с помощью которого возможно их окисление при небольшом (до  $60^\circ C$ ) нагревании:

- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Этилен             | а. $KMnO_4 H+$ , $Ag(NH_3)_2OH$   |
| 2. Глюкоза            | б. Только $KMnO_4 H+$             |
| 3. Сахароза           | в. Только $Ag(NH_3)_2OH$          |
| 4. Муравьиная кислота | г. Вещество устойчиво к окислению |

**Ответ:** 1 - а, 2 - а, 3 - б, 4 - а.

**Задача 2.4.9. (10 баллов)**

Титриметрическое определение буферной емкости ацетатного буфера по кислоте.

Для каждой строки выберите верное значение.

Отбирают (навеску/аликвоту/пробу) 10.00 мл ацетатного буфера в колбу для титрования, добавляют 2 капли (фенолфталеина/метилоранжа/лакмуса) и титруют стандартным раствором (кислоты/щелочи/ацетата натрия) до появления не исчезающей красной окраски.

Титрование повторяют не менее трех раз при условии, что разница в полученных значениях объемов раствора, добавленного из (бюретки/пипетки Мора/цилиндра) не превышает 0.1 мл. По полученным результатам рассчитывают буферную емкость раствора.

**Ответ:** аликвоту, метилоранжа, кислоты, бюретки.

**Задача 2.4.10. (10 баллов)**

Расположите водные растворы в порядке увеличения температуры замерзания (молярные концентрации растворов одинаковы)

1. Раствор метанола в воде
2. Раствор формиата кальция в воде
3. Раствор муравьиной кислоты в воде

4. Раствор формиата натрия в воде
5. Раствор этанола в воде

**Ответ:** 1, 5, 3, 4, 2.

## 2.5. Третья попытка. Задачи 9 класса.

### *Задача 2.5.1. (10 баллов)*

Выберите процессы, в ходе которых могут получаться наночастицы:

1. Растворение металлов в кислотах с выделением газа
2. Выпадение осадка из раствора
3. Образование твердых частиц из газообразных продуктов
4. Разложение твердых солей
5. Возгонка твердых веществ
6. Сплавление амфотерных оксидов с щелочами

**Ответ:** 2, 3, 4.

### *Задача 2.5.2. (10 баллов)*

Наночастица олова имеет форму тетраэдра с площадью основания составляет  $800 \text{ нм}^2$ . Зная, что плотность олова  $7.29 \text{ г/см}^3$ , рассчитайте высоту тетраэдра, если общее количество электронов, содержащихся в данной частице, составляет 246 миллионов. Ответ укажите в нанометрах и с точностью до целых.

**Ответ:** 500.

### *Задача 2.5.3. (10 баллов)*

Имеется смесь йода, речного песка и кристаллов медного купороса, к ней добавляют избыток воды.

Выберите действия, необходимые для разделения данной смеси на индивидуальные компоненты, в нужной последовательности:

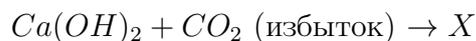
1. выпаривание/экстракция/отстаивание и декантация/дистилляция
2. выпаривание/экстракция/отстаивание и декантация/дистилляция
3. выпаривание/экстракция/отстаивание и декантация/дистилляция

**Ответ:**

- 1 - экстракция/отстаивание и декантация,
- 2 - экстракция/отстаивание и декантация,
- 3 - выпаривание.

**Задача 2.5.4. (10 баллов)**

В следующей последовательности реакций укажите, какие вещества обозначены буквами  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ :



1. Вещество  $X$
  2. Вещество  $Y$
  3. Вещество  $Z$
- а. Карбонат кальция
  - б. Гидрокарбонат кальция
  - в. Оксид кальция
  - г. Пероксид кальция
  - д. Хлорид кальция
  - е. Хлорная известь

**Ответ:** 1 - б, 2 - а, 3 - д.

**Задача 2.5.5. (10 баллов)**

Расположите растворы по возрастанию количества содержащихся частиц (объемы растворов одинаковы):

1.  $0.1M HCl$
2.  $0.1M NH_3 \cdot H_2O$
3.  $0.1M Al_2(SO_4)_3$
4.  $0.1M C_2H_5OH$
5.  $0.1M AlCl_3$

**Ответ:** 4, 2, 1, 5, 3.

**Задача 2.5.6. (10 баллов)**

При нормальных условиях один объем воды способен поглотить 500 объемов газообразного хлороводорода. Рассчитайте массовую долю этого вещества в насыщенном растворе. В ответе запишите значение, выраженное в процентах и округленное до целых.

**Ответ:** 45.

**Задача 2.5.7. (10 баллов)**

Образец цинка массой 29.9 г прореагировал с концентрированной серной кислотой, в результате чего образовалось три серосодержащих продукта, два из которых не содержат цинк. Один из них представляет собой газ с характерным запахом тухлых яиц, после приведения к н.у. занявший объем 2.24 л. Какова масса второго продукта, содержащего серу, но не содержащего цинк? Атомную массу элементов округлять до целых, ответ выразить в граммах и округлить до сотых.

**Ответ:** 0.64.

**Задача 2.5.8. (10 баллов)**

Оксид металла содержит 30% кислорода по массе. Установите этот металл и запишите в ответе его русское название.

**Ответ:** Железо.

**Задача 2.5.9. (10 баллов)**

Для твердого кристаллического вещества  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  укажите типы встречающихся связей и кристаллическую решетку.

1. Ковалентная полярная связь
2. Ковалентная неполярная связь
3. Ионная связь
4. Молекулярная решетка
5. Атомная решетка
6. Ионная решетка

**Ответ:** 1, 2, 3, 6.

**Задача 2.5.10. (10 баллов)**

К 128.1 г 22%-ного раствора  $Na_2SO_4$  добавили 30%-ный раствор серной кислоты, в результате образовался пересыщенный раствор  $NaHSO_4$  (других растворенных веществ не оказалось). Какая масса кислой соли может выпасть в виде кристаллов при данной температуре, если ее растворимость составляет 28.5 г/100 г воды? Ответ, выраженный в граммах, округлите до целых. Для расчета использовать молярные массы веществ также с точностью до целых.

**Ответ:** 6.

## 2.6. Третья попытка. Задачи 10-11 класса.

### Задача 2.6.1. (10 баллов)

Оксид металла содержит 30% кислорода по массе. Установите металл и запишите в ответе его русское название.

Ответ: Железо.

### Задача 2.6.2. (10 баллов)

Выберите из списка соединения, которые можно получить в 1 стадию из этанола.

1. Бутадиен-1,3
2. Этилен
3. Этаноламин
4. Ацетон
5. Этиленгликоль
6. Этилбромид

Ответ: 1, 2, 6.

### Задача 2.6.3. (10 баллов)

Расположите углеводороды в порядке увеличения количества теплоты, получаемой при сгорании 1 кг вещества. (При расчете количество вещества округлите до целого значения).

1. этилацетат (теплота сгорания 2254 кДж/моль)
2. метанол (теплота сгорания 727 кДж/моль)
3. этиленгликоль (теплота сгорания 1193 кДж/моль)
4. этанол (теплота сгорания 1367 кДж/моль)
5. ацетон (теплота сгорания 1790 кДж/моль)

Ответ: 3, 2, 1, 4, 5.

### Задача 2.6.4. (10 баллов)

Водный раствор муравьиной кислоты ( $K_a = 1.58 \cdot 10^{-4}$ ) имеет степень диссоциации 2.0%. Рассчитайте pH данного раствора? Ответ округлите до десятых долей.

Ответ: 2.1.

**Задача 2.6.5. (10 баллов)**

1 литр газообразного вещества при давлении 3.23 атм и температуре 18°C содержит  $5.692 \cdot 10^{23}$  атомов и имеет плотность 19.73 г/л. Установите формулу данного газа.

В ответе запишите формулу газа, например, CH<sub>4</sub>.

**Ответ:** SF<sub>6</sub> (F<sub>6</sub>S).

**Задача 2.6.6. (10 баллов)**

Оценить площадь сечения фуллерена C<sub>60</sub> (аллотропная модификация углерода, имеющая форму футбольного мяча), проходящего через его геометрический центр, если в нем присутствует два типа связей: более короткие (1.39 Å) связи, пролегающие вдоль общих ребер соседствующих шестиугольных граней, и более длинные (1.45 Å), расположенные по общим ребрам пяти- и шестиугольных граней.

В качестве ответа укажите наиболее подходящий диапазон значений из списка предложенных, выраженных в квадратных ангстремах.

1. 25-35
2. 35-45
3. 45-55
4. 55-65

**Ответ:** 2.

**Задача 2.6.7. (10 баллов)**

К 128.1 г 22%-ного раствора Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> добавили 30%-ный раствор серной кислоты, в результате образовался пересыщенный раствор NaHSO<sub>4</sub> (других растворенных веществ не оказалось). Какая масса кислой соли может выпасть в виде кристаллов при данной температуре, если ее растворимость составляет 28.5 г/100 г воды? Ответ, выраженный в граммах, округлите до целых. Для расчета использовать молярные массы веществ также с точностью до целых.

**Ответ:** 6.

**Задача 2.6.8. (10 баллов)**

Для каждого металла из списка подберите набор окислителей, действие которых приводит к растворению металла при комнатной температуре в отсутствие кислорода воздуха:

- |            |         |
|------------|---------|
| 1. Серебро | 3. Цинк |
| 2. Железо  | 4. Медь |



# Задачи первого этапа. Биология.

## 3.1. Первая попытка. Задачи 9 класса.

### *Задача 3.1.1. (5 баллов)*

Дерево во дворе служит домом для двух красных кардиналов, колонии муравьев, осинового гнезда и миллиона бактерий. Вместе все эти организмы представляют собой:

1. вид
2. сообщество
3. популяцию
4. экосистему
5. биосферу

### *Пояснения к ответу*

Приведённые организмы относятся к разным видам.

Сообщество - совокупность особей разных видов, проживающих на одной территории.

Популяция - совокупность особей одного вида.

Экосистема - биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов, среды их обитания, системы их связей и взаимодействия друг с другом. Дерево в данном случае является экосистемой. Биосфера- оболочка земли, заселённая живыми организмами.

**Ответ:** 2.

### *Задача 3.1.2. (3 балла)*

Какие абиотические факторы оказывают наиболее значимое влияние на жизнь в биоме?

1. температура и осадки
2. температура и давление
3. температура и широта
4. широта и долгота

### *Пояснения к ответу*

Самым важным абиотическим фактором является температура. От неё в первую очередь зависит интенсивность обмена веществ микроорганизмов и их географическое распространение. Вторым по значимости фактором является вода, которая физически необходима для любых организмов, а осадки - прямой источник воды. Остальные факторы играют менее важную роль в жизни в биоме.

**Ответ:** 1.

### *Задача 3.1.3. (5 баллов)*

Перечисленные млекопитающие все являются всеядными, за исключением

1. мышей
2. лис
3. морских котиков
4. енотов

### *Пояснения к ответу*

Всеядные животные питаются животной и растительной пищей. Лисы всеядны, питаются в первую очередь мелкими грызунами, более крупными животными, а также растительной пищей (плоды, фрукты и т.д.). Мыши питаются растительной пищей (семена, ягоды и т.д.) и животной (насекомыми). Еноты питаются насекомыми и разными другими мелкими животными, но также и фруктами, ягодами и орехами. Морские котки - исключительно хищники, питаются преимущественно рыбой.

**Ответ:** 3.

### *Задача 3.1.4. (5 баллов)*

Когда растение вырастает из семени в дерево, что является основным источником массы растения?

1. пища
2. питательные вещества из почвы
3. углекислый газ
4. солнечный свет

### *Пояснения к ответу*

Фотосинтез является ключевым процессом растения, от которого напрямую зависит его рост. А углекислый газ является одним из компонентов, необходимых для осуществления фотосинтеза.

**Ответ:** 3.

### ***Задача 3.1.5. (4 балла)***

Кто из Иглокожих обладает полностью внутренним (подкожным) скелетом, который используется им для поддержки?

1. морские ежи
2. морские огурцы
3. морские звезды
4. морские лилии
5. морские плоские ежи

#### ***Пояснения к ответу***

У всех иглокожих изначально скелет образуется из мезодермы, но затем у всех, кроме морских огурцов и морских звёзд становится внешним.

**Ответ:** 2, 3.

### ***Задача 3.1.6. (6 баллов)***

Благодаря каким из нижеперечисленных механизмов бактерия может приобрести устойчивость к антибиотикам?

1. конъюгация
2. репродукция
3. трансформация
4. трансдукция
5. мутация
6. устранение

#### ***Пояснения к ответу***

При конъюгации происходит обмен генетическим материалом между двумя контактирующими бактериями, соответственно, одна может передать другой устойчивость к антибиотику. С помощью трансформации можно в лабораторных условиях внести в геном бактерии чужеродный фрагмент, в том числе сделать бактерию резистентной. С помощью трансдукции посредством бактериофага можно передать генетический материал одной бактериальной клетки другой клетке. Мутация - один из основных природных механизмов приобретения устойчивости к антибиотикам. Репродукция и устранение не предполагают обмен генетическим материалом между разными клетками.

**Ответ:** 1, 3, 4, 5.

**Задача 3.1.7. (4 балла)**

Иван обеспокоен своим весом и хочет убрать из своих клеток все органеллы, отвечающие за синтез липидов. Какие органеллы ему нужно удалить?

1. шероховатый ЭПР
2. гладкий ЭПР
3. аппарат Гольджи
4. митохондрии

**Пояснения к ответу**

Шероховатый ЭПР отвечает за синтез белков, аппарат Гольджи - за транспорт веществ из ЭПР, митохондрии - за синтез АТФ, а гладкий ЭПР - за синтез липидов.

**Ответ:** 2.

**Задача 3.1.8. (9 баллов)**

Сопоставьте гормон растения с основным ответом на его действие

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1. абсцизовая кислота | а. удлинение стебля  |
| 2. ауксины            | б. деление клетки    |
| 3. гиббереллины       | в. растяжение клеток |
| 4. цитокинины         | г. увядание листьев  |

**Ответ:** 1 - г, 2 - б, 3 - в, 4 - а.

**Задача 3.1.9. (9 баллов)**

Составьте пищевую цепь из следующих организмов и решите задачу.

Даны следующие организмы: лягушки, мухи, манго, стрекозы. Продуценты выделяют 3500000 кДж энергии в день. Сколько энергии передадут стрекозы консументам следующего порядка за месяц (июнь), если передача энергии осуществляется по правилу Линдемана. Ответ округлите до целых.

**Решение**

манго → муха → стрекоза → лягушка

$$3500000 \cdot 0.1 \cdot 0.1 \cdot 0.1 \cdot 30 = 105000 \text{ кДж}$$

**Ответ:** 105000.

**Задача 3.1.10. (10 баллов)**

На поле в 500 га за лето созревает 450 тонн зерна. В то же время с гектара этого поля полёвки получают 4.5 центнера собственной массы. Сколько хищных птиц прокармливается с данного поля, если одной птице для выживания необходимо получать 15 кг биомассы в месяц. Перенос биомассы между уровнями одинаковый. Учитывайте, что полёвка на 70% состоит из воды. Содержанием воды в зерне пренебречь. Ответ округлите до целых, в ходе решения числа не округляйте.

**Решение**

$1500/500 = 3$  тонны с гектара.  $0.45/3 = 15\%$  - переход между уровнями.  
 $0.45 \cdot 500 \text{ га}/3 = 75$  тонн – масса полёвок в месяц.  $75 \cdot 30\% = 22.5$  тонн – биомасса.  $22.5 \cdot 15\% = 3.375$  т – переходит к птицам.  $3.375/0.015 = 225$  птиц

**Ответ:** 225.

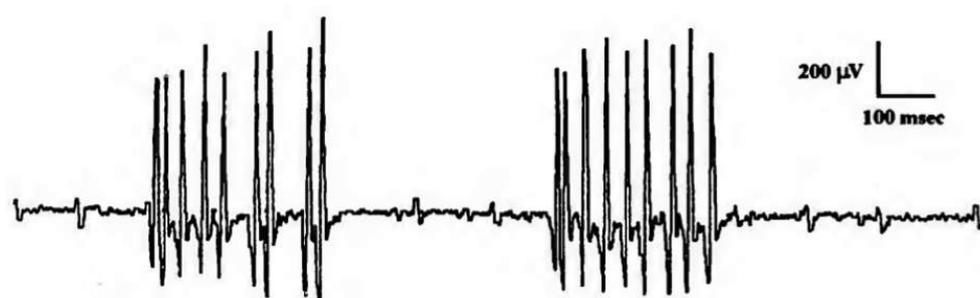
**Задача 3.1.11. (8 баллов)**

Электромиография – метод исследования электрической активности мышц. Обычно для получения электромиограммы (ЭМГ) в исследуемую мышцу пациента вводят тонкую иглу, содержащую в себе активный регистрирующий электрод, а на коже над мышцей закрепляют электрод сравнения. Сама ЭМГ представляет собой график зависимости электрического потенциала мышцы от времени. Рассмотрите ЭМГ шести пациентов и определите состояние изучаемых мышц в момент исследования: сопоставьте пациентов и состояния их мышц.

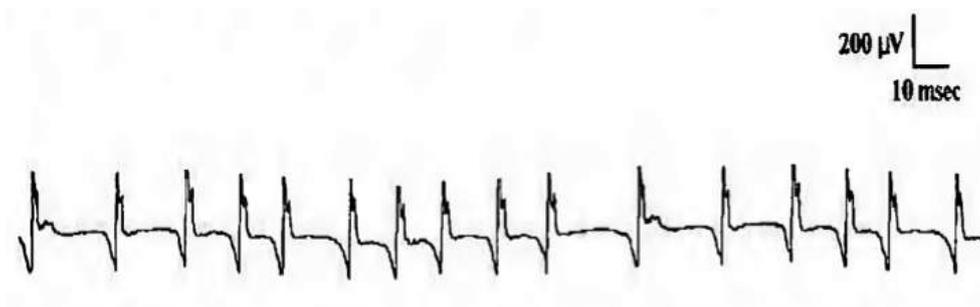
Пациент 1



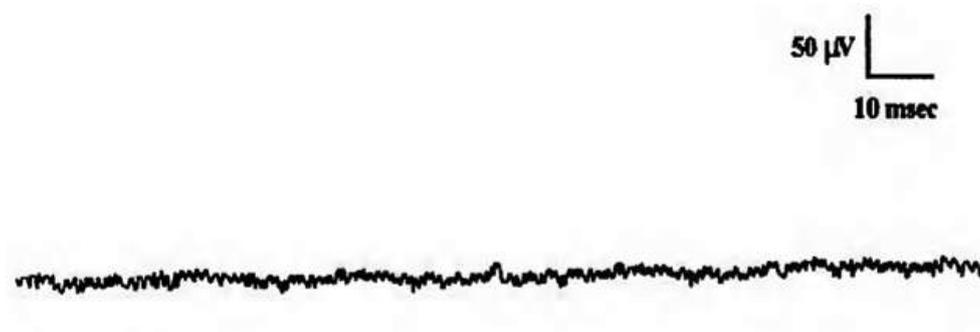
Пациент 2



Пациент 3



Пациент 4



Пациент 5



Пациент 6



Выберите верные утверждения:

1. Самая высокая амплитуда наблюдается у пациента 6

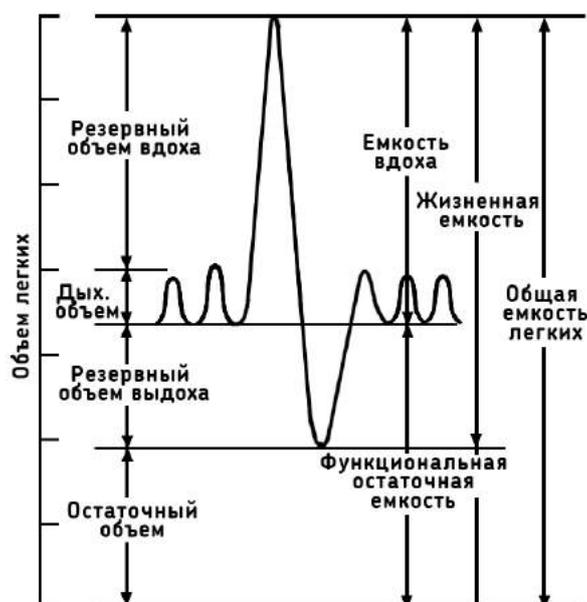
2. Нерегулярные группы разрядов переменной амплитуды продолжительностью 0.2-0.4 с можно наблюдать у пациента 5
3. Мышца пациента 4 находится в покое
4. Мышца пациента 3 судорожно сокращается (с частотой около 50 Гц происходят регулярные разряды моторных единиц)

Ответ: 3, 4.

### Задача 3.1.12. (8 баллов)

Спирограмма – метод исследования внешнего дыхания. Этот метод позволяет оценить, как меняются дыхательные движения в разных физиологических условиях.

Метод спирографии подходит для оценки объема легких. На рисунке представлена спирограмма пациента, когда он дышал ровно и сделал максимально глубокие вдох и выдох. Отмечены различные дыхательные объемы.



Вычислите общую емкость легких в мл, если известно, что:

- Функциональная остаточная емкость 2.0 л;
- Резервный объем вдоха 2.4 л;
- Резервный объем выдоха 0.8 л;
- Жизненная емкость 4.6 л.

#### Пояснения к ответу

Необходимо обозначить все известные объемы на графике и, исходя из этих данных вычислить общий объем легких.

Ответ: 5800.

### Задача 3.1.13. (8 баллов)

В списке указан расход энергии мышцами при различных видах физической активности в формате: "Вид физической активности — Расход энергии, ккал/час"

- Сидение — 100
- Ходьба — 200
- Езда на велосипеде (9 км/ч) — 300
- Уборка снега лопатой — 480
- Бег (9 км/ч) — 600
- Гребля — 830

Определите, какое количество АТФ (в килограммах) израсходовал Иван за день, если известно что:

- На работу Иван не спеша ездит на велосипеде, дорога в каждую сторону занимает 20 минут.
- В рабочее время (8 часов в день) Иван сидит.
- Иван ведет здоровый образ жизни, поэтому, вернувшись с работы, он выходит побегать 45 минут (со скоростью 9 км/ч).

Считайте, что энергия гидролиза АТФ до АДФ равна 14.5 ккал/г. Ответ округлите до целых.

#### Решение

Для начала необходимо определить сколько энергии расходуется на каждом участке пути (при этом учесть, что необходимо учитывать дорогу туда и обратно). Так, например, при езде на велосипеде затрачивается

$$300 \text{ ккал/час} \cdot (20 \text{ мин} + 20 \text{ мин}) = 300 \text{ ккал/час} \cdot 2/3 \text{ час} = 200 \text{ ккал.}$$

Аналогично рассчитываются другие участки пути. В итоге получается:

$$(200 + 800 + 450)/14.5 = 100.$$

**Ответ:** 100.

### Задача 3.1.14. (8 баллов)

Гомеостаз – способность организма поддерживать постоянство внутренней среды. Различные параметры (температура, концентрация веществ, рН) поддерживаются при помощи разных механизмов. Сопоставьте механизмы регуляции и уровни организации живого, на котором происходит регуляция данного параметра.

1. Выделение слизи в дыхательных путях
2. Увеличение биосинтеза актина и миозина в ответ на нагрузки
3. Выделение адреналина при опасности

4. Белковая буферная система крови
5. Выделение кислоты желудком при попадании в него пищи
  - а. Молекулярный
  - б. Организменный
  - в. Органный
  - г. Тканевой
  - д. Клеточный

### *Пояснения к ответу*

1. Белковая буферная система крови - Молекулярный (Происходит присоединение или отсоединение протона на молекулярном уровне)
2. Выделение адреналина при опасности - Организменный (Задействованы сразу несколько систем органов, поэтому уровень организменный)
3. Увеличение биосинтеза актина и миозина в ответ на нагрузки - Клеточный (Регуляция экспрессии генов происходит на уровне клетки)
4. Выделение слизи в дыхательных путях - Тканевой (В данном процессе участвуют сразу несколько клеток нервной ткани - тканевой уровень)
5. Выделение кислоты желудком при попадании в него пищи - Органный (Данный процесс регулируется паракринными сигналами на уровне желудка, при этом задействован весь орган)

**Ответ:** 1 - г, 2 - д, 3 - б, 4 - а, 5 - в.

### *Задача 3.1.15. (8 баллов)*

Для создания мембранного потенциала достаточно компонентов:

1. Мембрана, непроницаемая для ионов
2. Заряженные молекулы с двух сторон мембраны
3. Мембранные белки-рецепторы
4. Клеточная стенка
5. Натриевый канал
6. Рибосом

**Ответ:** 1, 2.

### *Задача 3.1.16. (4 балла)*

Какое вещество содержится в клеточной стенке растений?

1. хлорофилл
2. хитин

3. целлюлоза
4. пептидогликан

***Пояснения к ответу***

Пептидогликан - основной компонент клеточной стенки бактерий, хитин входит в состав наружного покрова насекомых, хлорофилл - зелёный пигмент растений, участвующий в фотосинтезе, а целлюлоза - основной компонент клеточной стенки растений.

**Ответ:** 3.

***Задача 3.1.17. (5 баллов)***

Какой тип бактерий не способен использовать кислород для производства энергии?

1. аэротолерантные анаэробы
2. хемогетеротрофы
3. факультативные анаэробы
4. облигатные аэробы

***Пояснения к ответу***

Хемогетеротрофы используют химическую энергию, освобождающуюся в ходе окисления органических веществ, получают энергию четырьмя способами: аэробным дыханием, неполным окислением, брожением и анаэробным дыханием. У факультативных анаэробов энергетические циклы проходят по анаэробному пути, но способны существовать при доступе кислорода. Облигатные аэробы нуждаются в кислороде для дыхания и не могут жить в его отсутствие. Аэротолерантные анаэробы - организмы, которые не погибают в присутствии кислорода. Но не способны переключиться на аэробный тип дыхания.

**Ответ:** 1.

***Задача 3.1.18. (4 балла)***

Какое утверждение о клетках является верным?

1. Водоросли - прокариотические организмы.
2. Хромосомы находятся в цитоплазме.
3. Цитоплазма содержит целлюлозу.
4. Рибосомы являются местом синтеза белка.

### *Пояснения к ответу*

Хромосомы находятся в ядре, Цитоплазма в основном состоит из воды и содержит разные органические и неорганические вещества, а целлюлоза - это главный компонент клеточной стенки растений. На рибосомах действительно осуществляется синтез белка. Водоросли бывают как прокариотами (цианобактерии или сине-зелёные водоросли), так и эукариотами.

**Ответ:** 4.

### *Задача 3.1.19. (4 балла)*

Какой список содержит только абиотические факторы?

1. разнообразие источников пищи, годовое количество осадков и количество редуцентов
2. плотность хищников, глубина воды и типы паразитов
3. температура воды, количество солнечного света и тип почвы
4. количество осадков, количество видов продуцентов и типы растений

### *Пояснения к ответу*

Абиотические факторы - это свойства неживой природы, которые влияют на живые организмы. Плотность хищников, типы паразитов, количество видов продуцентов, типы растений, количество редуцентов - это биотические факторы.

**Ответ:** 3.

### *Задача 3.1.20. (5 баллов)*

Когда вы едите другой организм, сколько энергии вы можете использовать?

1. 10% его энергии
2. половину его энергии
3. 1% его энергии
4. 90-100% его энергии

### *Пояснения к ответу*

В большинстве случаев энергия передаётся по правилу Линдемана - 10%.

**Ответ:** 1.

**Задача 3.1.21. (5 баллов)**

Метод классификации бактерий, основанный на присутствии или отсутствии внешней мембраны, — это

1. анализ метаболического пути
2. морфологический анализ
3. окрашивание по Граму
4. анализ под световым микроскопом

**Пояснения к ответу**

При окрашивании по Граму грамположительные бактерии после промывки сохраняют окраску из-за отсутствия внешней мембраны. Грамотрицательные бактерии имеют внешнюю мембрану, которая препятствует проникновению краски внутрь.

**Ответ:** 3.

**Задача 3.1.22. (5 баллов)**

Выберите все типы активного транспорта из приведённого списка.

1. конвекция
2. осмос
3. облегченная диффузия
4. натрий-калиевый насос
5. экзоцитоз
6. эндоцитоз
7. адвекция

**Пояснения к ответу**

Конвекция - вид теплообмена, возникающий самопроизвольно, при ней энергия передаётся струями и потоками, например, возникает в веществе при его неравномерном нагревании. Натрий-калиевый насос - активный транспорт против градиента концентрации. Адвекция - перемещение воздуха в горизонтальном направлении, пример пассивного транспорта. Эндоцитоз - захват клеткой веществ извне путём образования мембранных везикул. Экзоцитоз - процесс транспорта внутриклеточных веществ наружу, при этом внутренняя везикула сливается с мембраной клетки и содержимое везикулы выделяется наружу. Осмос - движение жидкости в сторону большей концентрации. Облегчённая диффузия - вещество переносится через мембрану по градиенту концентрации.

**Ответ:** 4, 5, 6.

**Задача 3.1.23. (9 баллов)**

Вы можете изменить условие задания в этом поле и указать настройки ниже.

- |                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Аппарат Гольджи | а. Синтез белка       |
| 2. Ядрышко         | б. Синтез рибосом     |
| 3. Шероховатый ЭПР | в. Модификация белков |
| 4. Везикула        | г. Хранение ферментов |

**Пояснения к ответу**

Основная функция ядрышка - синтез рибосом. В шероховатом ЭПР синтезируется белок, аппарат Гольджи выводит вещества из ЭПР, в частности в аппарате Гольджи модифицируются белки. Синтезированные в ЭПР. Везикула хранит и переносит различные вещества, в том числе ферменты.

**Ответ:** 1 - в, 2 - б, 3 - а, 4 - г.

**Задача 3.1.24. (10 баллов)**

Сколько кг глюкозы производят растения садового участка в процессе фотосинтеза в месяц, если за сутки на этот процесс они тратят 15л воды? Ответ округлите до целых.

**Решение**

$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$  1 л  $H_2O = 1$  кг  $H_2O$ ,  $15000/18 = 833$  моль,  $833/6 = 139$  моль глюкозы в сутки,  $180 \cdot 139 = 25020$  г – масса в сутки,  $750600$  г в месяц = 750 кг

**Ответ:**  $752 \pm 2$

**Задача 3.1.25. (9 баллов)**

В этом году в охотничьем хозяйстве выдали лицензию на отлов 7 кабанов из 30, обитающих в хозяйстве. На этой же территории обитает стая редких волков, для которой кабаны служат единственным источником пищи. Биомасса желудей на территории хозяйства составляет 13.913 т. Из какого максимального количества особей может состоять волчья стая, чтобы в текущем году все особи смогли прокормиться на территории хозяйства. Необходимая волку биомасса в среднем составляет 40 кг. Переход биомассы между уровнями составляет 15%. Ответ округлите до целых.

**Решение**

$13913 \cdot 0.15 = 2087$  кг на уровне кабанов.

$2087/30 \cdot 23 = 1599$

$$1599 \cdot 0.15 = 239.9 \text{ волкам. } 239.9/40 = 5.9 = 6$$

Ответ: 6.

### Задача 3.1.26. (8 баллов)

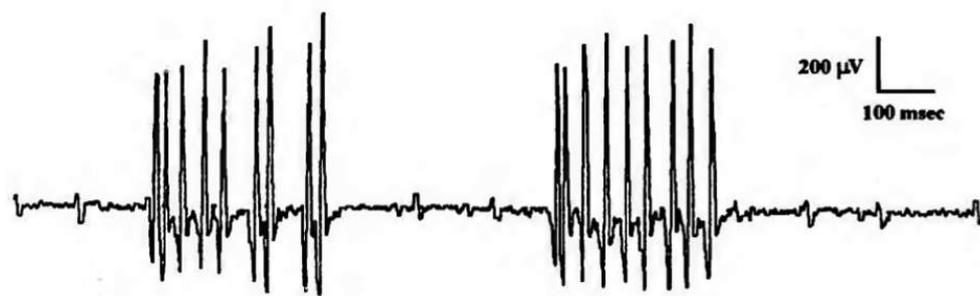
Электромиография – метод исследования электрической активности мышц. Обычно для получения электромиограммы (ЭМГ) в исследуемую мышцу пациента вводят тонкую иглу, содержащую в себе активный регистрирующий электрод, а на коже над мышцей закрепляют электрод сравнения. Сама ЭМГ представляет собой график зависимости электрического потенциала мышцы от времени.

Рассмотрите ЭМГ шести пациентов и определите состояние изучаемых мышц в момент исследования: сопоставьте пациентов и состояния их мышц.

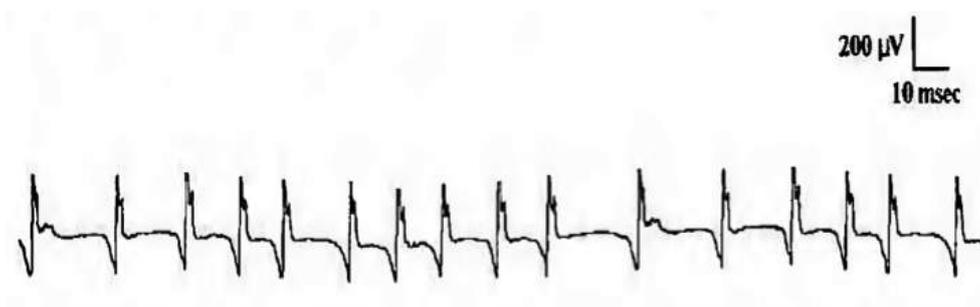
Пациент 1



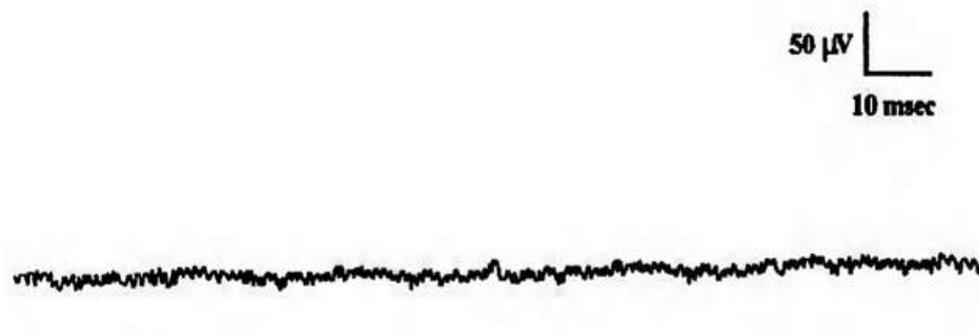
Пациент 2



Пациент 3



Пациент 4



Пациент 5



Пациент 6



Выберите верные утверждения:

1. Пациент 1
  2. Пациент 2
  3. Пациент 3
  4. Пациент 4
  5. Пациент 5
  6. Пациент 6
- а. Судорога (регулярные разряды определенных моторных единиц с низкой амплитудой и частотой 20-150 Гц)
- б. Миокимия (группы разрядов определенных моторных единиц с высокой амплитудой и частотой 5-60 Гц)

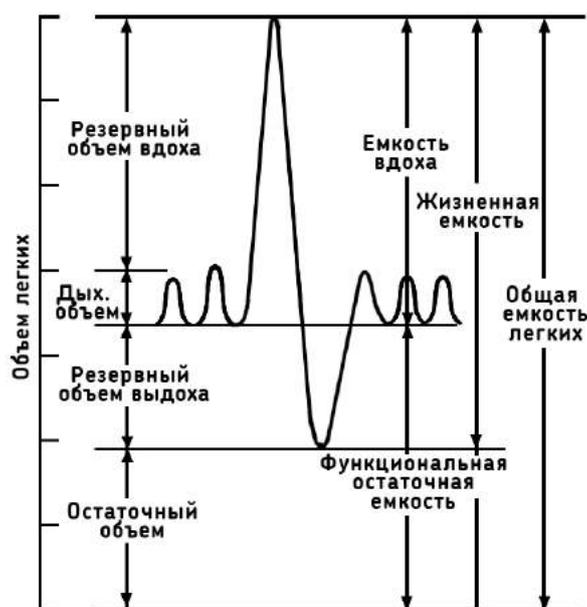
- в. Нейромиотония (регулярные разряды определенных моторных единиц со снижающейся амплитудой и частотой 150-250 Гц)
- г. Тремор покоя (нерегулярные группы разрядов переменной амплитуды продолжительностью 0.2-0.4 с)
- д. Комплексные повторяющиеся разряды (регулярные группы разрядов переменной амплитуды продолжительностью около 0.1 с)
- е. Покой

Ответ: 1 - в, 2 - б, 3 - а, 4 - е, 5 - д, 6 - г.

### Задача 3.1.27. (8 баллов)

Спирограмма – метод исследования внешнего дыхания. Этот метод позволяет оценить, как меняются дыхательные движения в разных физиологических условиях.

Метод спирографии подходит для оценки объема легких. На рисунке представлена спирограмма пациента, когда он дышал ровно и сделал максимально глубокие вдох и выдох. Отмечены различные дыхательные объемы.



Вычислите общую емкость легких в мл, если известно, что:

- Общая емкость легких 6.3л;
- Функциональная остаточная емкость 2.2 л;
- Резервный объем вдоха 2.6 л;
- Резервный объем выдоха 0.9л;
- Емкость вдоха 3.1 л.

Ответ: 5000.

### Задача 3.1.28. (8 баллов)

В списке указан расход энергии мышцами при различных видах физической активности в формате: "Вид физической активности — Расход энергии, ккал/час"

- Сидение — 100
- Ходьба — 200
- Езда на велосипеде (9 км/ч) — 300
- Уборка снега лопатой — 480
- Бег (9 км/ч) — 600
- Гребля — 830

Определите, какое количество АТФ (в килограммах) израсходовал Иван за день, если известно что:

- На работу Иван не спеша ездит на велосипеде, дорога в каждую сторону занимает 40 минут.
- В рабочее время (8 часов в день) Иван сидит.
- Иван ведет здоровый образ жизни, поэтому, вернувшись с работы, он выходит побегать 30 минут (со скоростью 9 км/ч).

Считайте, что энергия гидролиза АТФ до АДФ равна 14.5 ккал/г. Ответ округлите до целых.

**Ответ:** 94.

### Задача 3.1.29. (8 баллов)

Гомеостаз – способность организма поддерживать постоянство внутренней среды. Различные параметры (температура, концентрация веществ, рН) поддерживаются при помощи разных механизмов. Сопоставьте механизмы регуляции и уровни организации живого, на котором происходит регуляция данного параметра.

1. Увеличение биосинтеза соматотропного гормона
  2. Выделение инсулина при потреблении пищи
  3. Бикарбонатная буферная система крови
  4. Обратный захват нейромедиаторов нервными и глиальными клетками
  5. Выделение кислоты желудком при попадании в него пищи
- а. Молекулярный
  - б. Органный
  - в. Организменный
  - г. Тканевой
  - д. Клеточный

**Ответ:** 1 - д, 2 - в, 3 - а, 4 - г, 5 - б.

**Задача 3.1.30. (7 баллов)**

У чего можно измерить мембранный потенциал?

1. Эритроцита
2. Остеона
3. Нейрона
4. Клетки верхнего слоя ороговевающего эпителия
5. Клетки слизистого эпителия
6. Мышечного волокна
7. Лейкоцита

Ответ: 1, 3, 5, 6, 7.

**3.2. Первая попытка. Задачи 10-11 класса.****Задача 3.2.1. (3 балла)**

Какие утверждения НЕ верны для бактериальной клетки:

1. Клетки делятся митозом
2. Клеточная стенка содержит муреин
3. Жгутик вращается за счет работы ионных насосов
4. ДНК в клетке – двуцепочечная и всегда кольцевая
5. Микротрубочки используются для транспорта мембранных везикул

**Пояснения к ответу**

Деление клеток бактерий - бинарное, ДНК в клетке бактерий не всегда кольцевая и двуцепочечная, микротрубочки для транспорта везикул не используются

Ответ: 1, 4, 5.

**Задача 3.2.2. (6 баллов)**

В лаборатории была определена последовательность нуклеотидов мРНК гена зеленого флуоресцентного белка. Ее фрагмент 5'-ССАUGСССГААГГУАУГУАСАГГАА-3'. Данному фрагменту соответствует следующая последовательность нуклеотидов в кодирующей цепи ДНК.

1. 5'-ССАТГСССГААГГТТАТГТАСАГГАА-3'
2. 5'-GGТАСГГГСТТССААТАСАТГТССТТ-3'
3. 3'-ССАТГСССГААГГТТАТГТАСАГГАА-5'
4. 5'-ТТСТГТАСАТААСТТЦГГГСАТГГ-3'

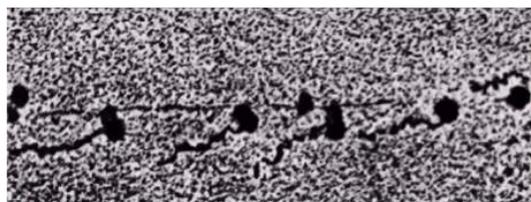
*Пояснения к ответу*

Последовательность кодирующей цепи соответствует мРНК, с заменой U на T

**Ответ:** 1.

*Задача 3.2.3. (3 балла)*

Для клеточного процесса, приведенного на картинке, справедливы утверждения:



1. Идет во всех клетках
2. Конечный продукт – РНК
3. Является матричным синтезом
4. В процессе участвуют тРНК
5. Встречается только у эукариот

*Пояснения к ответу*

Описан синтез белка на рибосомах.

**Ответ:** 1, 3, 4.

*Задача 3.2.4. (6 баллов)*

Компоненты, необходимые для репликации ДНК в клетке:

1. дАТФ, дЦТФ, дГТФ, дТТФ
2. ДНК-полимераза
3. Белки, стабилизирующие одноцепочечную ДНК
4. Затравка
5. Матрица ДНК
6. Ионы магния (II)

*Пояснения к ответу*

Все перечисленные компоненты необходимы для репликации ДНК.

**Ответ:** 1, 2, 3, 4, 5, 6.

### Задача 3.2.5. (3 балла)

Синтез белка в эукариотической клетке происходит:

1. В цитозоле
2. На мембранах ЭПС
3. В митохондриях
4. В хлоропластах
5. В лизосомах

#### Пояснения к ответу

Синтез белка происходит во всех перечисленных компартментах, кроме лизосом

Ответ: 1, 2, 3, 4.

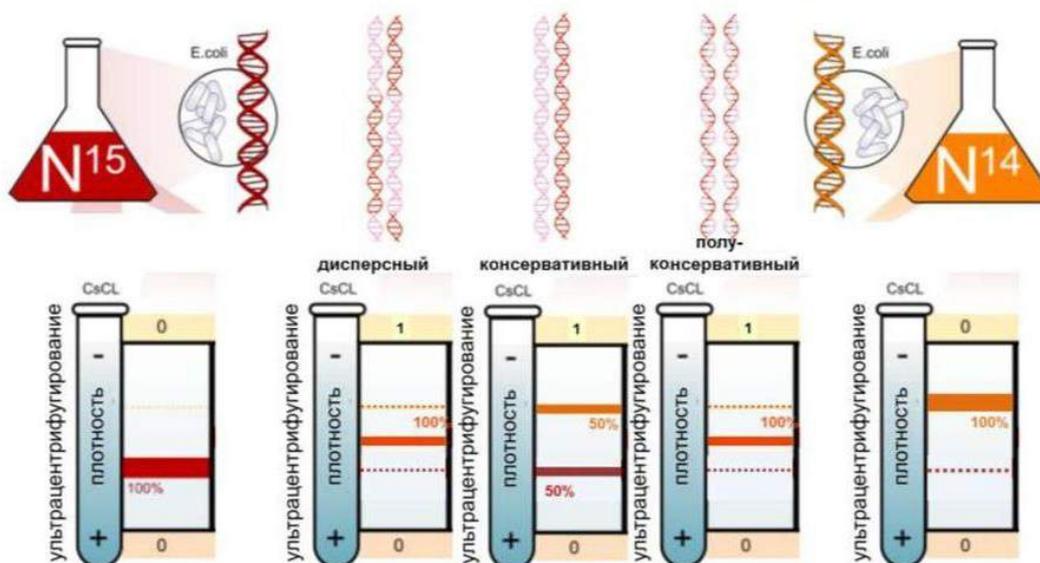
### Задача 3.2.6. (12 баллов)

В 1958 году Мезельсон, Сталь применили метод центрифугирование в градиенте плотности для разделения молекул ДНК, содержащих изотопы азота  $^{14}\text{N}$  и  $^{15}\text{N}$ . Мезельсон и Сталь выращивали несколько поколений бактерий *Escherichia coli* в среде, богатой  $^{15}\text{N}$  или  $^{14}\text{N}$ , а затем центрифугировали их ДНК в градиенте плотности хлористого цезия. При этом более тяжёлая, содержащая  $^{15}\text{N}$ , ДНК занимает положение ближе ко дну центрифужной пробирки, а легкая  $^{14}\text{N}$ -ДНК – более высокое.

Клетки *E. coli*, росшие несколько поколений на содержащей  $^{15}\text{N}$  среде были перенесены на  $^{14}\text{N}$ -содержащую среду. После первого и второго деления исследователи выделяли ДНК из клеток и центрифугировали ее в градиенте плотности. Результаты эксперимента можно увидеть на рисунке:

#### Принципы репликации: доказательства

1958 г., Мэтью Мезельсон (1930 г.) и Франклин Сталь (1929 г.)



Верными утверждениями являются:

1. Разделение молекул ДНК происходит по молекулярной массе
2. Плотность раствора CsCl нарастает к дну центрифужной пробирки
3. После первого деления, в одной цепи ДНК – только  $^{15}\text{N}$ , а в другой – только  $^{14}\text{N}$
4. Эксперимент опровергает полуконсервативный механизм репликации ДНК
5. Несколько поколений на среде с  $^{15}\text{N}$  необходимы для вытеснения  $^{14}\text{N}$  из молекул ДНК

### *Пояснения к ответу*

Данный эксперимент ПОДТВЕРЖДАЕТ полуконсервативный механизм репликации ДНК.

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

### *Задача 3.2.7. (6 баллов)*

Бегун бежит короткую дистанцию. При таком режиме бега энергетические запасы мышц быстро истощаются, а кислорода не хватает для полного окисления глюкозы. Известно, что при забеге, в его мышцах распадается 5.4 г глюкозы. Молярная масса глюкозы 180 г/моль.

Предположив, что эта энергия получена исключительно в ходе гликолиза, рассчитайте количество образовавшегося в ходе забега АТФ. Ответ приведите в молях, округлив до сотых.

### *Решение*

$5.4\text{г}/180\text{г/моль} = 0.03$  моль. В ходе гликолиза из одного моль глюкозы образуется два моль АТФ. Следовательно, в ходе забега образовалось вдвое больше АТФ – 0.06 моль.

**Ответ:** 0.06.

### *Задача 3.2.8. (6 баллов)*

Установите последовательность событий, происходящих при синтезе белка у прокариот.

1. тРНК, несущая (формил)метионин, узнает стартовый кодон
2. мРНК связывается малой субъединицей рибосомы
3. Завершается сворачивание белка
4. Завершается синтез мРНК
5. РНК-полимераза связывается с последовательностью ДНК

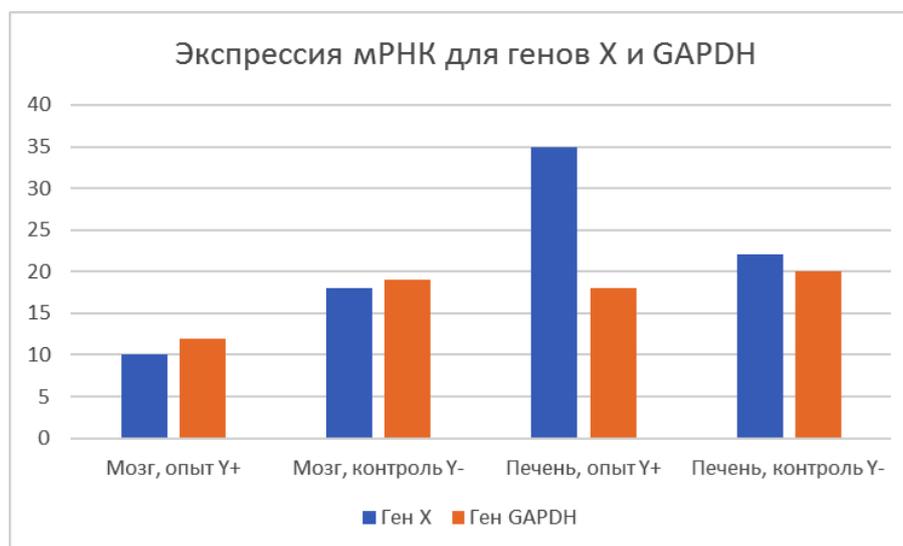
6. Рибосома распознает стоп-кодон

Ответ: 5, 4, 2, 1, 6, 3.

### Задача 3.2.9. (9 баллов)

Установите закономерности

В одной из лабораторий изучают влияние вещества Y на экспрессию гена X. У двух групп (опытной и контрольной) животных измерялся уровень экспрессии гена X (концентрация мРНК) и гена домашнего хозяйства GAPDH. Опытная группа получала вещество Y внутривенно, контрольная группа получала физиологический раствор. Результаты приведены на рисунке.



Исходя из рисунка определите, какие утверждения не противоречат результатам эксперимента:

1. Вероятно, вещество Y не проходит гематоэнцефалический барьер
2. Уровень экспрессии гена X не отличается в разных тканях
3. Вещество Y активирует в мозге экспрессию мРНК гена X
4. Вещество Y может разрушаться в печени продуктами гена X
5. Ген X не экспрессируется в мозге

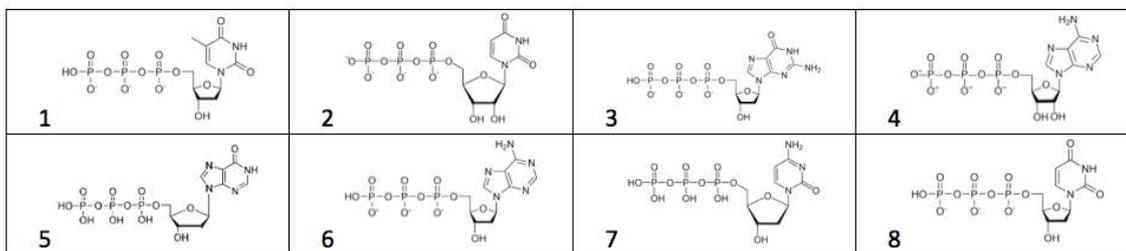
#### Пояснения к ответу

Следует отметить суждения (гипотезы), НЕ ПРОТИВОРЕЧАЮЩИЕ результатам эксперимента.

Ответ: 1, 4.

### Задача 3.2.10. (6 баллов)

Какие из изображенных молекул ДНК-полимераза использует во время репликации в клетках эукариот?



1. 1, 3, 6
2. 2, 4, 5
3. 3, 7, 8
4. 4, 5, 6
5. 6, 7, 8

#### Пояснения к ответу

В состав ДНК могут быть включены дАТФ, дГТФ, дТТФ, дЦТФ.

Ответ: 1.

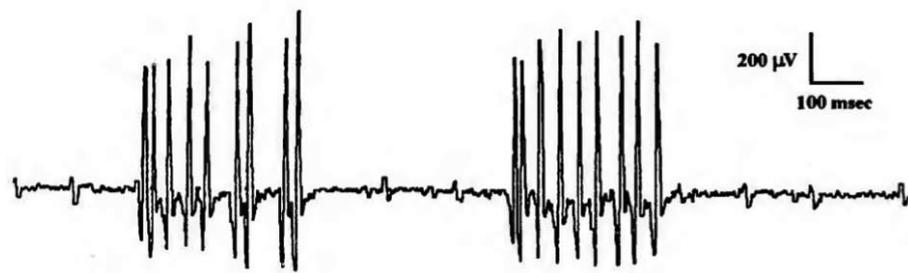
### Задача 3.2.11. (8 баллов)

Электромиография – метод исследования электрической активности мышц. Обычно для получения электромиограммы (ЭМГ) в исследуемую мышцу пациента вводят тонкую иглу, содержащую в себе активный регистрирующий электрод, а на коже над мышцей закрепляют электрод сравнения. Сама ЭМГ представляет собой график зависимости электрического потенциала мышцы от времени. Рассмотрите ЭМГ шести пациентов и определите состояние изучаемых мышц в момент исследования: сопоставьте пациентов и состояния их мышц.

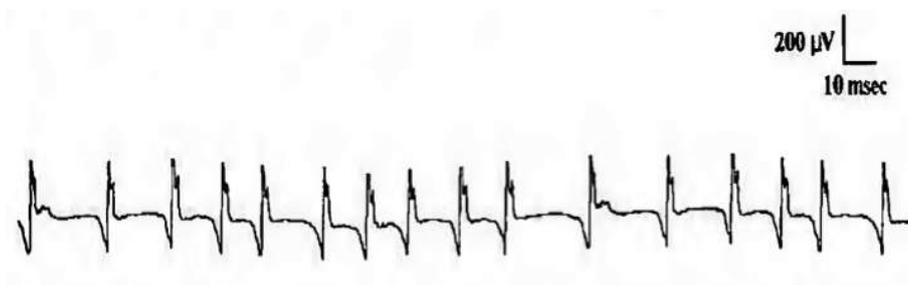
Пациент 1



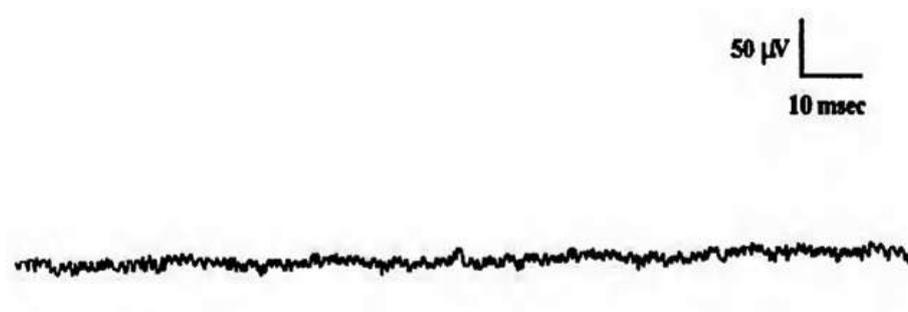
Пациент 2



Пациент 3



Пациент 4



Пациент 5



Пациент 6



Выберите верные утверждения:

1. Самая высокая амплитуда наблюдается у пациента 6
2. Нерегулярные группы разрядов переменной амплитуды продолжительностью 0.2-0.4 с можно наблюдать у пациента 5
3. Мышца пациента 4 находится в покое
4. Мышца пациента 3 судорожно сокращается (с частотой около 50 Гц происходят регулярные разряды моторных единиц)

Ответ: 3, 4.

### Задача 3.2.12. (8 баллов)

Электрокардиограмма - метод регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Это простой, но очень ценный метод, позволяющий изучать работу сердца. На рис.1 вы видите пики и интервалы ЭКГ, образующиеся при нормальной работе сердца. По ЭКГ определяют частоту сердечных сокращений, положение сердца в грудной клетке, нарушение в электрическом возбуждении сердца.

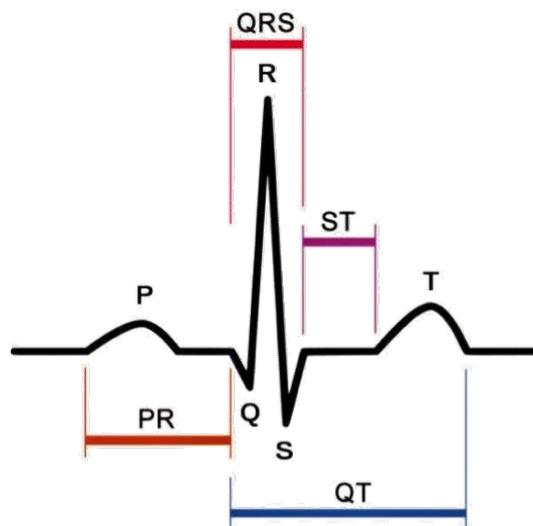


Рисунок 1. Стандартные зубцы и интервалы ЭКГ здорового человека.

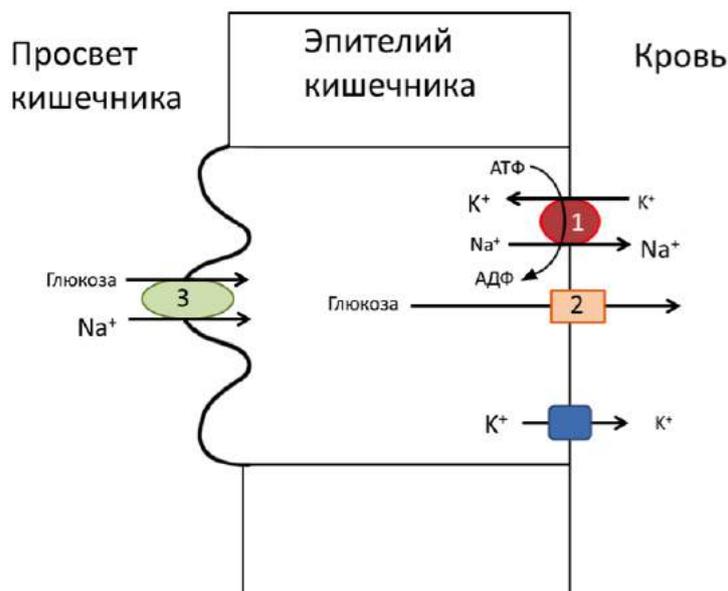
В современной медицине все чаще используются портативные кардиографы, которые способны записывать ЭКГ круглосуточно. При каком расположении двух электродов на теле человека возможна запись ЭКГ?

1. Оба на правом предплечье
2. Оба на левом предплечье
3. Один на правом бедре, другой на правой стопе
4. Один на груди, другой на животе
5. Один на правом предплечье, другой на левом бедре

Ответ: 4, 5.

### Задача 3.2.13. (8 баллов)

На рисунке показан механизм всасывания глюкозы из просвета кишечника в кровь. За счет работы мембранного насоса,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  - АТФ-азы (1), концентрация  $\text{Na}^+$  в эпителиоцитах ниже, чем концентрация  $\text{Na}^+$  в крови и просвете кишки. Это позволяет транспортировать глюкозу в эпителиоцит против ее концентрационного градиента, сопрягая транспорт глюкозы с транспортом ионов натрия по градиенту (3). Из эпителиоцита в кровь глюкоза поступает по градиенту (2). Концентрация ионов калия, наоборот, выше в эпителиоцитах, чем в крови.



Выберите верные утверждения:

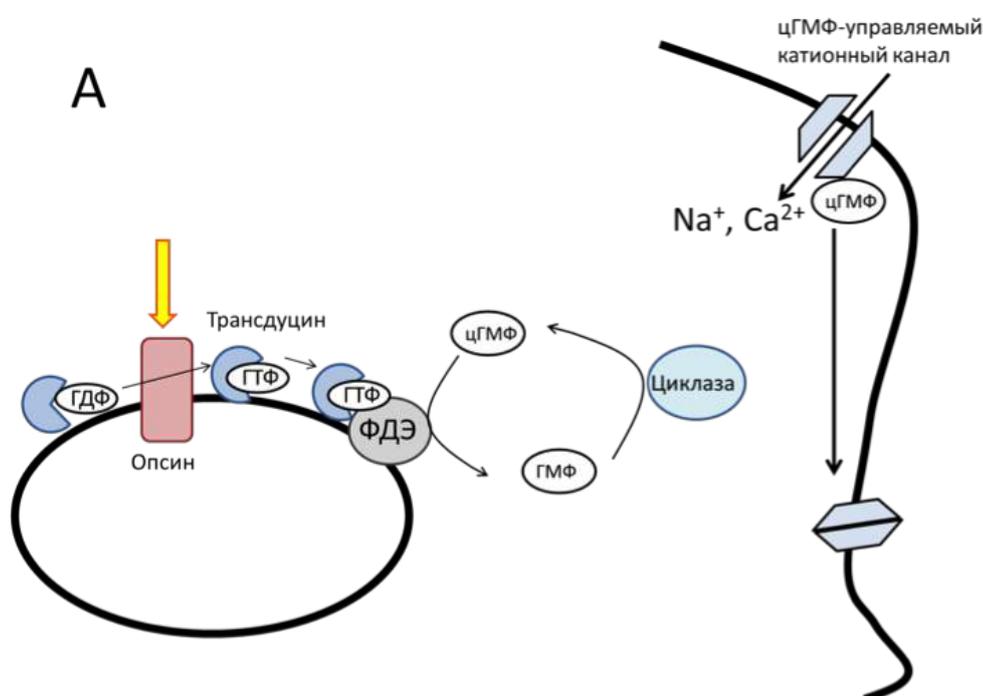
1. Для всасывания глюкозы из кишки необходима работа  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  - АТФ-азы
2. В норме концентрация глюкозы в эпителиоците выше, чем в крови
3. Натрий выходит из клетки по градиенту его концентрации. Для этого не нужна энергия АТФ
4. Калий может проходить через мембрану сам по себе, для этого не требуется специальный канал

Ответ: 1, 2.

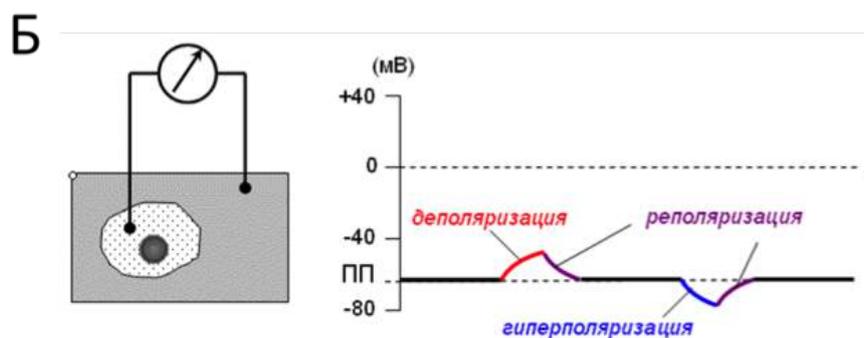
### Задача 3.2.14. (8 баллов)

Человек получает значительную часть информации об окружающем мире с помощью зрения. На рисунке А показан механизм восприятия света светочувствительными клетками человека. При попадании квантов света опсин стимулирует обмен ГДФ на ГТФ в трансдуцине, тем самым активируя этот белок. Активный трансдуцин активирует фосфодиэстеразу, которая разрушает циклический гуанозинмонофосфат. Это приводит к закрытию катионных каналов, в темноте обеспечивающих поступление ионов кальция и натрия внутрь фоточувствительной клетки.

На рисунке Б показан принцип измерения мембранного потенциала (разности потенциалов на мембране). Для большинства возбудимых клеток свойственно отрицательное значение потенциала покоя. Показаны также типы изменения мембранного потенциала. Например, поступление катионов внутрь клетки приводит к уменьшению мембранного потенциала.



**Легенда:** ГТФ – гуанозинтрифосфат, ГДФ – гуанозиндифосфат, ГМФ – гуанозинмонофосфат, цГМФ – циклический гуанозинмонофосфат, ФДЭ - фосфодиэстераза



Внимательно рассмотрите рисунок и выберите верные утверждения:

1. Поступление в клетку ионов Ca<sup>++</sup> приводит к деполяризации

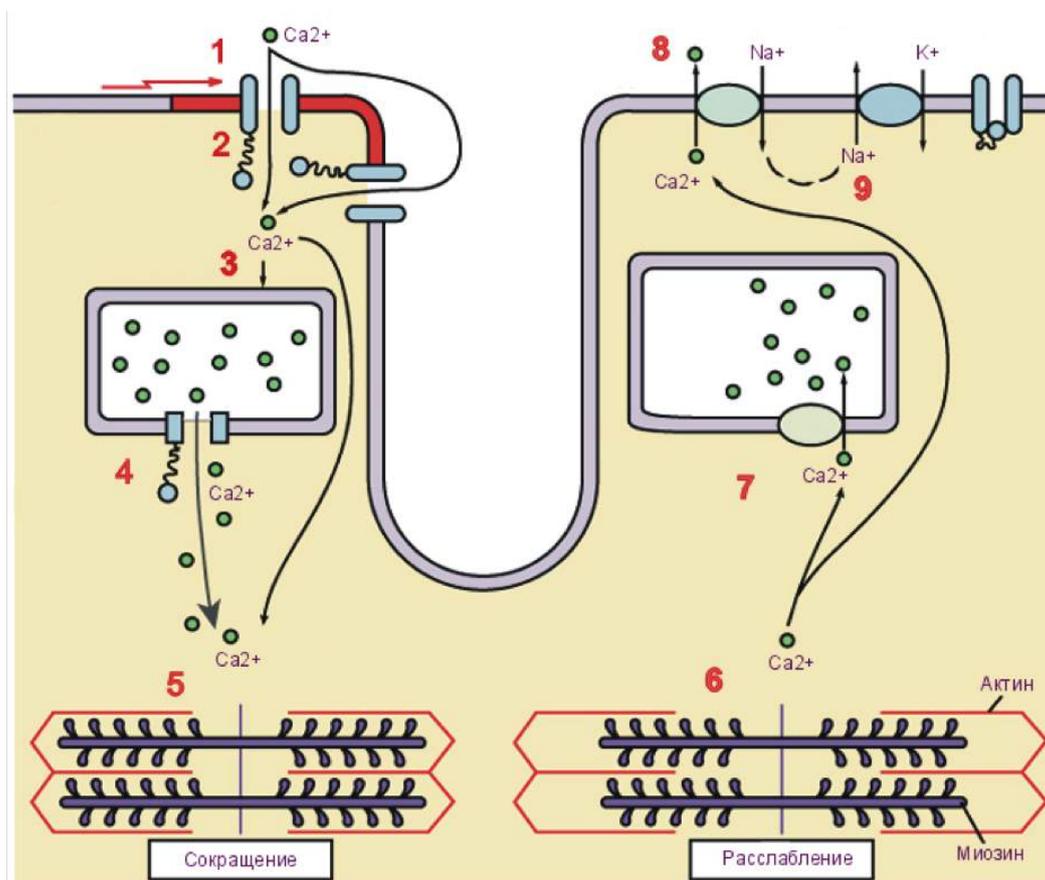
2. Деполяризация фоточувствительной клетки случается при попадании квантов света на опсин
3. Свет инактивирует фосфодиэстеразу
4. Ингибиторы фосфодиэстеразы приводят к гиперполяризации фоточувствительной клетки

Ответ: 1, 4.

### Задача 3.2.15. (8 баллов)

Рассмотрите схему, иллюстрирующую последовательность событий, приводящих к сокращению кардиомиоцита. (1-потенциал действия активирует  $\text{Ca}^{++}$  канал, и  $\text{Ca}^{++}$  входит в клетку (2), 3-4 —  $\text{Ca}^{++}$  выходит из саркоплазматического ретикулума, 5 - сокращение, 6 - расслабление, 7-8 —  $\text{Ca}^{++}$  выходит из цитоплазмы. Известно, что кальций необходим для запуска мышечного сокращения.

Выберите верные суждения.



1. В расслабленной мышце концентрация кальция в цитоплазме ниже, чем при сокращении
2. Вещество, блокирующее  $\text{Ca}$ -каналы, приводит к нарушению способности кардиомиоци
3. Кальций поступает в клетку против градиента концентрации
4. Белок, обозначенный цифрой 9, является АТФазой

Ответ: 1, 2, 4.

**Задача 3.2.16. (3 балла)**

Какие утверждения верны для овоцита человека?

1. Формирование овоцитов идет у плода внутриутробно
2. Овоцит имеет клеточную стенку, которые преодолевают сперматозоиды
3. В клетке содержится большое количество желточных гранул
4. Мейоз завершается после проникновения в клетку сперматозоида
5. На мембране клетки меняется потенциал при проникновении сперматозоида

**Пояснения к ответу**

Овоцит человека не содержит клеточную стенку и большое количество желточных гранул.

Ответ: 1, 2, 5.

**Задача 3.2.17. (6 баллов)**

В лаборатории была определена последовательность нуклеотидов мРНК гена зеленого флуоресцентного белка. Ее фрагмент 5'-ССАUGСССГААГГУАУГУАСАГГАА-3'. Данному фрагменту соответствует следующая последовательность нуклеотидов в некодирующей цепи ДНК.

1. 5'-ССАТГСССГААГГТТАТГТАСАГГАА-3'
2. 5'-GGТАСГГГСТТССААТАСАТГТССТТ-3'
3. 3'-ССАТГСССГААГГТТАТГТАСАГГАА-5'
4. 5'-ТТСТГТАСАТААСТТСТГГГСАТГГ-3'

**Пояснения к ответу**

Последовательность некодирующей цепи комплементарна мРНК.

Ответ: 4.

**Задача 3.2.18. (3 балла)**

Для клеточного процесса, приведенного на картинке, справедливы утверждения:



1. Идет без затрат энергии
2. Требуется наличие ионов  $\text{Na}^+$
3. Не является матричным синтезом
4. В процессе участвуют белки
5. Встречается только у эукариот

***Пояснения к ответу***

Изображен процесс образования везикулярных структур.

**Ответ:** 3, 4, 5.

***Задача 3.2.19. (6 баллов)***

Компоненты, необходимые для репликации ДНК в пробирке (проведения полимеразной цепной реакции)

1. Смесь нуклеозидтрифосфатов
2. ДНК-полимераза
3. Белки, стабилизирующие одноцепочечную ДНК
4. Короткие фрагменты ДНК, комплементарные матрице
5. Матрица ДНК
6. Ионы магния

***Пояснения к ответу***

Белки, стабилизирующие одноцепочечную ДНК, не требуются для проведения ПЦР.

**Ответ:** 1, 2, 4, 5, 6.

***Задача 3.2.20. (3 балла)***

Для синтеза белка на рибосоме необходимы:

1. Матричная РНК
2. Малая субъединица рибосомы

3. РНК-полимераза
4. Транспортные РНК с аминокислотами
5. Матрица ДНК

### Пояснения к ответу

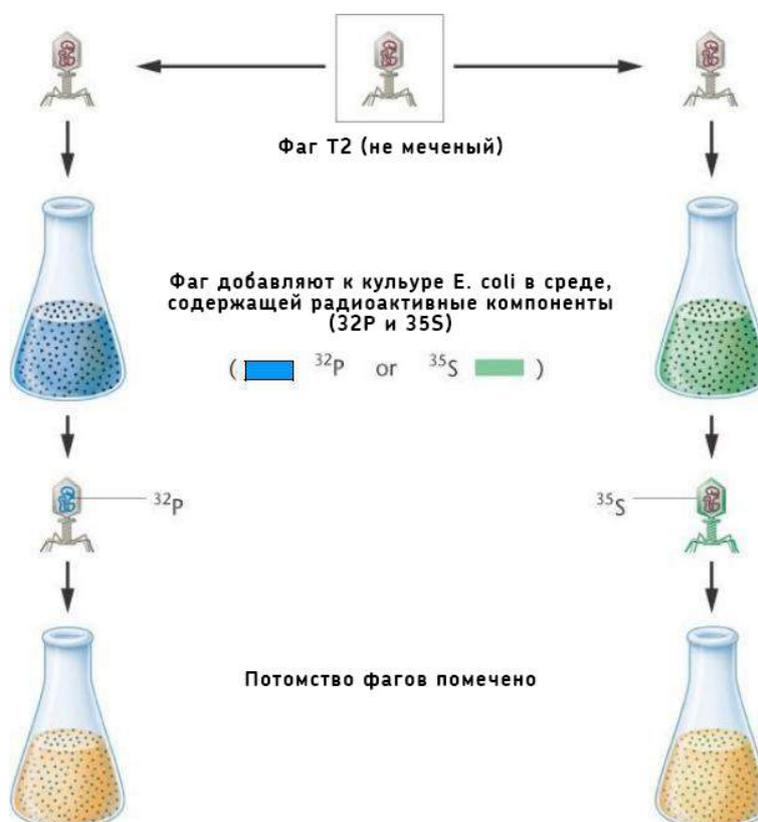
Для синтеза белка не требуется РНК-полимераза и матрица ДНК.

Ответ: 1, 2, 4.

### Задача 3.2.21. (12 баллов)

В 1952г. Херши и Чейз провели эксперимент с бактериофагом Т2. Бактериофаг Т2 состоит из белковой оболочки, внутри которой находится ДНК. Херши и Чейз выращивали бактерий на среде, содержащей радиоактивный фосфор-32 и на среде с радиоактивной серой-35. При добавлении бактериофагов к этим бактериям, бактериофаги включали эти радиоактивные изотопы в состав нуклеиновых кислот и белков.

Радиоактивно-мечеными бактериофагами инфицировали бактерии, свободные от радиоактивных изотопов, после чего отмывали (при этом вирусные частицы оказывались в смыве). Когда к бактериям добавлялись меченые фосфором-32 бактериофаги, радиоактивная метка после инфицирования находилась в бактериальных клетках. Если же к бактериям добавлялись бактериофаги, меченые серой-35, то метка обнаруживалась только в смывах, но не в бактериальных клетках.



Верными утверждениями являются:

1. Радиоактивный фосфор в эксперименте включался в состав белка
2. Наличие в смывах метки возможно при инфицировании  $^{32}\text{P}$  мечеными бактериофагами
3. Из эксперимента следует, что именно ДНК проникает внутрь клетки
4. Эксперимент опровергает гипотезу о роли белка в передаче генетической информации
5. Бактериофаги меченные радиоактивными S и P не отличаются по способности инфицировать бактериальные клетки

### *Пояснения к ответу*

Радиоактивный фосфор включается в состав нуклеиновых кислот (ДНК, РНК), радиоактивная сера входит в состав белков (аминокислот цистеина и метионина).

**Ответ:** 3, 4, 5.

### *Задача 3.2.22. (6 баллов)*

Дрожжи попали в 0.8 л бутылку с виноградным соком с содержанием сахара 20%. После некоторого времени содержание сахара упало до 15%. Какое количество АТФ образовалось в клетках дрожжей, если бутылка была плотно закупорена, а все сахара в соке представлены глюкозой? Молярная масса глюкозы 180 г/моль. Ответ приведите в молях, округлив до сотых.

### *Решение*

$0.8 \text{ кг} \cdot 0.05 = 0.04 \text{ кг} = 40 \text{ г}$ ;  $40 \text{ г} / 180 \text{ г/моль} = 0.22 \text{ моль}$ . В ходе гликолиза из одного моль глюкозы образуется два моль АТФ. Следовательно, в ходе забега образовалось вдвое больше АТФ – 0.44 моль.

**Ответ:** 0.44.

### *Задача 3.2.23. (6 баллов)*

Установите последовательность событий, происходящих при синтезе белка у эукариот

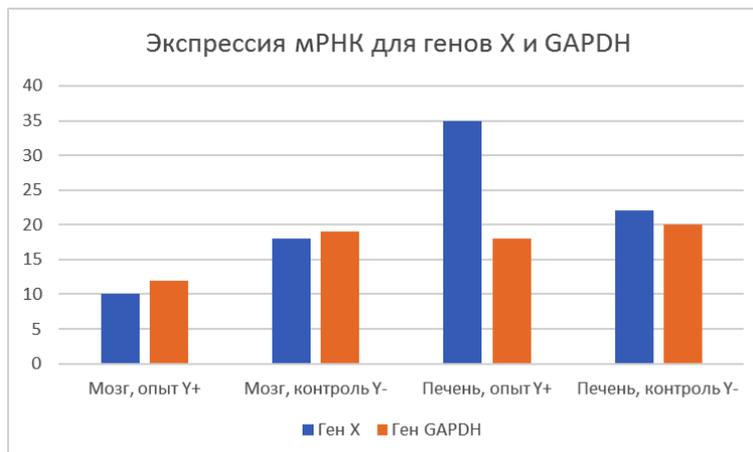
1. Из пре-мРНК вырезаются интроны
2. тРНК, несущая метионин, связывается с малой субъединицей рибосомы
3. РНК-полимераза связывается с последовательностью ДНК
4. Большая субъединица присоединяется к малой субъединице рибосомы
5. мРНК выходит из ядра в цитоплазму
6. Происходят посттрансляционные модификации белка

**Ответ:** 3, 1, 5, 2, 4, 6.

### Задача 3.2.24. (9 баллов)

Установите закономерности

В одной из лабораторий изучают влияние вещества Y на экспрессию гена X. У двух групп (опытной и контрольной) животных измерялся уровень экспрессии гена X (концентрация мРНК) и гена домашнего хозяйства GAPDH. Опытная группа получала вещество Y внутривенно, контрольная группа получала физиологический раствор. Результаты приведены на рисунке.



Исходя из рисунка определите, какие утверждения не противоречат результатам эксперимента:

1. Вероятно, вещество Y не проходит гематоэнцефалический барьер
2. Уровень экспрессии гена X не отличается в разных тканях
3. Вещество Y активирует в мозге экспрессию мРНК гена X
4. Вещество Y может разрушаться в печени продуктами гена X
5. Ген X не экспрессируется в мозге

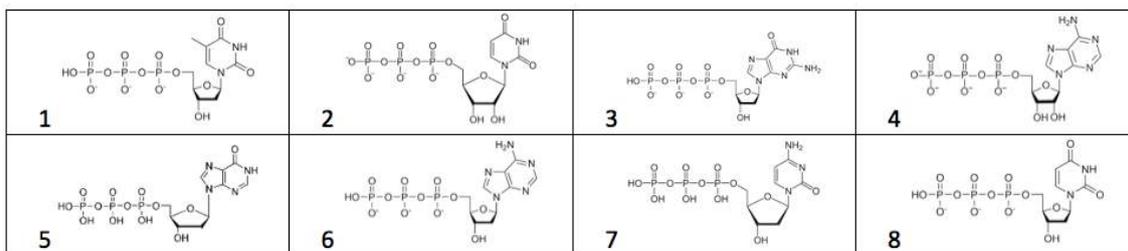
#### Пояснения к ответу

Следует отметить суждения (гипотезы), НЕ ПРОТИВОРЕЧАЮЩИЕ результатам эксперимента.

**Ответ:** 2, 3, 4.

### Задача 3.2.25. (6 баллов)

Какие из изображенных молекул ДНК-полимераза использует во время репликации в клетках эукариот?



1. 1, 6, 7
2. 2, 4
3. 3, 5, 8
4. 4, 5, 6
5. 6, 7, 8

### Пояснения к ответу

В состав ДНК могут быть включены дАТФ, дГТФ, дТТФ, дЦТФ.

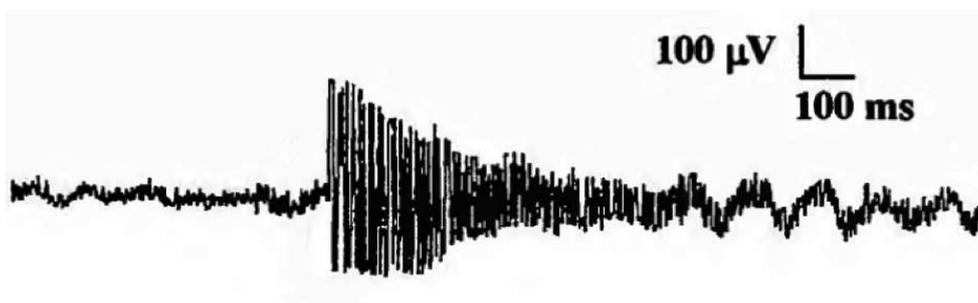
Ответ: 1.

### Задача 3.2.26. (8 баллов)

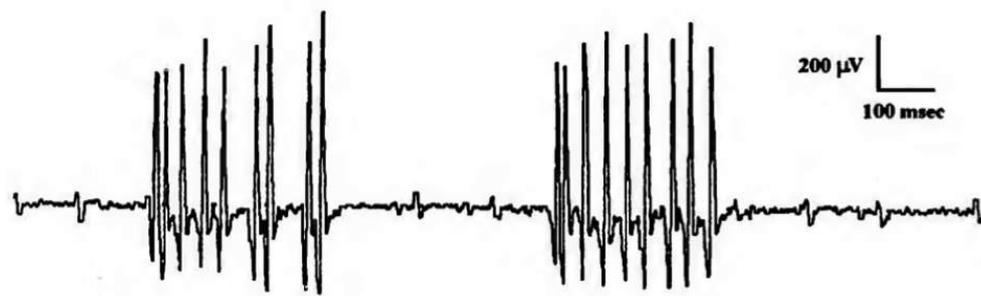
Электромиография – метод исследования электрической активности мышц. Обычно для получения электромиограммы (ЭМГ) в исследуемую мышцу пациента вводят тонкую иглу, содержащую в себе активный регистрирующий электрод, а на коже над мышцей закрепляют электрод сравнения. Сама ЭМГ представляет собой график зависимости электрического потенциала мышцы от времени.

Рассмотрите ЭМГ шести пациентов и определите состояние изучаемых мышц в момент исследования: сопоставьте пациентов и состояния их мышц.

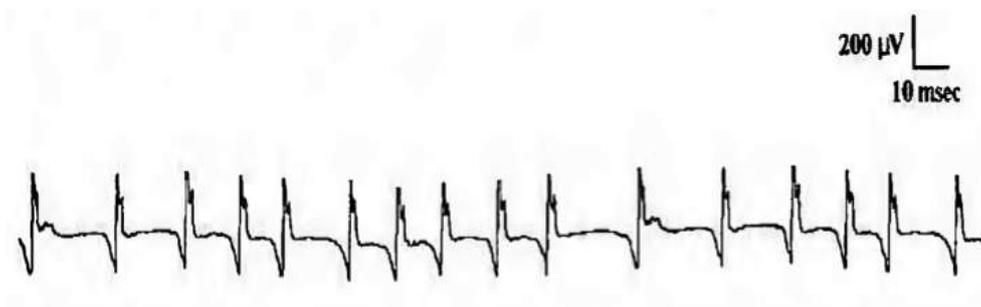
Пациент 1



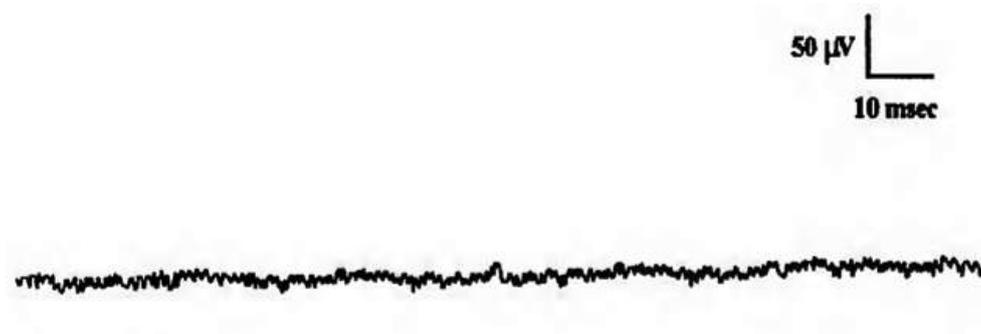
Пациент 2



Пациент 3



Пациент 4



Пациент 5



Пациент 6



Выберите верные утверждения:

1. Пациент 1
  2. Пациент 2
  3. Пациент 3
  4. Пациент 4
  5. Пациент 5
  6. Пациент 6
- а. Судорога (регулярные разряды определенных моторных единиц с низкой амплитудой и частотой 20-150 Гц)
  - б. Миокимия (группы разрядов определенных моторных единиц с высокой амплитудой и частотой 5-60 Гц)
  - в. Нейромиотония (регулярные разряды определенных моторных единиц со снижающейся амплитудой и частотой 150-250 Гц)
  - г. Тремор покоя (нерегулярные группы разрядов переменной амплитуды продолжительностью 0.2-0.4 с)
  - д. Комплексные повторяющиеся разряды (регулярные группы разрядов переменной амплитуды продолжительностью около 0.1 с)
  - е. Покой

**Ответ:** 1 - в, 2 - б, 3 - а, 4 - е, 5 - д, 6 - г.

### **Задача 3.2.27. (8 баллов)**

Электрокардиограмма - метод регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Это простой, но очень ценный метод, позволяющий изучать работу сердца. На рис.1 вы видите пики и интервалы ЭКГ, образующиеся при нормальной работе сердца. По ЭКГ определяют частоту сердечных сокращений, положение сердца в грудной клетке, нарушение в электрическом возбуждении сердца.

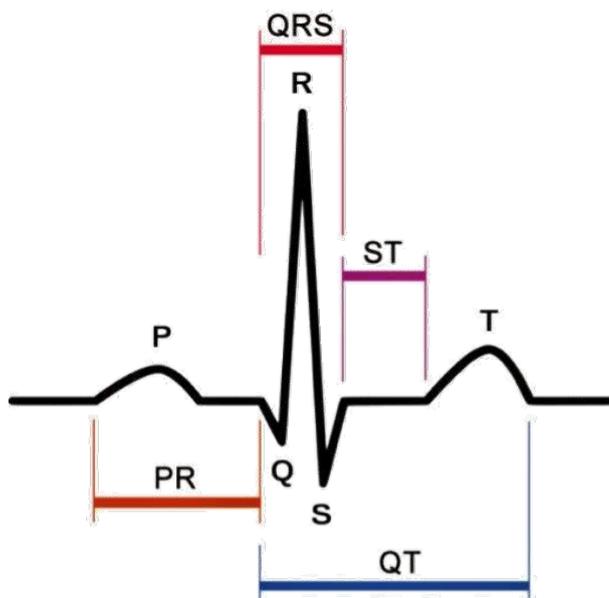


Рисунок 1. Стандартные зубцы и интервалы ЭКГ здорового человека.

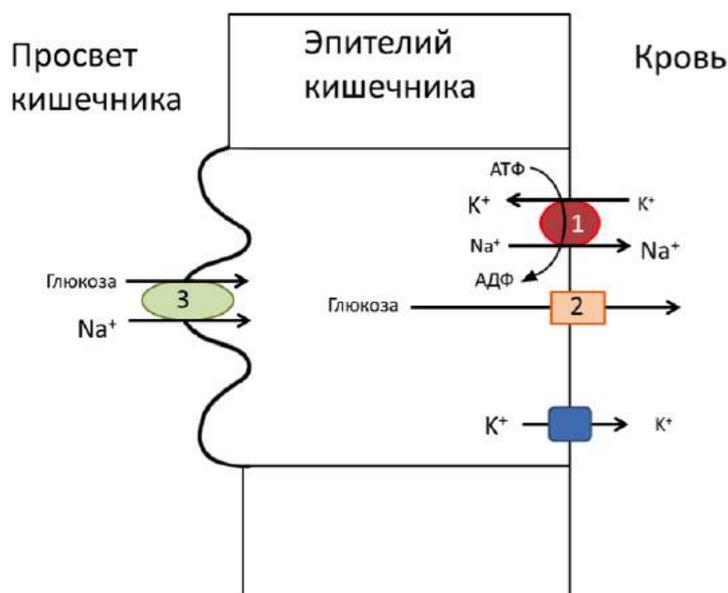
В современной медицине все чаще используются портативные кардиографы, которые способны записывать ЭКГ круглосуточно. При каком расположении двух электродов на теле человека возможна запись ЭКГ?

1. Оба на правом предплечье
2. Оба на левом предплечье
3. Оба на правом бедре
4. Один на груди, другой на животе
5. Оба на левом бедре

Ответ: 4.

### Задача 3.2.28. (8 баллов)

На рисунке показан механизм всасывания глюкозы из просвета кишечника в кровь. За счет работы мембранного насоса,  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  - АТФ-азы (1), концентрация  $\text{Na}^+$  в эпителиоцитах ниже, чем концентрация  $\text{Na}^+$  в крови и просвете кишки. Это позволяет транспортировать глюкозу в эпителиоцит против ее концентрационного градиента, сопрягая транспорт глюкозы с транспортом ионов натрия по градиенту (3). Из эпителиоцита в кровь глюкоза поступает по градиенту (2). Концентрация ионов калия, наоборот, выше в эпителиоцитах, чем в крови.



Выберите верные утверждения:

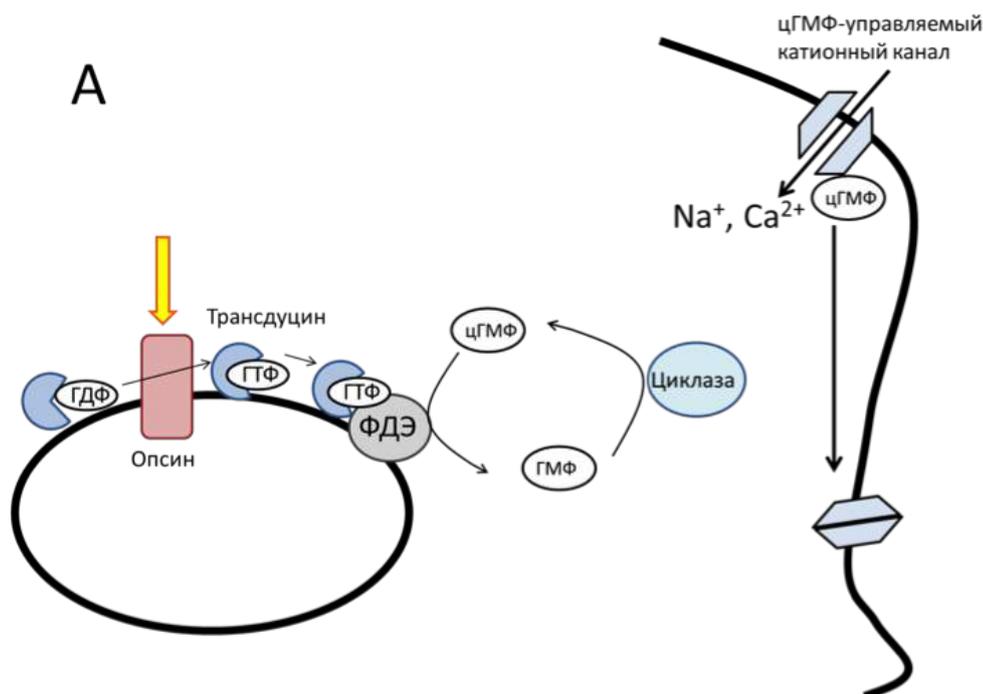
1. Для всасывания глюкозы из кишки в кровь нужна энергия
2. Использование ингибитора Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> - АТФ-азы увеличит эффективность поглощения глюкозы
3. Калий выходит из клетки по градиенту его концентрации. Для этого не нужна энергия АТФ
4. Мутация в гене белка-переносчика глюкозы (2) нарушит поглощение глюкозы
5. Глюкоза может проходить через мембрану сама по себе, для этого не требуется специальный переносчик

Ответ: 1, 3, 4.

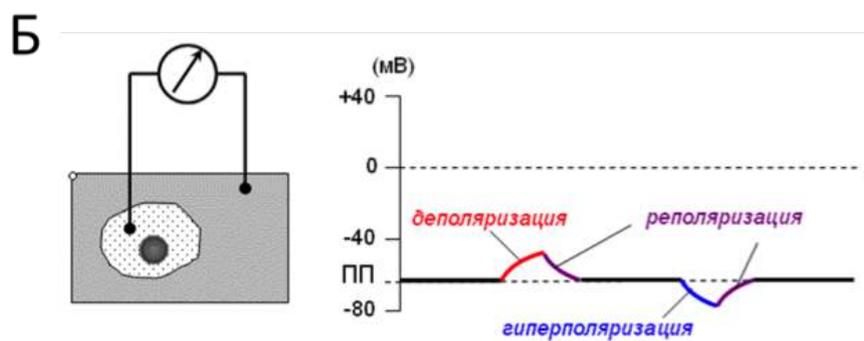
### Задача 3.2.29. (8 баллов)

Человек получает значительную часть информации об окружающем мире с помощью зрения. На рисунке А показан механизм восприятия света светочувствительными клетками человека. При попадании квантов света опсин стимулирует обмен ГДФ на ГТФ в трансдуцине, тем самым активируя этот белок. Активный трансдуцин активирует фосфодиэстеразу, которая разрушает циклический гуанозинмонофосфат. Это приводит к закрытию катионных каналов, в темноте обеспечивающих поступление ионов кальция и натрия внутрь фоточувствительной клетки.

На рисунке Б показан принцип измерения мембранного потенциала (разности потенциалов на мембране). Для большинства возбудимых клеток свойственно отрицательное значение потенциала покоя. Показаны также типы изменения мембранного потенциала. Например, поступление катионов внутрь клетки приводит к уменьшению мембранного потенциала.



**Легенда:** ГТФ – гуанозинтрифосфат, ГДФ – гуанозиндифосфат, ГМФ – гуанозинмонофосфат, цГМФ – циклический гуанозинмонофосфат, ФДЭ – фосфодиэстераза



Внимательно рассмотрите рисунок и выберите верные утверждения:

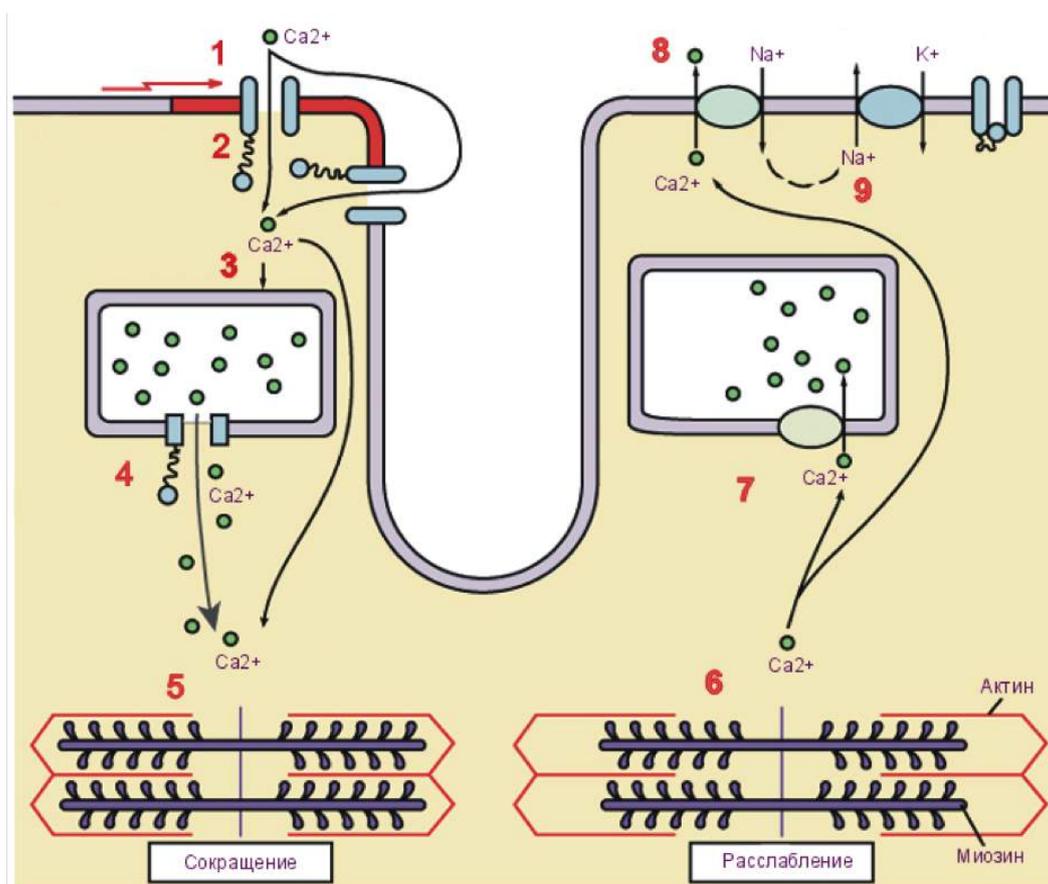
1. При попадании квантов света на опсин происходит гиперполяризация фоточувствительной клетки
2. При попадании квантов света на опсин происходит деполяризация фоточувствительной клетки
3. Потенциал покоя может быть измерен, если оба электрода на рисунке Б будут расположены вне клетки
4. Мутация в гене трансдуцина может быть причиной врожденной слепоты

**Ответ:** 1, 4.

### Задача 3.2.30. (8 баллов)

Вещество X используется, как средство против аритмии сердца. При его применении усиливается сила и скорость сокращения сердца. Известно, что это вещество

приводит к повышению содержания ионов  $\text{Na}^+$  в кардиомиоцитах, что, в свою очередь, повышает концентрацию ионов  $\text{Ca}^{++}$  в цитоплазме.



Рассмотрите схему, иллюстрирующую последовательность событий, приводящих к сокращению кардиомиоцита. (1-потенциал действия активирует  $\text{Ca}^{++}$  канал, и  $\text{Ca}^{++}$  входит в клетку (2), 3-4 —  $\text{Ca}^{++}$  выходит из саркоплазматического ретикулума, 5 - сокращение, 6 - расслабление, 7-8 —  $\text{Ca}^{++}$ . Известно, что кальций необходим для запуска мышечного сокращения.

Выберите верные суждения.

1. вещество X может быть ингибитором натрий-калиевой АТФазы (номер 9 на рисунке)
2. вещество X - ингибитор  $\text{Ca}$ -каналов на саркоплазматическом ретикулуме
3. выход ионов натрия из клетки приводит к сокращению
4. выкачивание калия из клетки приводит к сокращению

Ответ: 1.

### 3.3. Вторая попытка. Задачи 9 класса.

#### Задача 3.3.1. (5 баллов)

Что из перечисленных факторов (биологических отношений) не зависит от плотности популяции?

1. хищничество
2. паразитизм и болезнь
3. конкуренция
4. комменсализм

**Ответ:** 4.

### ***Задача 3.3.2. (3 балла)***

Что является примером биотического фактора?

1. кораллы
2. трава
3. вода
4. воздух
5. морская соль
6. бактерии
7. почва

**Ответ:** 1, 2, 6.

### ***Задача 3.3.3. (5 баллов)***

Исследователь поставил растение под прямой источник света. Через некоторое время он замечает, что стебель растения изогнулся в направлении света. Какой гормон в первую очередь отвечает за данное явление?

1. гиббереллины
2. ауксин
3. этилен
4. цитокинины

**Ответ:** 2.

### ***Задача 3.3.4. (5 баллов)***

Если изучить молекулярный состав вируса, какие соединения будут преобладать (по массе)?

1. липидов
2. углеводов
3. нуклеиновой кислоты
4. белка

**Ответ:** 3.

**Задача 3.3.5. (5 баллов)**

Чем объясняется различия клеток сердца и клеток почек одного и того же организма?

1. Клетки почек и клетки сердца имеют различную ДНК, и с неё транскрибируются и транслируются разные гены.
2. Клетки почек и клетки сердца имеют одну и ту же ДНК, и с неё транскрибируются и транслируются разные гены.
3. Клетки почек и клетки сердца имеют различную ДНК, и с неё транскрибируются и транслируются одни и те же гены.
4. Клетки почек и клетки сердца имеют одну и ту же ДНК, и с неё транскрибируются и транслируются одни и те же гены.

**Ответ:** 2.

**Задача 3.3.6. (5 баллов)**

Укажите верный порядок продвижения белка внутри клетки в процессе синтеза и созревания.

1. шероховатый ЭПР > аппарат Гольджи
2. Рибосома > гладкий ЭПР > хлоропласт
3. шероховатый ЭПР > лизосома > хлоропласт > аппарат Гольджи
4. Митохондрии > шероховатый ЭПР > хлоропласт > плазматическая мембрана

**Ответ:** 1.

**Задача 3.3.7. (4 балла)**

Сколько энергии теряется между трофическими уровнями в большинстве экосистем, и чем она становится?

1. 90%, теплом
2. 50%, химической энергией
3. 20%, кинетической энергией
4. 10%, теплом

**Ответ:** 1.

**Задача 3.3.8. (9 баллов)**

Типичный цветок состоит из различных частей. Совместите соответствующие части цветка.

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| 1. венчик   | а. плодолистики |
| 2. чашечка  | б. тычинки      |
| 3. гинецей  | в. чашелистики  |
| 4. андроцей | г. лепестки     |

**Ответ:** 1 - г, 2 - в, 3 - а, 4 - б.

### **Задача 3.3.9. (9 баллов)**

Составьте пищевую цепь из следующих организмов: мелкая рыба, акула, фитопланктон, тюлень, зоопланктон, и решите задачу:

Тюлени получают 32000 ккал в месяц от организмов предыдущего трофического уровня. Сколько ккал энергии продуценты могут тратить на собственные нужды в год, если перенос энергии между уровнями одинаковый и подчиняется правилу Линдемана. Ответ округлите до целых.

#### **Решение**

Цепь фитопланктон → зоопланктон → рыба → тюлень → акула

На уровне фитопланктона в месяц  $32000/0.1/0.1/0.1 = 32000000$  ккал. На себя в год:  $32000000 \cdot 0.9 \cdot 12 = 345600000$  ккал

**Ответ:** 345600000.

### **Задача 3.3.10. (10 баллов)**

При строительстве коттеджного посёлка застройщик уничтожил часть пашни, из-за чего пострадало семейство лисиц, которым стало не хватать оставшейся пашни для того, чтобы прокормиться. Пашня служит экологической нишей для следующих организмов: лиса, мышь, ястреб, пшеница. Составьте из перечисленных организмов пищевую цепь (на каждом уровне только один вид организмов) и вычислите, на сколько гектаров нужно увеличить пашню, чтобы она снова могла прокормить всех лис? Биомасса пшеницы за лето составляет 3 т/га, семейство лисиц состоит из 13 особей. Чтобы выжить, одной лисице необходимо получать 2.5 кг биомассы в месяц. Переход биомассы между уровнями составляет 10%, а площадь пашни сейчас 1.5 га? Ответ округлите до сотых.

#### **Решение**

$2.5 \cdot 13 = 32.5$  кг в месяц. У мышей:  $32.5/0.1 = 325$  кг, на уровне пшеницы:  $325/0.1 = 3250$  кг в месяц. Пшеница за месяц:  $3000/3 = 1000$  кг имеем.  $3250 - 1500 = 1750$  кг ещё надо.  $1750/1000 = 1.75$  га.

**Ответ:** 1.75.

### Задача 3.3.11. (8 баллов)

Для измерения скорости проведения нервного импульса был предложен особый метод измерения составного потенциала действия мышцы (compound muscle action potential, СМАР). К исследуемому двигательному нерву прикладывается два возбуждающих электрода на заданном расстоянии друг от друга (дистальный, расположенный ближе к мышце, и проксимальный, расположенный ближе к ЦНС). К иннервируемой мышце прикладывается два регистрирующих электрода: активный регистрирующий электрод ( $G1$ ) располагается на брюшке мышцы поверх концевой пластинки мотонейрона, электрод сравнения ( $G2$ ) – возле сухожилия (см.рисунок 1). При возбуждении нерва дистальным и проксимальным электродами единственным изменяющимся параметром регистрируемого СМАР является латентный период, т.е. время от возбуждения нерва до возбуждения мышцы (см.рисунок 2).

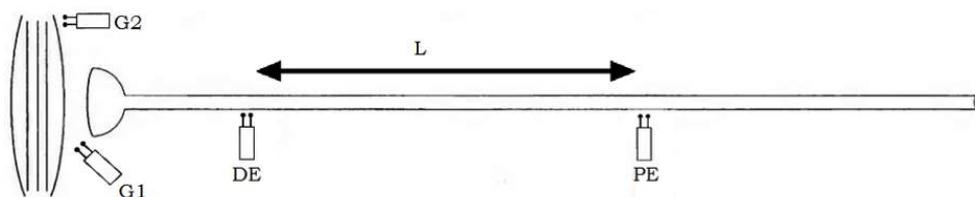


Рисунок 1. Схема установки для измерения СМАР.  $DE$  – дистальный электрод,  $G1$  – активный регистрирующий электрод,  $G2$  – электрод сравнения,  $L$  – известное расстояние между 2 возбуждающими электродами,  $PE$  – проксимальный электрод.

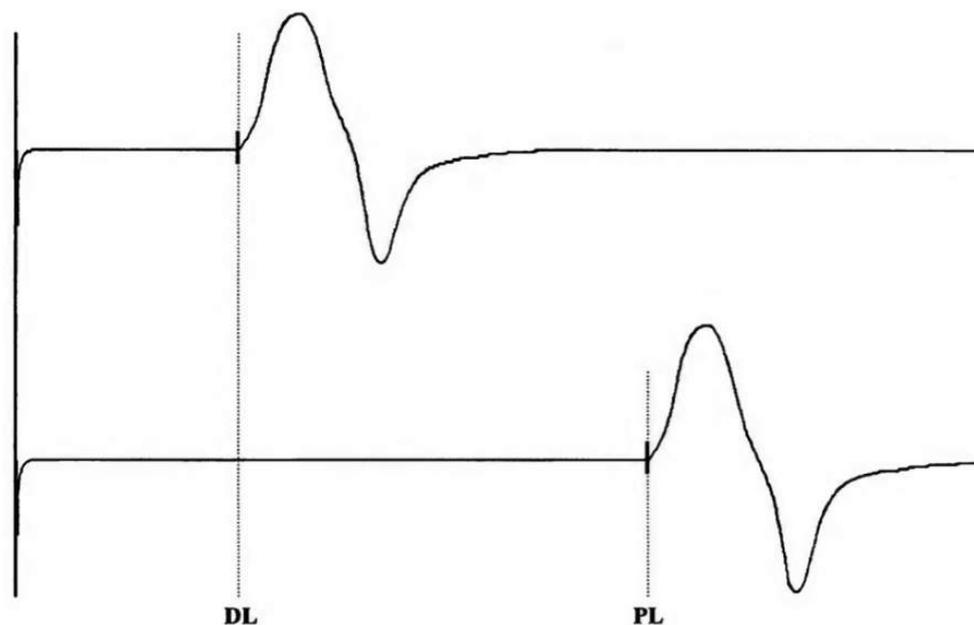


Рисунок 2. Кривая СМАР.  $DL$  – латентный период при возбуждении нерва дистальным электродом,  $PL$  – латентный период при возбуждении нерва проксимальным электродом.

Перед вами фрагмент таблицы из лабораторного журнала физиолога XX века, который измерял скорость проведения импульса на препарате седалищного нерва варана. Проведите расчеты и укажите среднюю скорость проведения импульса в метрах в секунду с точностью до одного знака после запятой, например: 10.7.

L, см	DL, мс	PL, мс	V, м/с
15	3.5	7.5	
19	3.9	8.9	
17	3.6	7.9	
21	5.1	10.7	
20	6.9	12.3	

Ответ: 37.9.

**Задача 3.3.12. (8 баллов)**

Минутный объем – количество крови, которое выбрасывается сердцем в аорту или легочную артерию за 1 минуту. Ударный объем – объем крови, который выбрасывается сердцем в аорту или легочную артерию за 1 сокращение сердца. На рисунке показан фрагмент кардиограммы человека. Скорость записи такой кардиограммы составляла 10 клеток в секунду. У данного человека ударный объем равен 70 мл.

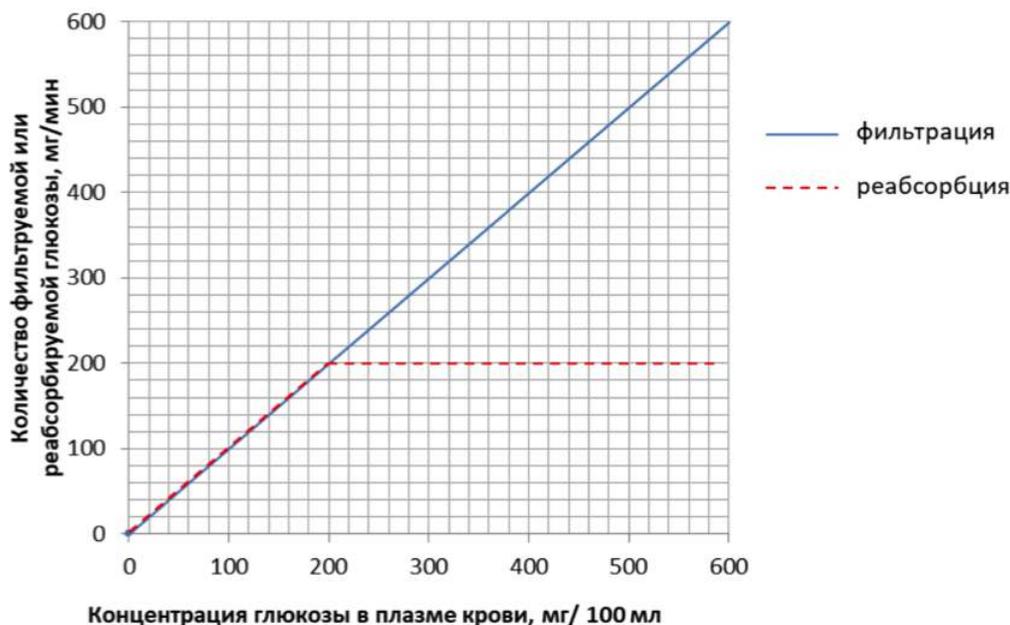


Определите минутный объем крови у такого человека. При расчетах округляйте частоту сердечных сокращений до десятков. Ответ дайте в литрах, например 3.2.

Ответ: 4.2.

**Задача 3.3.13. (8 баллов)**

На рисунке показана зависимость фильтрации и реабсорбции глюкозы почками от концентрации глюкозы в крови. Определите, при какой минимальной концентрации глюкозы в плазме крови глюкоза будет обнаруживаться в выделяемой моче. Ответ дайте в размерности мг/мл, округлите ответ до целых.



Ответ: 2.

### Задача 3.3.14. (8 баллов)

Вегетативную нервную систему разделяют на 2 функциональных отдела на симпатическую и парасимпатическую нервную систему. Симпатический отдел отвечает за стрессовые реакции, а парасимпатические за реакции покоя. Активация симпатического отдела вегетативной нервной системы будет приводить к снижению кровотока в каких органах из перечисленных?

1. Легкие
2. Кишечник
3. Сердце
4. Большая мышца бедра
5. Мозг
6. Пищевод
7. Предстательная железа

Ответ: 2, 6, 7.

### Задача 3.3.15. (8 баллов)

Угловое разрешение глаза – это минимальный угол между 2 точками, при котором человек воспринимает 2 точки отдельно друг от друга. Известно, что угловое разрешение глаза обратно пропорционально диаметру зрачка. Днем испытуемый А с нормальным зрением при диаметре зрачка в 3 мм различает две отдельные точки

на расстоянии 1.45 миллиметра друг от друга с 5 метров. Зрение испытуемого В в темноте имеет угловое разрешение в 1.5 угловых минуты.

Испытуемый А и испытуемый В находятся в темноте на расстоянии 30 м от двух светящихся точек, расположенных рядом. Во сколько раз большее расстояние между двумя светящимися точками должно быть, чтобы пациент В увидел эти точки как 2 отдельных объекта, по сравнению с минимальным расстоянием между точками для пациента А (в темное время диаметр зрачка 6 мм)? Ответ округлите до целых чисел, размером глазного яблока можно пренебречь.

**Ответ:** 3.

### ***Задача 3.3.16. (4 балла)***

Какое определение лучше всего характеризует биомассу?

1. общий вес организма
2. сухой вес организма
3. вес ткани у животного
4. вес органического вещества в растении

**Ответ:** 2.

### ***Задача 3.3.17. (5 баллов)***

Что является основным продуктом, производимым продуцентами, который обеспечивает их энергией?

1. липиды
2. белки
3. углеводы
4. нуклеиновые кислоты

**Ответ:** 3.

### ***Задача 3.3.18. (4 балла)***

Одной из основных причин, по которой мохообразные малы и растут в сырых местах, является

1. отсутствие постоянного запаса полезных минералов
2. наличие сосудистой ткани
3. наличие сильной корневой системы
4. наличие больших листьев

**Ответ:** 2.

**Задача 3.3.19. (5 баллов)**

Новое растение было обнаружено на отдаленном острове в Тихом океане. Исследователи хотят узнать больше о природе этого растения и о том, какой механизм опыления оно использует. Какую характеристику растения было бы наиболее полезно узнать, чтобы определить это?

1. высоту, до которой растение способно вырасти
2. количество семян
3. тип эндосперма
4. цвет венчика

**Ответ:** 4.

**Задача 3.3.20. (5 баллов)**

Стадия насекомого, которая напоминает взрослую особь, но не имеет крыльев и некоторых репродуктивных структур, называется

1. нимфа
2. куколка
3. личинка
4. ни одно из вышеперечисленного

**Ответ:** 1.

**Задача 3.3.21. (6 баллов)**

Почему болезни, вызываемые РНК-содержащими вирусами, сложнее вылечить, чем болезни, вызываемые ДНК-содержащими вирусами?

1. РНК-содержащие вирусы так же трудно вылечить, как и ДНК-содержащие вирусы.
2. Они постоянно мутируют и становятся невосприимчивы к вакцинам.
3. Они быстро заражают много клеток и могут постоянно воспроизводиться.
4. Они могут бесконечно воспроизводиться, и их количество умножается очень быстро.

**Ответ:** 2.

**Задача 3.3.22. (4 балла)**

В энергетической пирамиде, на каком трофическом уровне имеется наименьшее количество энергии?

1. продуценты

2. консументы первого порядка
3. консументы второго порядка
4. консументы третьего порядка

**Ответ:** 4.

### **Задача 3.3.23. (9 баллов)**

Соедините тип клетки с характерной для неё особенностью

- |                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| 1. Кардиомиоцит | а. Не содержит ядра      |
| 2. Нейрон       | б. Может быть двуядерной |
| 3. Эритроцит    | в. Самая крупная клетка  |
| 4. Яйцеклетка   | г. Имеет отросток        |

**Ответ:** 1 - б, 2 - г, 3 - а, 4 - в.

### **Задача 3.3.24. (10 баллов)**

Каков объём кислорода (л), выделяемого растениями леса в процессе фотосинтеза в сутки при н.у., если за месяц они производят 480 кг глюкозы? Ответ округлите до целых.

**Решение**

$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$   $480/30 = 16$  кг/сутки.  $16000/180 = 89$  моль глюкозы,  $89 \cdot 6 \cdot 22.4 = 11962$  л.

**Ответ:** 11962.

### **Задача 3.3.25. (10 баллов)**

Пруд какой площадью ( $m^2$ ) необходимо выкопать, чтобы прокормить двух цапель, при условии, что масса одной цапли – 1.5 кг (65% от массы составляет вода), биомасса фитопланктона –  $250 \text{ г}/m^2$ . Помимо фитопланктона в пруду будет жить зоопланктон и рыба. Переход биомасс между уровнями вырастает на 5% с каждым новым уровнем, при этом от первого уровня ко второму переходит 10% биомассы. Ответ округлите до целых, в ходе решения числа не округляйте.

**Решение**

$1.5 \cdot 0.65 = 0.975$  кг сухая масса цапли  $1.95 - 2x$  цапель. Переходы: фитопланктона-зоопланктон 10%, зоопланктон-рыба 15%, рыба – цапля 20%.

$1.95/0.2 = 9.75$  – у рыбы.  $9.75/0.15 = 65$  – у зоопланктона,  $65/0.1 = 650$  – у фитопланктона.

Площадь =  $650 \text{ кг}/0.25 = 2600 \text{ м}^2$ .

Ответ: 2600.

### Задача 3.3.26. (8 баллов)

Для измерения скорости проведения нервного импульса был предложен особый метод измерения составного потенциала действия мышцы (compound muscle action potential, СМАР). К исследуемому двигательному нерву прикладывается два возбуждающих электрода на заданном расстоянии друг от друга (дистальный, расположенный ближе к мышце, и проксимальный, расположенный ближе к ЦНС). К иннервируемой мышце прикладывается два регистрирующих электрода: активный регистрирующий электрод ( $G1$ ) располагается на брюшке мышцы поверх концевой пластинки мотонейрона, электрод сравнения ( $G2$ ) – возле сухожилия (см.рисунок 1). При возбуждении нерва дистальным и проксимальным электродами единственным изменяющимся параметром регистрируемого СМАР является латентный период, т.е. время от возбуждения нерва до возбуждения мышцы (см.рисунок 2).

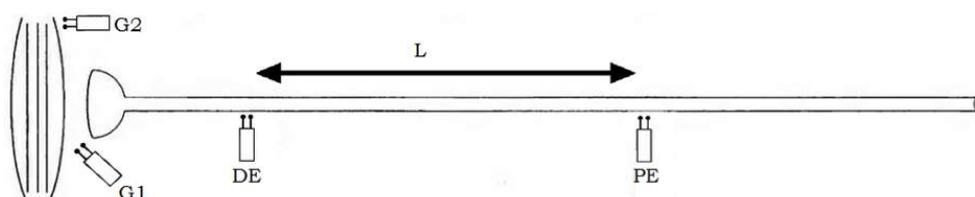


Рисунок 1. Схема установки для измерения СМАР.  $DE$  – дистальный электрод,  $G1$  – активный регистрирующий электрод,  $G2$  – электрод сравнения,  $L$  – известное расстояние между 2 возбуждающими электродами,  $PE$  – проксимальный электрод.

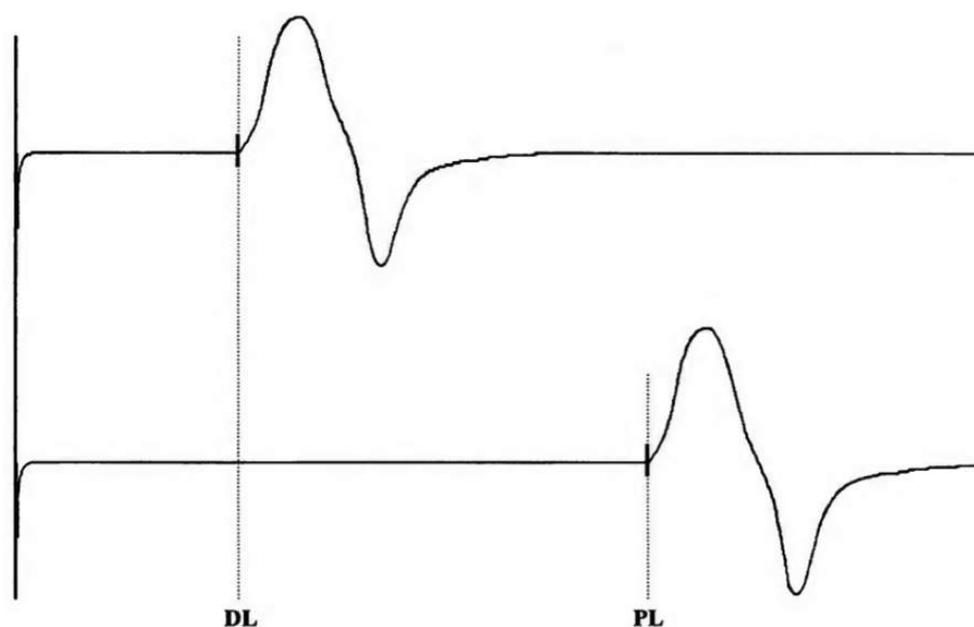


Рисунок 2. Кривая СМАР.  $DL$  – латентный период при возбуждении нерва ди-

стальным электродом,  $PL$  – латентный период при возбуждении нерва проксимальным электродом.

Перед вами фрагмент таблицы из лабораторного журнала физиолога XX века, который измерял скорость проведения импульса на препарате седалищного нерва варана. Проведите расчеты и укажите среднюю скорость проведения импульса в метрах в секунду с точностью до одного знака после запятой, например: 10.7.

<b>L, см</b>	<b>DL, мс</b>	<b>PL, мс</b>	<b>V, м/с</b>
16	3.2	7.3	
20	4.1	8.9	
18	3.7	8.2	
23	4.5	10.7	
20	4.2	9.1	

Ответ: 39.7.

### *Задача 3.3.27. (8 баллов)*

Минутный объем – количество крови, которое выбрасывается сердцем в аорту или легочную артерию за 1 минуту. Ударный объем – объем крови, который выбрасывается сердцем в аорту или легочную артерию за 1 сокращение сердца. На рисунке показан фрагмент кардиограммы человека. Скорость записи такой кардиограммы составляла 10 клеток в секунду. У данного человека ударный объем равен 70 мл.

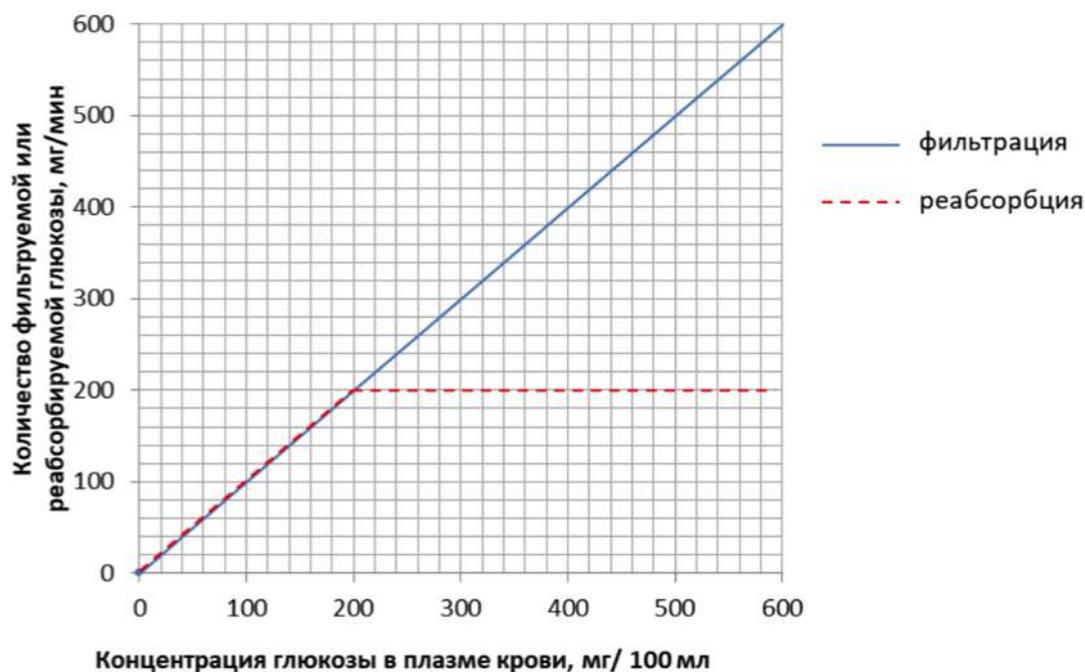


Определите минутный объем крови у такого человека. При расчетах округляйте частоту сердечных сокращений до десятков. Ответ дайте в литрах, например 3.2.

Ответ: 4.

### Задача 3.3.28. (8 баллов)

На рисунке показана зависимость фильтрации и реабсорбции глюкозы почками от концентрации глюкозы в крови. Определите, при какой минимальной концентрации глюкозы в плазме крови глюкоза будет обнаруживаться в выделяемой моче. Ответ дайте в размерности мг/мл, округлите ответ до целых.



1. 0
2. 0.5
3. 1.5
4. 2
5. 2.5
6. 3
7. 3.5

Ответ: 4.

### Задача 3.3.29. (8 баллов)

Вегетативную нервную систему разделяют на 2 функциональных отдела на симпатическую и парасимпатическую нервную систему. Симпатический отдел отвечает за стрессовые реакции, а парасимпатические за реакции покоя. Активация какого из отделов вегетативной нервной системы будет приводить к снижению кровотока в следующих органах?

1. Печень
2. Желудок

3. Бицепс плеча
4. Кожа
5. Поджелудочная железа
6. Сердце

Симпатическая нервная система

Парасимпатическая нервная система

**Ответ:** 1 - 1, 2 - 1, 3 - 2, 4 - 1, 5 - 1, 6 - 2.

### ***Задача 3.3.30. (8 баллов)***

Угловое разрешение глаза – это минимальный угол между 2 точками, при котором человек воспринимает 2 точки отдельно друг от друга. Известно, что угловое разрешение глаза обратно пропорционально диаметру зрачка. Днем испытуемый А с нормальным зрением при диаметре зрачка в 3 мм различает две отдельные точки на расстоянии 1.45 миллиметра друг от друга с 5 метров. Зрение испытуемого В в темноте имеет угловое разрешение в 2 угловых минуты.

Испытуемый А и испытуемый В находятся в темноте на расстоянии 40 м от двух светящихся точек, расположенных рядом. Во сколько раз большее расстояние между двумя светящимися точками должно быть, чтобы пациент В увидел эти точки как 2 отдельных объекта, по сравнению с минимальным расстоянием между точками для пациента А (в темное время диаметр зрачка 6 мм)? Ответ округлите до целых чисел, размером глазного яблока можно пренебречь.

**Ответ:** 4.

## **3.4. Вторая попытка. Задачи 10-11 класса.**

### ***Задача 3.4.1. (3 балла)***

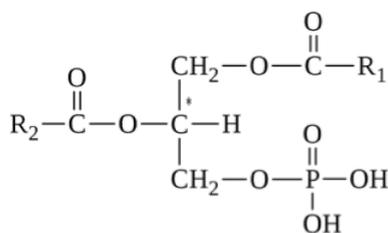
Выберите верные утверждения для животной клетки:

1. Разделение цитоплазмы клеток в ходе митоза происходит путем образования перетяжки
2. Клеточная стенка содержит хитин
3. Веретено деления формируется микротрубочками
4. В клетке содержится линейные и кольцевые молекулы ДНК
5. Большая часть клеточного объема занята вакуолью

**Ответ:** 1, 3, 4.

### ***Задача 3.4.2. (4 балла)***

Какие утверждения верны для молекулы, представленной на рисунке?



1. Может быть синтезирована в ходе реакции этерификации
2. Отрицательно заряжена в водных растворах при pH 7
3. Не входит в состав мембран
4. Может активировать клеточные протеинкиназы
5. Растворима в полярных растворителях

Ответ: 1, 2.

### Задача 3.4.3. (4 балла)

Отметьте справедливые утверждения для клеточных структур, приведенных на картинке

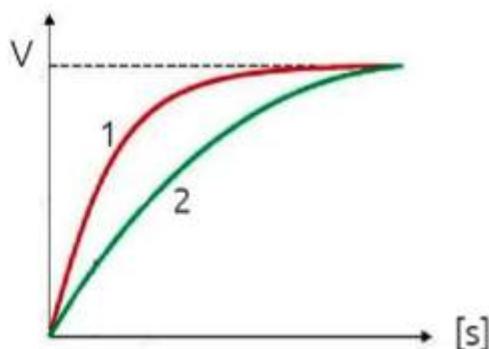


1. Содержат ДНК и белки
2. Состоят из белковых актин-миозиновых комплексов
3. Могут использоваться для определения видовой принадлежности
4. Могут использоваться для изучения активности генов
5. Встречаются у прокариот

Ответ: 1, 3, 4.

### Задача 3.4.4. (6 баллов)

На рисунке приведена зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата для двух ферментов. Верными утверждениями являются:



1. При высокой концентрации субстрата оба фермента достигают максимальной скорости
2. При низких концентрациях субстрата, скорость ферментативной реакции растет линейно
3. За единицу времени фермент 2 обрабатывает больше молекул субстрата чем фермент 1
4. Более прочный комплекс с субстратом образует фермент 1
5. Более прочный комплекс с субстратом образует фермент 2

**Ответ:** 1, 2, 4.

### **Задача 3.4.5. (4 балла)**

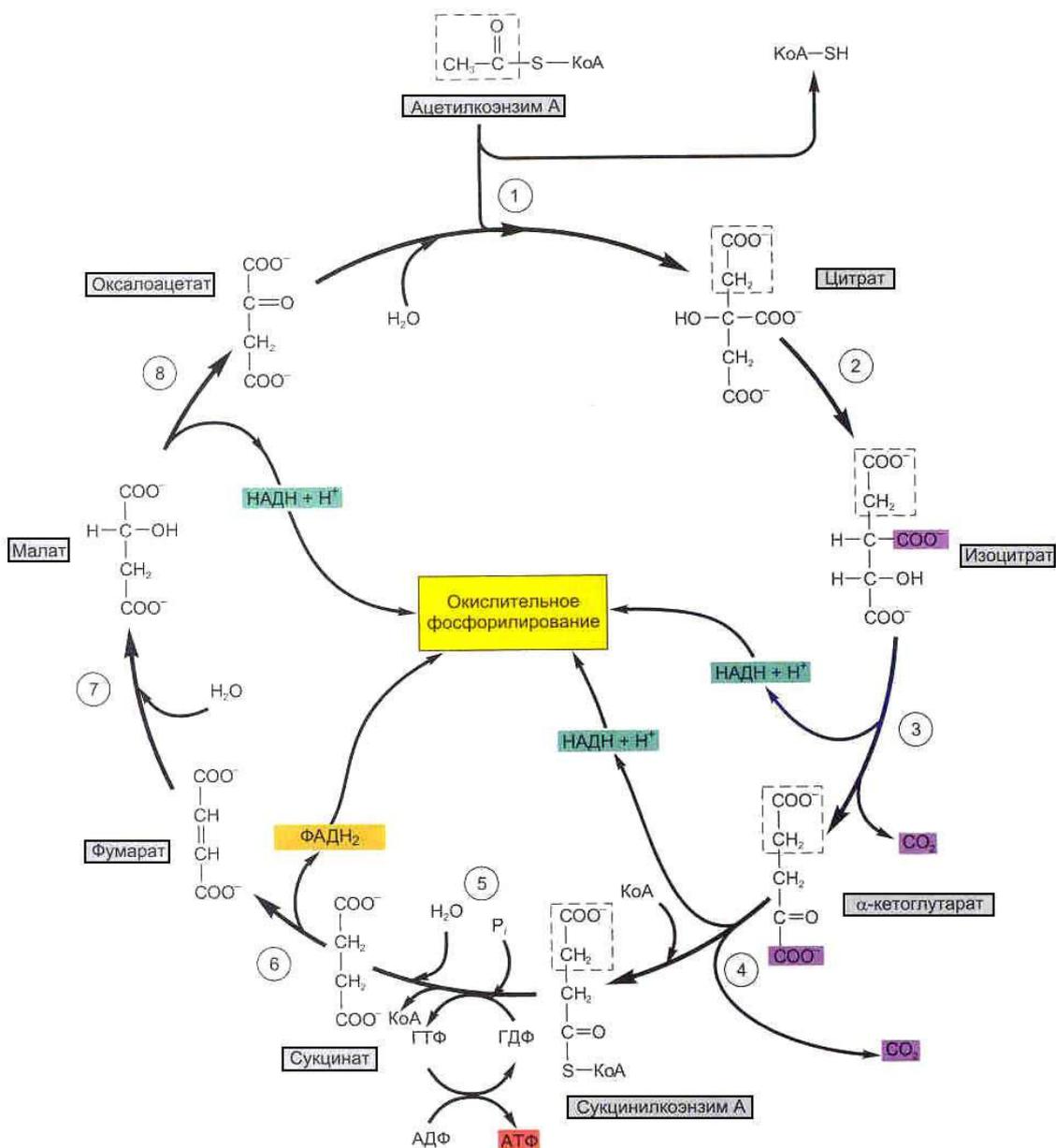
В G1 фазе в ядрышке происходят следующие процессы:

1. Транскрипция
2. Трансляция
3. Репликация
4. Обратная транскрипция
5. Сборка рибосом

**Ответ:** 1, 5.

### **Задача 3.4.6. (12 баллов)**

Эксперимент проводится в *in vitro* системе. К митохондриальному экстракту, содержащему все ферменты цикла Кребса (см. рисунок), добавляется меченный радиоактивным  $^{14}\text{C}$  по метильной группе ацетил-КоА (меченый атом показан на рисунке звездочкой). Внимательно рассмотрев рисунок, определите верные утверждения:



Верными утверждениями являются:

1. В первом обороте цикла метка будет обнаруживаться в  $\text{CO}_2$
2. Радиоактивная метка может быть обнаружена в  $\text{CO}_2$  лишь на втором цикле
3. За первый оборот цикла метка будет выведена из цикла полностью
4. За первый оборот цикла метка будет выведена из цикла частично
5. За первый оборот цикла метка сохранится в цикле полностью

Ответ: 2, 5.

### Задача 3.4.7. (6 баллов)

В молекулярной биологии широко используют эндонуклеазы рестрикции, ферменты, которые умеют разрезать двухцепочечную ДНК в определенном сайте. Сайт

узнавания одной из рестриктаз представляет собой последовательность AGATCT. Вы обрабатываете эндонуклеазой рестрикции кольцевую ДНК одной бактерии. Известно, что содержание GC пар у бактерии составляет 60%. Предполагая, что нуклеотиды в геномной ДНК данной бактерии встречаются случайно, определите, какова ожидаемая длина фрагментов, полученных в результате обработки? Ответ приведите в количестве пар нуклеотидов.

### Решение

Длина фрагмента обратно пропорциональна частоте встречаемости сайта. Если предположить, что нуклеотиды встречаются случайно, то вероятность встретить сайт AGATCT  $p(AGATCT) = p(A) \cdot p(G) \cdot p(A) \cdot p(T) \cdot p(C) \cdot p(T) = (0.2)^4 \cdot (0.3)^2$ . Тогда средняя длина фрагмента  $l = 1/p(AGATCT) = 6944$  п.н.

Ответ: 6944.

### Задача 3.4.8. (6 баллов)

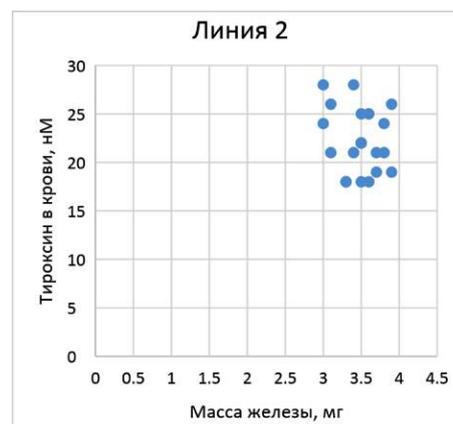
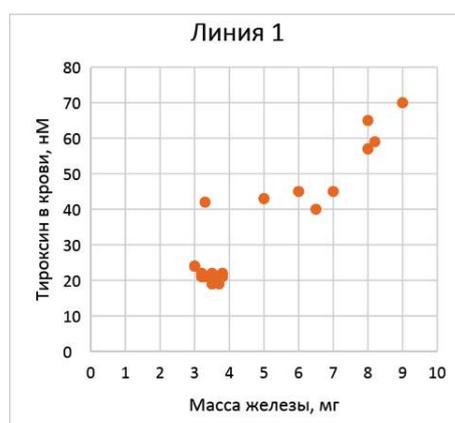
Особенности репликации ДНК в клетках животных

1. Происходит в ядре
2. Происходит в митохондриях
3. Матрицей служит одноцепочечная ДНК
4. Матрицей служит двуцепочечная ДНК
5. Синтез дочерней цепи идет в направлении 5'→3'
6. Синтез дочерней цепи идет в направлении 3'→5'

Ответ: 1, 2, 3, 5.

### Задача 3.4.9. (9 баллов)

Исследователи работают с двумя линиями мышей. Первая линия страдает генетически обусловленным гипертиреозом, вторая линия — контрольная. Исследователи в эксперименте изучили концентрацию в крови тироксина и измерили массу щитовидной железы у этих двух линий. Результаты приведены на рисунке.



Изучив рисунок, выберите утверждения, которые не противоречат результатам эксперимента.

1. Масса железы у контрольной линии составляет около 2 мг
2. Все образцы из линии 1 демонстрируют более высокий уровень тироксина, чем в линии 2
3. У образцов линии 1 с повышенным содержанием тироксина проявляются признаки гипертиреоза
4. Вероятно, гипертиреоз у линии 1 сопровождается разрастанием железы
5. Для контрольной линии не наблюдается четко выраженной связи между концентрацией гормона и массой железы

Ответ: 3, 4, 5.

### Задача 3.4.10. (6 баллов)

Определите последовательность нуклеотидов РНК, комплементарную данной последовательности ДНК  $5' - TCCATCATTACCCGGCAGTATTA - 3'$  :

1.  $5' - UAAUACUGCCGGGUAAUGAUGGA - 3'$
2.  $3' - UAAUACUGCCGGGUAAUGAUGGA - 5'$
3.  $3' - AGGTAGTAATGGGCCGTCATAAT - 5'$
4.  $5' - AGGTAGTAATGGGCCGTCATAAT - 3'$

Ответ: 1.

### Задача 3.4.11. (8 баллов)

Для измерения скорости проведения нервного импульса был предложен особый метод измерения составного потенциала действия мышцы (compound muscle action potential, СМАР). К исследуемому двигательному нерву прикладывается два возбуждающих электрода на заданном расстоянии друг от друга (дистальный, расположенный ближе к мышце, и проксимальный, расположенный ближе к ЦНС). К иннервируемой мышце прикладывается два регистрирующих электрода: активный регистрирующий электрод (G1) располагается на брюшке мышцы поверх концевой пластинки мотонейрона, электрод сравнения (G2) – возле сухожилия (см.рисунок 1). При возбуждении нерва дистальным и проксимальным электродами единственным изменяющимся параметром регистрируемого СМАР является латентный период, т.е. время от возбуждения нерва до возбуждения мышцы (см.рисунок 2).

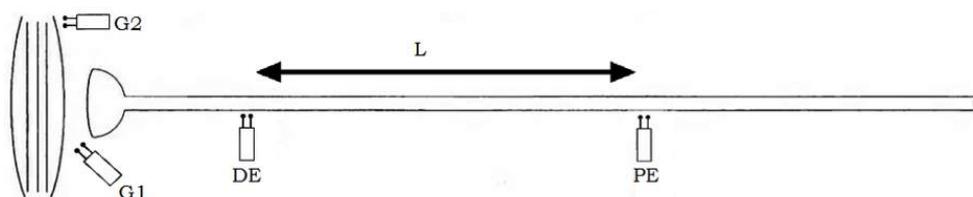


Рисунок 1. Схема установки для измерения СМАР.  $DE$  – дистальный электрод,  $G1$  – активный регистрирующий электрод,  $G2$  – электрод сравнения,  $L$  – известное расстояние между 2 возбуждающими электродами,  $PE$  – проксимальный электрод.

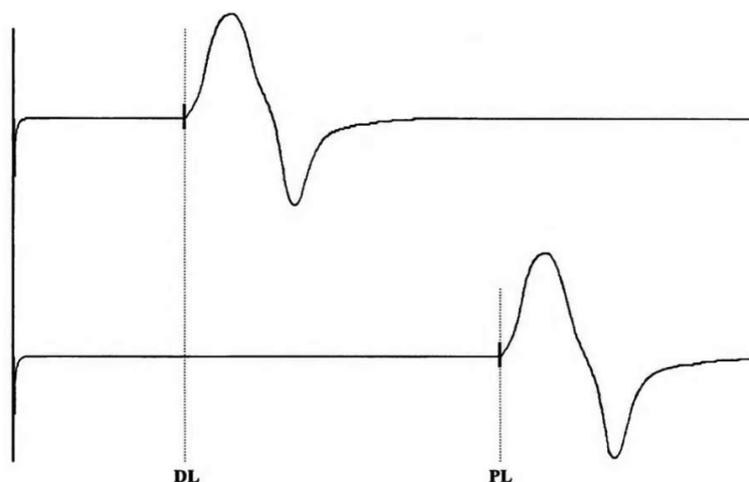


Рисунок 2. Кривая СМАР.  $DL$  – латентный период при возбуждении нерва дистальным электродом,  $PL$  – латентный период при возбуждении нерва проксимальным электродом.

Перед вами фрагмент таблицы из лабораторного журнала физиолога XX века, который измерял скорость проведения импульса на препарате седалищного нерва варана. Проведите расчеты и укажите среднюю скорость проведения импульса в метрах в секунду с точностью до одного знака после запятой, например: 10.7.

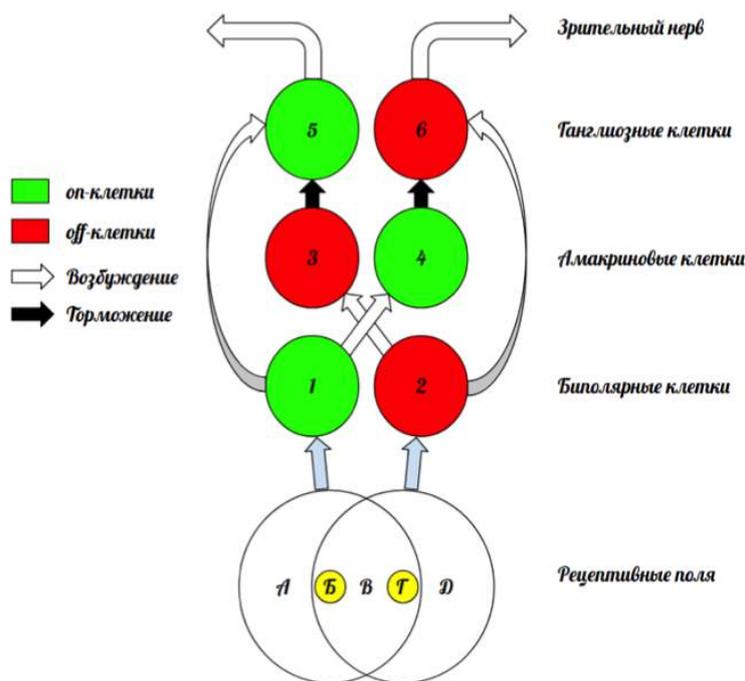
<b>L, см</b>	<b>DL, мс</b>	<b>PL, мс</b>	<b>V, м/с</b>
15	3.5	7.5	
19	3.9	8.9	
17	3.6	7.9	
21	5.1	10.7	
20	6.9	12.3	

Ответ: 37.9.

### Задача 3.4.12. (8 баллов)

Первичная обработка зрительной информации происходит в сетчатке глаза. Каждая биполярная клетка обладает рецептивным полем, в которое входит несколько колбочек или палочек. По характеру ответа на освещение рецептивного поля различают 2 типа биполярных клеток: on-клетки увеличивают частоту импульсов при освещении центральной части рецептивного поля и уменьшают ее при освещении периферии рецептивного поля; off-клетки реагируют на освещение прямо противоположным образом. Аналогичные популяции on- и off-клеток существуют также среди

амакриновых и ганглиозных клеток. В рамках задачи считайте, что если на клетку одновременно поступают тормозящий и возбуждающий сигналы, ее активность не изменяется.



Рассмотрите предложенную схему из 6 нейронов и выберите все верные утверждения.

1. При попадании света в точку В произойдёт возбуждение клетки 6
2. Данная сеть нейронов на выходе выдаёт различный ответ при освещении точек Б и Г
3. Данная сеть нейронов на выходе выдаёт различный ответ при освещении точек А и Д
4. Нейромедиаторы амакриновых клеток, вероятнее всего, приводят к открытию натриевых каналов в мембране ганглиозных клеток
5. Подобное устройство нейронных сетей в сетчатке обеспечивает повышение углового разрешения видимого изображения

Ответ: 1, 3.

### Задача 3.4.13. (8 баллов)

В медицине широко известен феномен отраженной боли: раздражение внутренних органов может привести к болевым ощущениям на поверхности тела, при этом отраженная боль может возникнуть на значительном расстоянии от истинного источника боли. Так, при стенокардии — остром дефиците коронарного кровообращения — часто возникает резкая боль в левом плече и на внутренней поверхности левой руки. Для объяснения явления отраженной боли был предложен ряд теорий, в частности теория конвергенции. Основной идеей теории конвергенции является схождение сигналов от чувствительных нервных окончаний с кожи и внутренних органов на одном и том же нейроне спинного мозга.

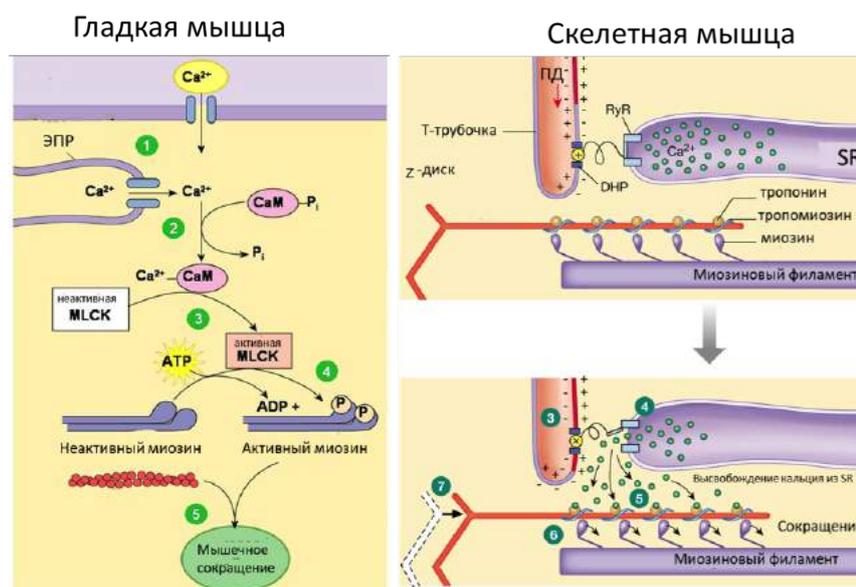
Выберите все утверждения об отраженной боли, которые можно объяснить с позиций теории конвергенции.

1. отражение боли возможно только в одном направлении (болевое воздействие на кожу не приводит к развитию болевых ощущений во внутреннем органе из того же дерматома)
2. отражённая боль развивается одновременно с локальной
3. отражённая боль распространяется в пределах одного дерматома (участка тела, иннервируемого одним сегментом спинного мозга)
4. отражённая боль не градуирована (не зависит от силы повреждения внутреннего органа)
5. болевые пороги локальной и отражённой боли совпадают

Ответ: 2, 3, 5.

### Задача 3.4.14. (8 баллов)

Рассмотрите механизмы запуска мышечного сокращения в поперечно-полосатой скелетной и гладкой мышечной клетках.



**Легенда:** CaM – кальмодулин (белок, связывающий  $\text{Ca}^{2+}$ ), MLCK – киназа легких цепей миозина (фосфорилирует легкие цепи миозина), RyR- риадиноновый рецептор, DHP – дигидропиридиновый рецептор, SR – саркоплазматический ретикулум, ПД – потенциал действия

Выберите верные утверждения:

1. Кальций поступает в клетку по градиенту концентрации
2. В отличие от гладкой мышцы, в запуске сокращения скелетной мышцы участвует киназа легких цепей миозина
3. Связывание кальция с тропонином – ключевое событие в запуске сокращения такой мышцы, как бицепс

4. Дигидропиридиновый рецептор отвечает за передачу электрического сигнала в клетку
5. Отсоединение фосфорных групп от легких цепей миозина запускает сокращение в гладких мышцах

**Ответ:** 1, 3, 4.

**Задача 3.4.15. (8 баллов)**

Угловое разрешение глаза – это минимальный угол между 2 точками, при котором человек воспринимает 2 точки отдельно друг от друга. Известно, что угловое разрешение глаза обратно пропорционально диаметру зрачка. Днем испытуемый А с нормальным зрением при диаметре зрачка в 3 мм различает две отдельные точки на расстоянии 1.45 миллиметра друг от друга с 5 метров. Зрение испытуемого В в темноте имеет угловое разрешение в 1.5 угловых минуты.

Испытуемый А и испытуемый В находятся в темноте на расстоянии 30 м от двух светящихся точек, расположенных рядом. Во сколько раз большее расстояние между двумя светящимися точками должно быть, чтобы пациент В увидел эти точки как 2 отдельных объекта, по сравнению с минимальным расстоянием между точками для пациента А (в темное время диаметр зрачка 6 мм)? Ответ округлите до целых чисел, размером глазного яблока можно пренебречь.

**Ответ:** 3.

**Задача 3.4.16. (3 балла)**

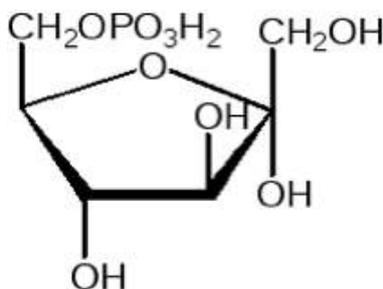
Для растительной клетки будут верными утверждения:

1. Разделение цитоплазмы клеток в ходе митоза происходит путем образования перетяжки
2. Клеточная стенка содержит хитин
3. Веретено деления формируется микротрубочками
4. В клетке содержится линейные и кольцевые молекулы ДНК
5. Большая часть клеточного объема занята вакуолью

**Ответ:** 3, 4, 5.

**Задача 3.4.17. (6 баллов)**

Соединение, представленное на рисунке:

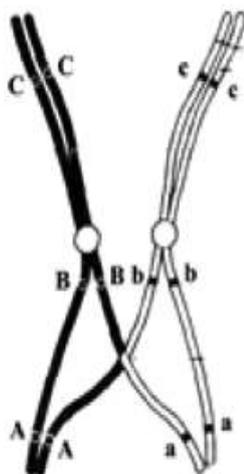


1. Не имеет заряда в водных растворах при рН7
2. Может быть использована для синтеза глюкозы
3. Может активировать клеточные протеинкиназы
4. Хорошо растворимо в неполярных растворителях
5. Содержит спиртовые группы

Ответ: 2, 5.

**Задача 3.4.18. (3 балла)**

Для клеточного процесса, приведенного на картинке, справедливы утверждения:

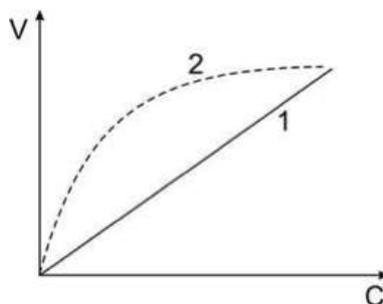


1. Чаще всего происходит между сестринскими хроматидами
2. Представляет процесс исправления повреждений хромосом
3. Является источником комбинативной изменчивости
4. Как правило происходит между негомологичными хромосомами
5. Необходим для правильного расхождения хромосом

Ответ: 3, 5.

**Задача 3.4.19. (6 баллов)**

На рисунке приведена зависимость скорости диффузии от концентрации для двух веществ. Верными утверждениями являются:



1. При высокой концентрации вещества 2 скорость диффузии растет слабо
2. Вещество 1 транспортируется через каналы-переносчики
3. Вещество 2 переносится через мембрану путем облегченной диффузии
4. При низких концентрация вещество 1 транспортируется в клетку эффективнее, чем 2.
5. Скорость диффузии вещества 1 не зависит от концентрации мембранных белков в мембране.

**Ответ:** 1, 3, 5.

#### **Задача 3.4.20. (4 балла)**

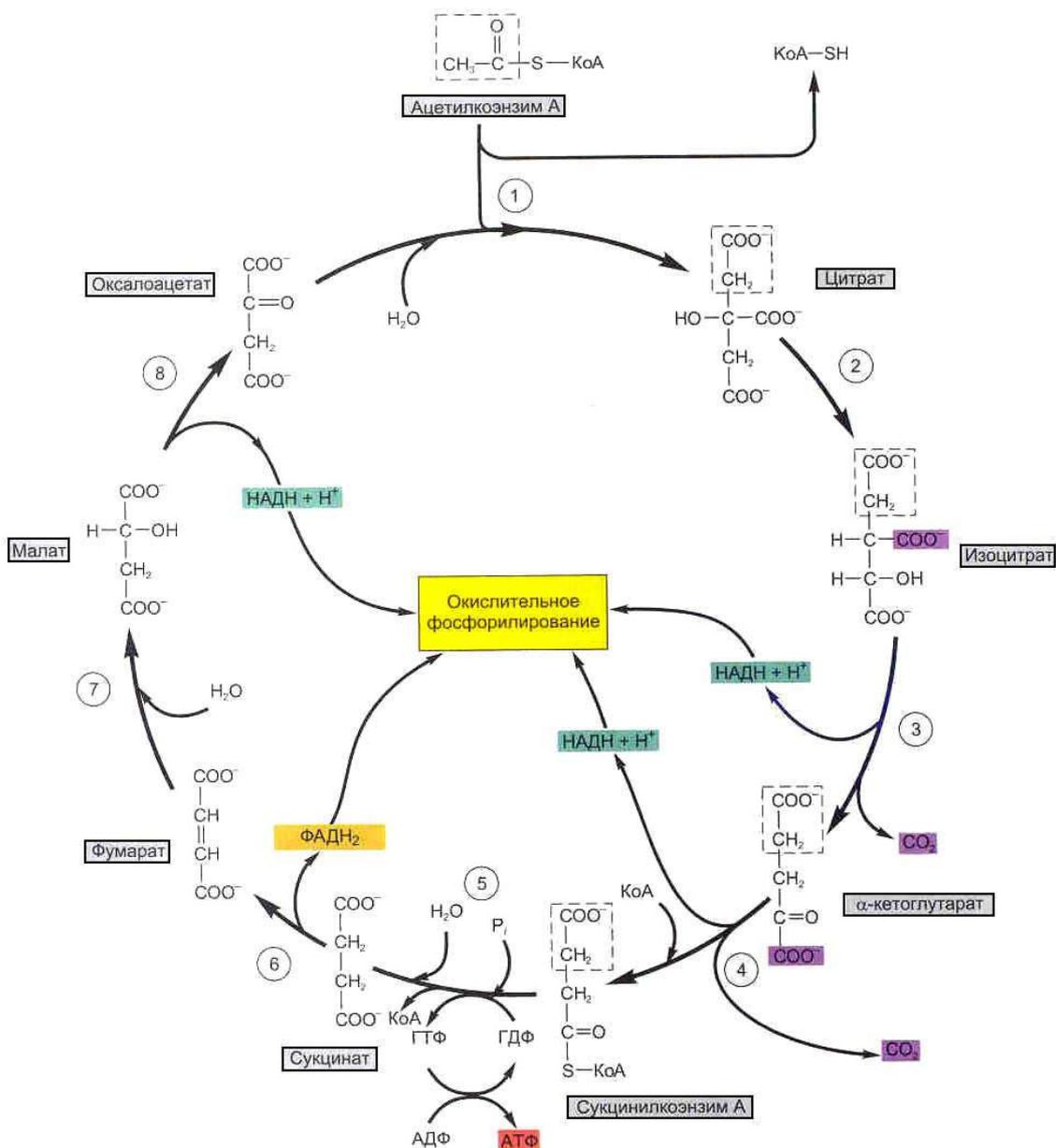
В митохондриях обычно могут происходить следующие процессы:

1. Транскрипция
2. Трансляция
3. Репликация
4. Гликолиз
5. Сборка рибосом

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

#### **Задача 3.4.21. (12 баллов)**

Эксперимент проводится в *in vitro* системе. К митохондриальному экстракту, содержащему все ферменты цикла Кребса (см. рисунок), добавляется меченный радиоактивным  $^{14}\text{C}$  по карбонильной группе ацетил-КоА (меченый атом показан на рисунке звездочкой). Внимательно рассмотрев рисунок, определите верные утверждения:



Верными утверждениями являются:

1. В первом обороте цикла метка будет обнаруживаться в  $\text{CO}_2$
2. Радиоактивная метка может быть обнаружена в  $\text{CO}_2$  лишь на втором цикле
3. За первый оборот цикла метка будет выведена из цикла полностью
4. За первый оборот цикла метка будет выведена из цикла частично
5. За первый оборот цикла метка сохранится в цикле полностью

Ответ: 1, 4.

### Задача 3.4.22. (6 баллов)

В молекулярной биологии широко используют эндонуклеазы рестрикции, ферменты, которые умеют разрезать двухцепочечную ДНК в определенном сайте. Сайт

узнавания одной из рестриктаз представляет собой последовательность GGATCC. Вы обрабатываете эндонуклеазой рестрикции кольцевую ДНК одной бактерии. Известно, что содержание GC пар у бактерии составляет 60%.

Предполагая, что нуклеотиды в геномной ДНК данной бактерии встречаются случайно, определите, какова ожидаемая длина фрагментов, полученных в результате обработки? Ответ приведите в тысячах нуклеотидов, округлите до десятых долей.

### *Решение*

Длина фрагмента обратно пропорциональна частоте встречаемости сайта. Если предположить, что нуклеотиды встречаются случайно, то вероятность встретить сайт AGATCT  $p(AGATCT) = p(G) \cdot p(G) \cdot p(A) \cdot p(T) \cdot p(C) \cdot p(C) = (0.3)^4 \cdot (0.2)^2$ . Тогда средняя длина фрагмента  $l = 1/p(AGATCT) = 3086$  п.н.

**Ответ:** 3086.

### *Задача 3.4.23. (6 баллов)*

Особенности репликации ДНК в клетках растений

1. Происходит в хлоропластах
2. Происходит в митохондриях
3. Матрицей служит одноцепочечная ДНК
4. Матрицей служит двуцепочечная ДНК
5. Синтез дочерней цепи идет в направлении  $5' \rightarrow 3'$
6. Синтез дочерней цепи идет в направлении  $3' \rightarrow 5'$

**Ответ:** 1, 2, 3, 5.

### *Задача 3.4.24. (9 баллов)*

Определите последовательность нуклеотидов РНК, комплементарную данной последовательности ДНК  $5' - TTTTCACGAATGTCACGTCCATC - 3'$ :

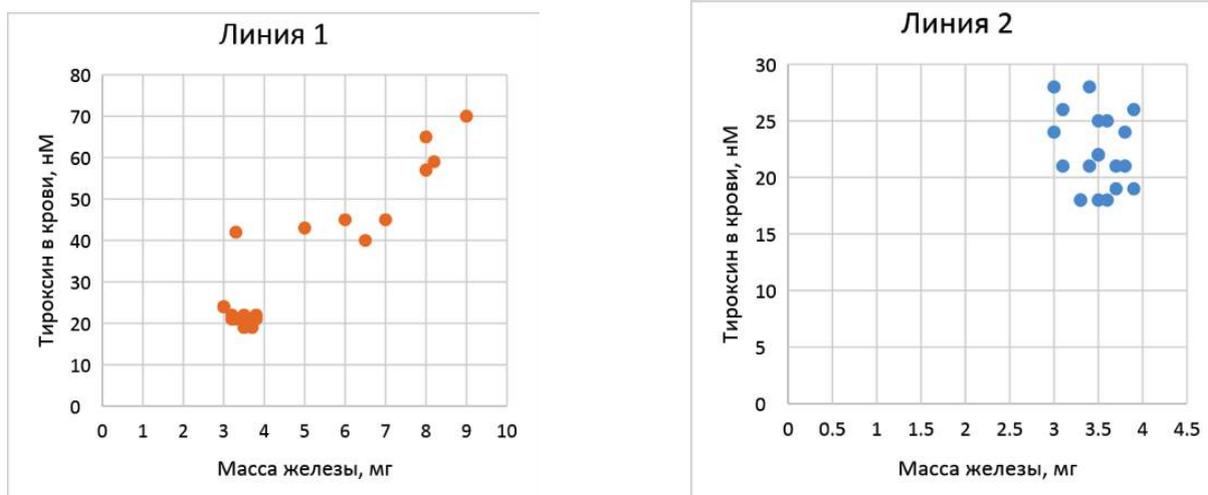
1.  $5' - AAAAGTGCTTACAGTGCAGGTAG - 3'$
2.  $5' - AAAAGUGCUUACAGUGCAGGUAG - 3'$
3.  $3' - GATGGACGTGACATTCGTGAAAA - 5'$
4.  $5' - GAUGGACGUGACAUUCGUGAAAA - 3'$

**Ответ:** 4.

### *Задача 3.4.25. (9 баллов)*

Исследователи работают с двумя линиями мышей. Первая линия страдает генетически обусловленным гипертиреозом, вторая линия — контрольная. Исследователи

в эксперименте изучили концентрацию в крови тироксина и измерили массу щитовидной железы у этих двух линий. Результаты приведены на рисунке.



Изучив рисунок, выберите утверждения, которые не противоречат результатам эксперимента.

1. Концентрация тироксина линии 2 составляет в среднем около 60 нМ
2. Все образцы из линии 1 демонстрируют более высокую массу железа, чем в линии 2
3. Вероятная причина гипертиреоза в линии 2, может быть связана с повышенным уровнем ТТГ
4. Гипертиреоз у линии 2 сопровождается с разрастанием железы
5. Для линии 1 наблюдается связь между концентрацией гормона и массой железы

Ответ: 1, 3, 5.

### Задача 3.4.26. (8 баллов)

Для измерения скорости проведения нервного импульса был предложен особый метод измерения составного потенциала действия мышцы (compound muscle action potential, СМАР). К исследуемому двигательному нерву прикладывается два возбуждающих электрода на заданном расстоянии друг от друга (дистальный, расположенный ближе к мышце, и проксимальный, расположенный ближе к ЦНС). К иннервируемой мышце прикладывается два регистрирующих электрода: активный регистрирующий электрод (G1) располагается на брюшке мышцы поверх концевой пластинки мотонейрона, электрод сравнения (G2) – возле сухожилия (см.рисунок 1). При возбуждении нерва дистальным и проксимальным электродами единственным изменяющимся параметром регистрируемого СМАР является латентный период, т.е. время от возбуждения нерва до возбуждения мышцы (см.рисунок 2).

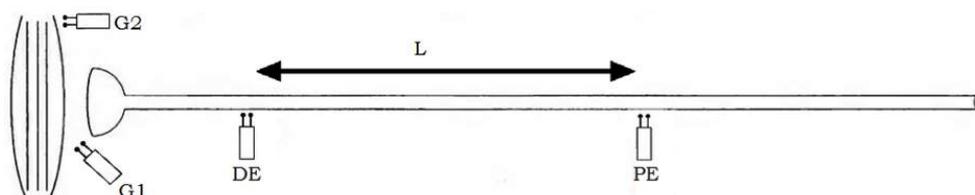


Рисунок 1. Схема установки для измерения СМАР. *DE* – дистальный электрод, *G1* – активный регистрирующий электрод, *G2* – электрод сравнения, *L* – известное расстояние между 2 возбуждающими электродами, *PE* – проксимальный электрод.

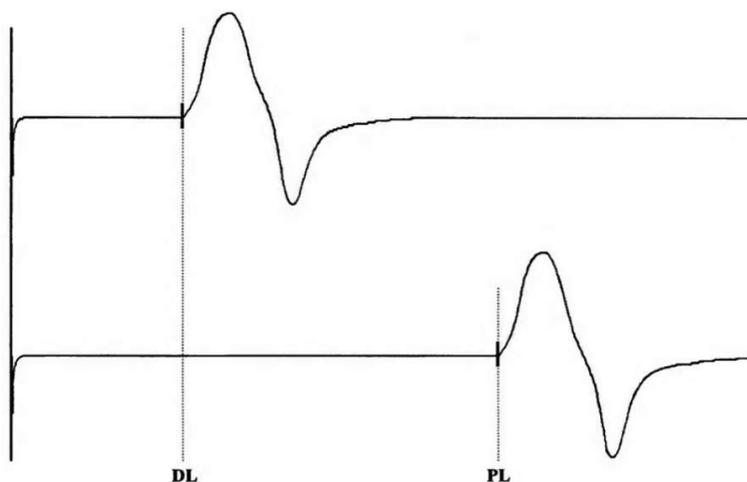


Рисунок 2. Кривая СМАР. *DL* – латентный период при возбуждении нерва дистальным электродом, *PL* – латентный период при возбуждении нерва проксимальным электродом.

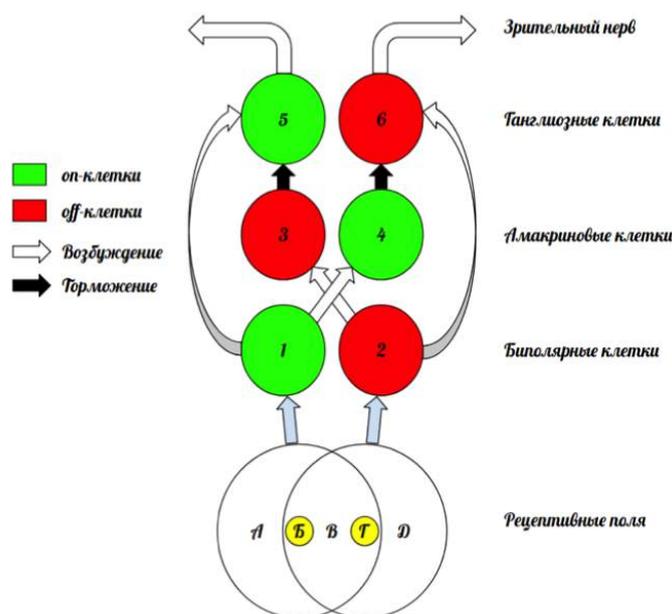
Перед вами фрагмент таблицы из лабораторного журнала физиолога XX века, который измерял скорость проведения импульса на препарате седалищного нерва варана. Проведите расчеты и укажите среднюю скорость проведения импульса в метрах в секунду с точностью до одного знака после запятой, например: 10.7.

<b>L, см</b>	<b>DL, мс</b>	<b>PL, мс</b>	<b>V, м/с</b>
16	3.2	7.3	
20	4.1	8.9	
18	3.7	8.2	
23	4.5	10.7	
20	4.2	9.1	

Ответ: 39.7.

### Задача 3.4.27. (8 баллов)

Первичная обработка зрительной информации происходит в сетчатке глаза. Каждая биполярная клетка обладает рецептивным полем, в которое входит несколько колбочек или палочек. По характеру ответа на освещение рецептивного поля различают 2 типа биполярных клеток: on-клетки увеличивают частоту импульсов при освещении центральной части рецептивного поля и уменьшают ее при освещении периферии рецептивного поля; off-клетки реагируют на освещение прямо противоположным образом. Аналогичные популяции on- и off-клеток существуют также среди амакриновых и ганглиозных клеток. В рамках задачи считайте, что если на клетку одновременно поступают тормозящий и возбуждающий сигналы, ее активность не изменяется.



Рассмотрите предложенную схему из 6 нейронов и выберите все верные утверждения.

1. При попадании света в точку В произойдет возбуждение клетки 5
2. Данная сеть нейронов на выходе выдает одинаковый ответ при освещении точек Б и Г
3. Данная сеть нейронов на выходе выдает одинаковый ответ при освещении точек А и Д
4. Нейромедиаторы амакриновых клеток, вероятнее всего, приводят к открытию хлорных каналов в мембране ганглиозных клеток
5. Подобное устройство нейронных сетей в сетчатке обеспечивает повышение контрастности видимого изображения

Ответ: 2, 4, 5.

### Задача 3.4.28. (8 баллов)

В медицине широко известен феномен отраженной боли: раздражение внутренних органов может привести к болевым ощущениям на поверхности тела, при этом

отраженная боль может возникнуть на значительном расстоянии от истинного источника боли. Так, при стенокардии — остром дефиците коронарного кровообращения — часто возникает резкая боль в левом плече и на внутренней поверхности левой руки. Для объяснения явления отраженной боли был предложен ряд теорий, в частности теория конвергенции. Основной идеей теории конвергенции является схождение сигналов от чувствительных нервных окончаний с кожи и внутренних органов на одном и том же нейроне спинного мозга.

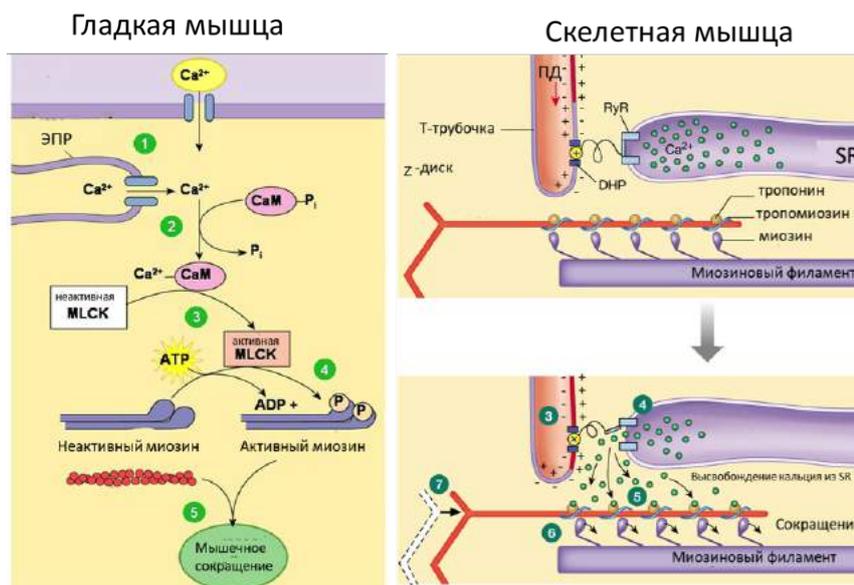
Выберите все утверждения об отраженной боли, которые можно объяснить с позиций теории конвергенции.

1. локализация отраженной боли не выходит за пределы дерматома (участка тела, иннервируемого одним сегментом спинного мозга)
2. отраженная боль развивается со значительным запозданием по сравнению с локальной
3. отражение боли возможно только в одном направлении (болевое воздействие на кожу не приводит к развитию болевых ощущений во внутреннем органе из того же дерматома)
4. чем сильнее поврежден внутренний орган, тем сильнее ощущается отраженная боль
5. болевые пороги локальной и отраженной боли не совпадают

Ответ: 1, 4.

### Задача 3.4.29. (8 баллов)

Рассмотрите механизмы запуска мышечного сокращения в поперечно-полосатой скелетной и гладкой мышечной клетках.



**Легенда:** CaM – кальмодулин (белок, связывающий  $Ca^{2+}$ ), MLCK – киназа легких цепей миозина (фосфорилирует легкие цепи миозина), RyR – риадиноновый рецептор, DHP – дигидропиридиновый рецептор, SR – саркоплазматический ретикулум, ПД – потенциал действия

Выберите верные утверждения:

1. В обоих случаях для запуска сокращения необходимо увеличение концентрации ионов кальция в цитозоле
2. В отличие от скелетной мышцы, в запуске сокращения гладкой мышцы участвует киназа легких цепей миозина
3. Связывание кальция с тропонином – ключевое событие в запуске сокращения гладкой мышцы
4. Концентрация кальция в покое в скелетной мышце в цитозоле выше, чем в ЭПР
5. Добавление к гладкой мышце ингибитора миозина не окажет заметного влияния на силу ее сокращения

Ответ: 1, 2.

### **Задача 3.4.30. (8 баллов)**

Угловое разрешение глаза – это минимальный угол между 2 точками, при котором человек воспринимает 2 точки отдельно друг от друга. Известно, что угловое разрешение глаза обратно пропорционально диаметру зрачка. Днем испытуемый А с нормальным зрением при диаметре зрачка в 3 мм различает две отдельные точки на расстоянии 1.45 миллиметра друг от друга с 5 метров. Зрение испытуемого В в темноте имеет угловое разрешение в 2 угловых минуты.

Испытуемый А и испытуемый В находятся в темноте на расстоянии 40 м от двух светящихся точек, расположенных рядом. Во сколько раз большее расстояние между двумя светящимися точками должно быть, чтобы пациент В увидел эти точки как 2 отдельных объекта, по сравнению с минимальным расстоянием между точками для пациента А (в темное время диаметр зрачка 6 мм)? Ответ округлите до целых чисел, размером глазного яблока можно пренебречь.

Ответ: 4.

## **3.5. Третья попытка. Задачи 9 класса.**

### **Задача 3.5.1. (5 баллов)**

Что из перечисленного можно отнести к биологическим аспектам (характеристикам) ниши организма?

1. когда и как организм размножается
2. пища, которую организм потребляет
3. как организм получает пищу
4. название рода и вида организма

Ответ: 1, 2, 3.

**Задача 3.5.2. (3 балла)**

Что из перечисленного не является этапом разложения биологических объектов?

1. производство гумуса
2. выщелачивание
3. формирование детрита
4. минерализация
5. всё вышеперечисленное является стадиями разложения

**Ответ:** 5.

**Задача 3.5.3. (5 баллов)**

Какие структуры в листьях контролирует открытие и закрытие устьиц?

1. жилка
2. дерма
3. замыкающие клетки
4. эпидермис
5. кутикула

**Ответ:** 3.

**Задача 3.5.4. (4 балла)**

В чём сходство между бактериями и вирусами?

1. Бактерии и вирусы имеют ядра
2. Могут быть вирулентными
3. Бактерии и вирусы уничтожаются антибиотиками
4. Бактерии и вирусы нуждаются в клетке-хозяине для воспроизведения

**Ответ:** 2.

**Задача 3.5.5. (5 баллов)**

Какие из перечисленных организмов используют конъюгацию для передачи генетического материала?

1. вирусы
2. археи
3. морские звезды
4. бактерии

Ответ: 4.

**Задача 3.5.6. (5 баллов)**

Клетку водоросли поместили в солевой раствор с 65% содержанием воды. Что произойдёт с клеткой?

1. Клетка останется прежней
2. Клетка будет сжиматься по мере удаления из неё соли
3. Клетка будет расширяться по мере поступления в неё воды
4. Клетка будет сжиматься по мере потери воды

Ответ: 4.

**Задача 3.5.7. (4 балла)**

У клетки есть ферменты, ДНК, рибосомы, плазматическая мембрана и митохондрии. Это может быть только:

1. Только бактериальная клетка
2. Только растительная клетка
3. Только животная клетка
4. Клетка животного или растения
5. Растительная или бактериальная клетка

Ответ: 4.

**Задача 3.5.8. (9 баллов)**

Соедините корневые зоны с соответствующими характеристиками.

1. Зона деления
  2. Зона проведения
  3. Зона роста
  4. Зона всасывания
- а. В этой зоне расположены корневые волоски
  - б. В этой зоне отсутствует деление клеток
  - в. Располагается на самом конце корня
  - г. Занимает наибольшую часть корня

Ответ: 1 - в, 2 - г, 3 - б, 4 - а.

**Задача 3.5.9. (9 баллов)**

Сколько гектаров поля надо засадить пшеницей, чтобы прокормить популяцию лис, если консументам более высокого порядка лисы отдают 2500 кДж энергии и в пищевой цепи присутствуют полёвки. Переход энергии между уровнями осуществляется по правилу Линдемана, а продуктивность пшеницы 125000 кДж/га. Ответ округлите до целых.

**Решение**

$$2500/0.1/0.1/0.1 = 2500\ 000 \text{ кДж у пшеницы. } 2\ 500\ 000/125\ 000 = 20 \text{ га.}$$

**Ответ:** 20.

**Задача 3.5.10. (9 баллов)**

Продуценты производят за месяц 1575000 ккал энергии в озере площадью 70 м<sup>2</sup>. С одного квадратного метра рыбы получают 150 ккал в день. Сколько выдр прокормится в этом озере, если ей необходимо 500ккал в сутки. Переходы энергии между уровнями равнозначны. Ответ округлите до целых.

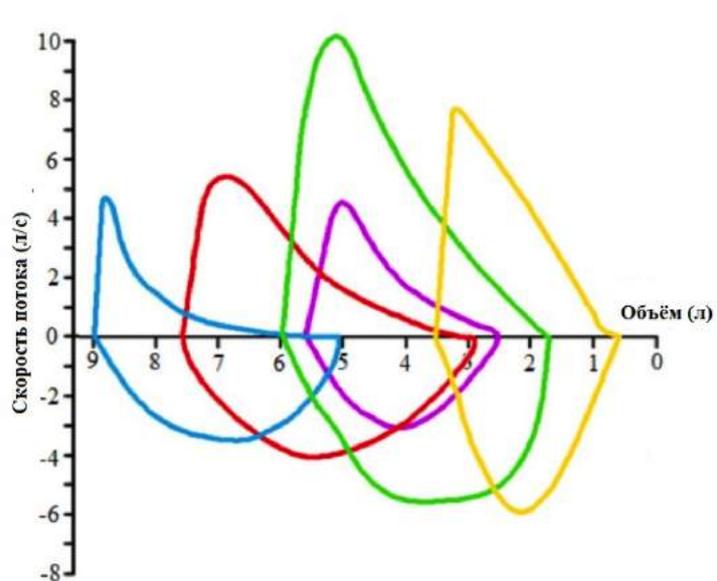
**Решение**

$150\text{ккал} \cdot 30 \cdot 70 = 315\ 000 \text{ ккал}$  – рыбы получают в месяц со всего озера.  
 $315000/1575000 = 20\%$  - переход.  $150\text{ккал} \cdot 70 \cdot 0.2 = 2100\text{ккал}$  на уровне выдры в сутки.  $2100/500 = 4.2$  особи в сутки.

**Ответ:** 4.

**Задача 3.5.11. (8 баллов)**

Один из методов диагностики состояния легких — измерение скорости потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха с последующим построением кривой зависимости скорости потока от объема легких. Нормальная кривая изображена на рисунке зеленым цветом. Изучите рисунок и выберите все верные утверждения.



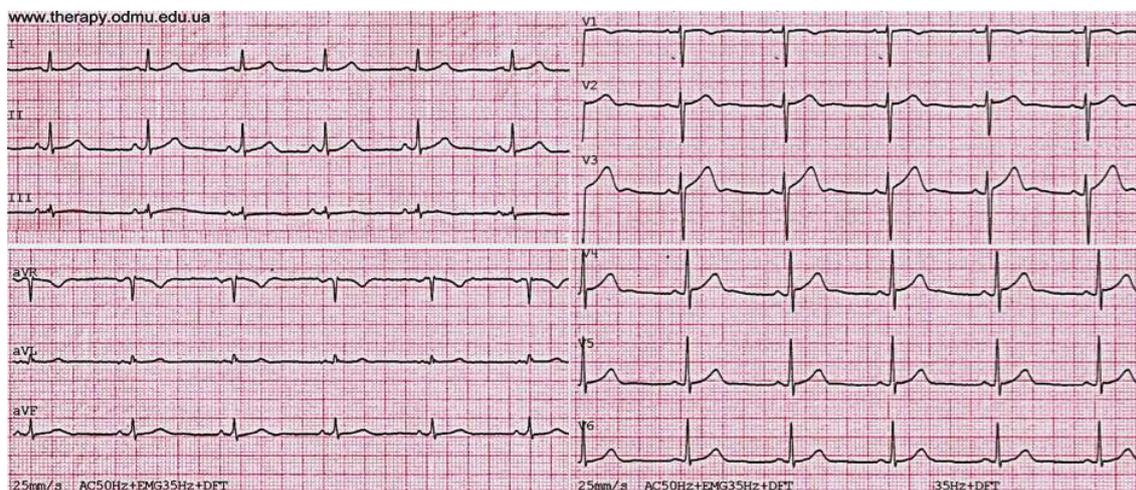
Выберите верные утверждения:

- Синяя кривая характерна для пациентов с фиброзом легких (разрастанием соединительной ткани)
- Графики ниже оси X отражают процесс выдоха
- Желтая кривая характерна для пациентов с эмфиземой легких (патологическим расширением воздушных пространств мелких бронхиол)
- В норме при вдохе объем легких увеличивается примерно на 4.2 литра

Ответ: 2, 4.

### Задача 3.5.12. (8 баллов)

Электрокардиограмма — метод регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Это простой, но очень ценный метод, позволяющий изучать работу сердца. По ЭКГ определяют частоту сердечных сокращений, положение сердца в грудной клетке, нарушение в электрическом возбуждении сердца.

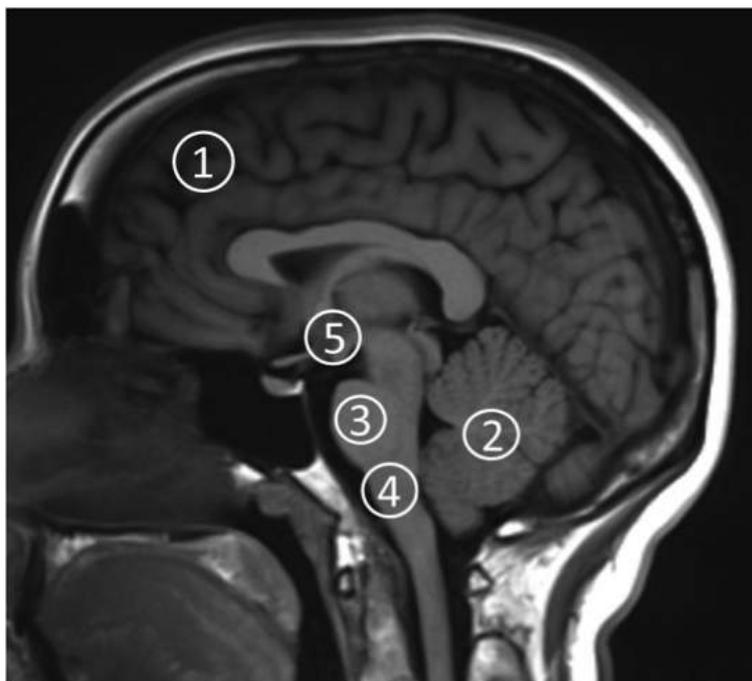


ЧСС как правило определяют, рассчитывая расстояние между двумя соседними «R» пиками. Определите частоту сердечных сокращений (уд/мин) на представленной записи ЭКГ, если скорость движения ленты была 20 мм/сек. Ответ округлите до целых значений.

Ответ: 48.

### Задача 3.5.13. (8 баллов)

Метод магнитно-резонансной томографии широко используется для изучения анатомии человека и диагностики заболеваний. На снимке показана МР-томограмма головного мозга.



Выберите верные утверждения:

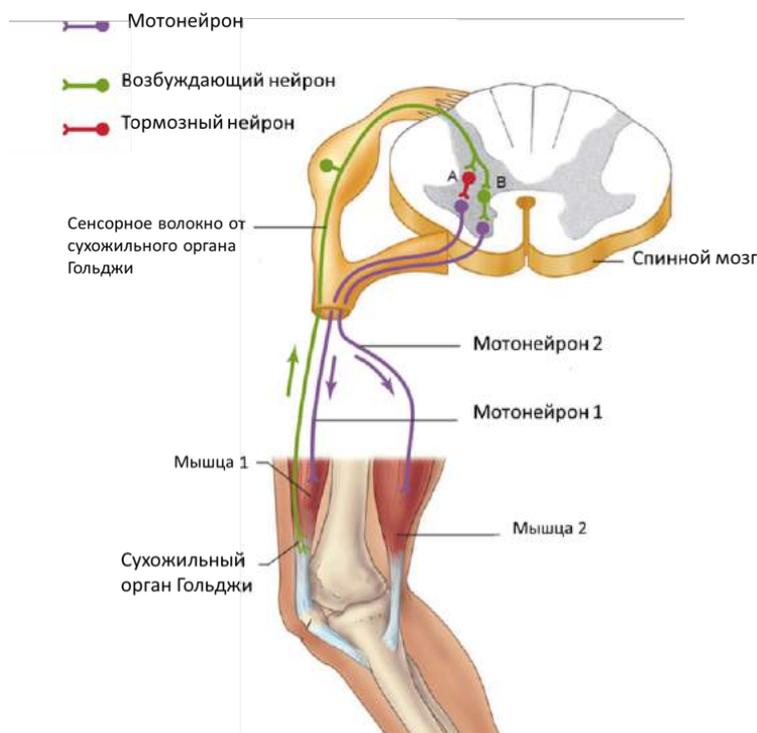
1. Наличие структуры 1 обязательно для осуществления чихательного рефлекса
2. Структура 2 отвечает за координацию движений
3. Структура 3 отвечает за выработку окситоцина и вазопрессина
4. Повреждение структуры 4 приводит к остановке дыхания
5. Структура 5 представляет из себя сплетение нервных волокон, соединяющих правое и левое полушария

Ответ: 2, 4.

### Задача 3.5.14. (8 баллов)

Мышечное сокращение регулируется, в том числе, и на уровне спинного мозга. На рисунке показана схема рефлекса, запускаемого сухожильным органом Гольджи. Частота нервных импульсов, идущих от сухожильного органа Гольджи в спинной

мозг, увеличивается при растяжении органа Гольджи. Тормозный нейрон выделяет тормозящий нейромедиатор в синаптическую щель, а возбуждающий нейрон – возбуждающий медиатор. Мотонейрон стимулирует сокращение соответствующей мышцы.



Выберите верные утверждения:

1. Согласно данной схеме, растяжение сухожильного органа мышцы 1 стимулирует расслабление мышцы 2.
2. Этот рефлекс работает по принципу положительной обратной связи
3. Разрушение тормозного нейрона повлияет на возможность протекания данного рефлекса.
4. Повреждения головного мозга напрямую отразятся на работе этого рефлекса

Ответ: 3.

### Задача 3.5.15. (8 баллов)

Кальциевый канал — трансмембранный белок, который регулирует поток кальция в клетку. В каких компартментах мышечной клетки можно обнаружить данный белок?

1. Саркоплазматический ретикулум
2. Митохондрия
3. Пластида
4. Нуклеоплазма
5. Пероксисома

6. Цитоплазматическая мембрана
7. Лизосома
8. Аппарат Гольджи

**Ответ:** 1, 6, 8.

***Задача 3.5.16. (5 баллов)***

На каком трофическом уровне энергетической пирамиды содержится наименьшее количество энергии?

1. продуценты
2. консументы первого порядка
3. консументы второго порядка
4. консументы третьего порядка

**Ответ:** 4.

***Задача 3.5.17. (3 балла)***

Трахеиды и сосудистые элементы составляют

1. Трихомы
2. Меристему
3. Флоэму
4. Ксилему

**Ответ:** 4.

***Задача 3.5.18. (5 баллов)***

На основании каких двух наиболее значимых факторов водные экосистемы разделены на зоны?

1. питательные вещества и кислород
2. питательные вещества и солнечный свет
3. температура и кислород
4. температура и солнечный свет

**Ответ:** 2.

***Задача 3.5.19. (5 баллов)***

Что делают *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в йогуртовой культуре?

1. Производят молочную кислоту и ацетальдегид.
2. При смешивании с другой культурой их можно использовать в моцарелле и фете.
3. Полученный благодаря им ацетальдегид придает йогурту свой характерный аромат.

**Ответ:** 1, 3.

### ***Задача 3.5.20. (5 баллов)***

Какие органеллы состоят из взаимосвязанной сети тонких, имеющих сложную организацию мембран?

1. рибосома
2. лизосома
3. аппарат Гольджи
4. эндоплазматический ретикулум
5. Верного ответа нет

**Ответ:** 3, 4.

### ***Задача 3.5.21. (5 баллов)***

В чём сходство между митохондриями и хлоропластами?

1. Они сильно обособлены внутри клетки
2. Имеют внутреннюю и наружную мембраны
3. Имеют структуры в форме дисков
4. Присутствуют в растительных клетках
5. Поглощают и преобразуют энергию

**Ответ:** 1, 2, 3, 4, 5.

### ***Задача 3.5.22. (5 баллов)***

Какие молекулы не могут проникнуть в клетку через фосфолипидный бислой?

1. большие молекулы (например, белки)
2. более крупные полярные молекулы (например, глюкоза, нуклеиновые кислоты)
3. маленькие полярные молекулы (иногда молекулы воды)
4. маленькие неполярные молекулы (например,  $O_2$ ,  $CO_2$ )
5. ионы (например,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ )

**Ответ:** 1, 2, 5.

**Задача 3.5.23. (8 баллов)**

Соотнесите части цветка с соответствующей им функцией

- |                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| 1. Околоцветник   | а. Привлечение опылителей   |
| 2. Пыльник        | б. Взаимодействие с пыльцой |
| 3. Рыльце пестика | в. Образование спермиев     |
| 4. Семязачаток    | г. Развитие яйцеклеток      |

**Ответ:** 1 - а, 2 - в, 3 - б, 4 - г.

**Задача 3.5.24. (9 баллов)**

Сколько рыбы съел тюлень за февраль месяц, если за каждую неделю его биомасса увеличивалась на 1.44 кг. Масса одной рыбы составляет 2 кг, при этом на 70% рыба состоит из воды, а переход биомассы между уровнями 12%. Ответ округлите до целых.

**Решение**

$1.44/0.12 = 12$  кг – сухой рыбы  $12 \cdot 100/30 = 40$  кг всего рыбы  $40/2 = 20$  рыб в неделю  $20 \cdot 4 = 80$  в месяц.

**Ответ:** 80.

**Задача 3.5.25. (10 баллов)**

В засушливое лето пересохла часть пруда, что привело к частичной гибели рыбы. Сколько кг рыбы нужно выпустить в пруд, чтобы её хватило для того, чтобы прокормить двух выдр, если сейчас выдры получают 450 ккал, а чтобы прокормиться одна выдра должна получать 700 ккал. В 1 кг биомассы рыбы запасается 650 ккал энергии. Переход энергии между уровнями 14%. Вес 1 рыбы составляет 1.5 кг (70% воды). Ответ округлите до целых.

**Решение**

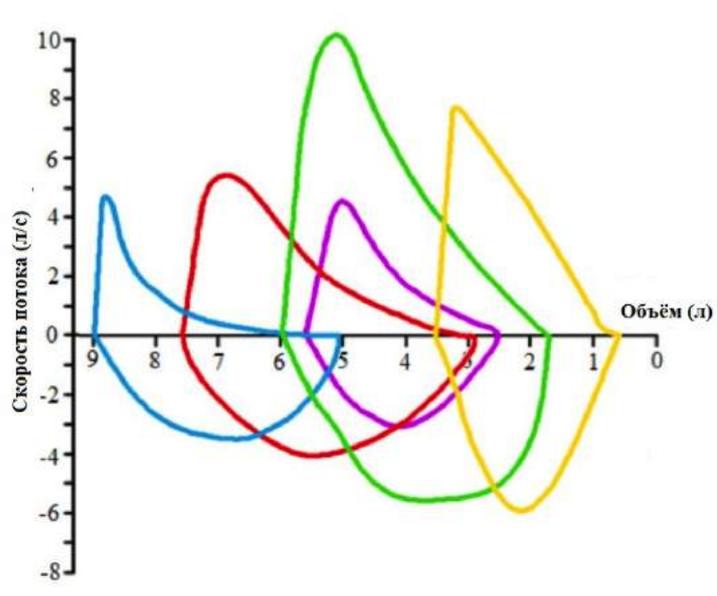
$2 \cdot 700 = 1400$  нужно выдрам. Для этого у рыб должно быть  $1400/0.14 = 10000$  ккал. Имеем  $450/0.14 = 3214$ .  $10000 - 3214 = 6786$  ккал не хватает.  $6786/650 = 10.44$  кг биомассы надо,  $10.44/0.3 = 34.8 = 35$  кг.

**Ответ:** 35.

**Задача 3.5.26. (8 баллов)**

Один из методов диагностики состояния легких — измерение скорости потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха с последующим построением кривой зависимо-

сти скорости потока от объема легких. Нормальная кривая изображена на рисунке зеленым цветом. Изучите рисунок и выберите все верные утверждения.



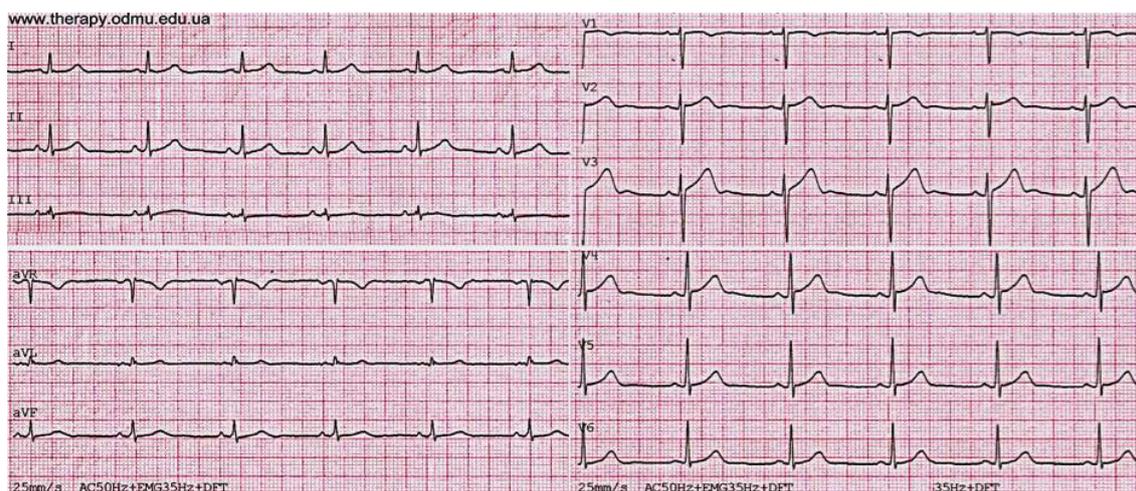
Выберите верные утверждения:

- скорость потока считают положительной на вдохе и отрицательной на выдохе
- синяя кривая характерна для пациентов с эмфиземой легких (патологическим расширением воздушных пространств мелких бронхиол)
- фиолетовая кривая характерна для пациентов с пневмотораксом (попаданием воздуха в плевральную полость и коллапсом легкого)
- желтая кривая характерна для пациентов с фиброзом легких (разрастанием соединительной ткани)
- красная кривая характерна для пациентов с рецидивирующей стадией открытой формы туберкулеза легких

Ответ: 1, 2, 4.

### Задача 3.5.27. (8 баллов)

Электрокардиограмма — метод регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Это простой, но очень ценный метод, позволяющий изучать работу сердца. По ЭКГ определяют частоту сердечных сокращений, положение сердца в грудной клетке, нарушение в электрическом возбуждении сердца.



ЧСС как правило определяют, рассчитывая расстояние между двумя соседними «R» пиками. Определите частоту сердечных сокращений (уд/мин) на представленной записи ЭКГ, если скорость движения ленты была 25 мм/сек. Ответ округлите до целых значений.

Ответ: 60.

### Задача 3.5.28. (8 баллов)

Метод магнитно-резонансной томографии широко используется для изучения анатомии человека и диагностики заболеваний. На снимке показана МР-томограмма головного мозга.



Выберите верные утверждения:

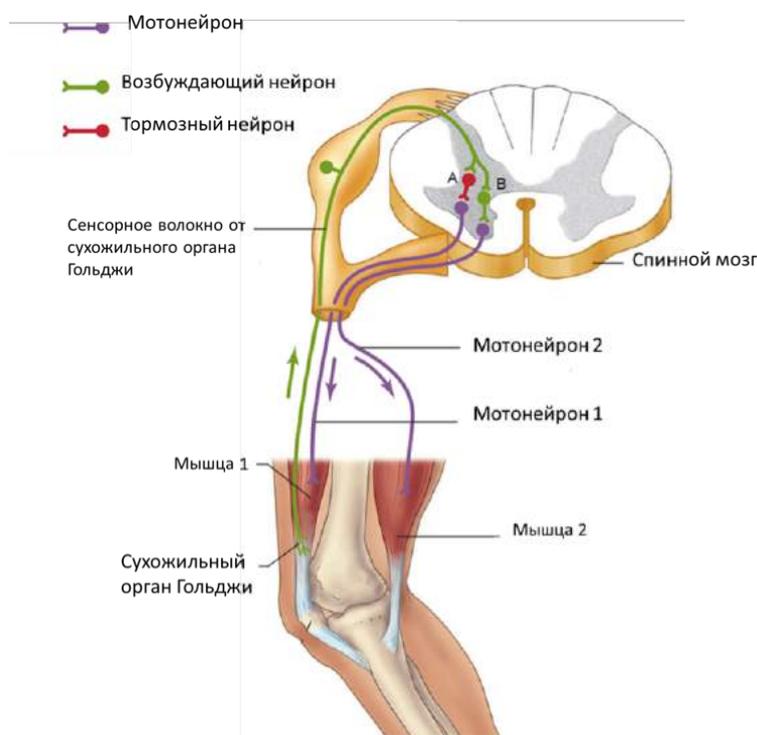
1. Структура 1 представляет собой конечный центр анализа информации
2. Структура 2 необходима для контроля температуры тела

3. В структуре 3 сосредоточено большое количество нервных волокон, соединяющих спинной мозг с различными отделами головного мозга
4. В структуре 4 расположен центр дыхания
5. В структуре 5 расположен центр голода и насыщения

Ответ: 1, 3, 4, 5.

### Задача 3.5.29. (8 баллов)

Мышечное сокращение регулируется, в том числе, и на уровне спинного мозга. На рисунке показана схема рефлекса, запускаемого сухожильным органом Гольджи. Частота нервных импульсов, идущих от сухожильного органа Гольджи в спинной мозг, увеличивается при растяжении органа Гольджи. Тормозный нейрон выделяет тормозящий нейромедиатор в синаптическую щель, а возбуждающий нейрон – возбуждающий медиатор. Мотонейрон стимулирует сокращение соответствующей мышцы.



Выберите верные утверждения:

1. Согласно данной схеме, растяжение сухожильного органа мышцы 1 стимулирует сокращение мышцы 2
2. Данный рефлекс защищает мышцы от чрезмерного напряжения
3. Разрушение тормозного нейрона не повлияет на возможность протекания данного рефлекса
4. Скорее всего, у мышцы 2 в сухожилии также есть сухожильный орган Гольджи
5. Данный рефлекс реализуется на уровне спинного мозга и не задействует головной мозг

Ответ: 1, 2, 4.

### Задача 3.5.30. (8 баллов)

Натриевый канал — это трансмембранный белок, который регулирует поток натрия в клетку в зависимости от мембранного потенциала. В каких компартментах нервной клетки можно обнаружить этот белок?

1. Нуклеоплазма
2. Митохондрия
3. Пероксисома
4. Лизосома
5. Эндоплазматический ретикулум
6. Пластида
7. Аппарат Гольджи
8. Цитоплазматическая мембрана

Ответ: 5, 7, 8.

## 3.6. Третья попытка. Задачи 10-11 класса.

### Задача 3.6.1. (6 баллов)

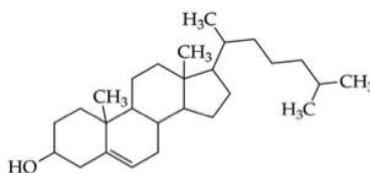
Определите последовательность нуклеотидов кодирующей цепи ДНК, соответствующей началу рамки считывания:

1. 3' – ATGTAGTAATGGGCCGTCATAAT – 5'
2. 5' – ATGTAGTAATGGGCCGTCATAAT – 3'
3. 5' – TACATCATTACCCGGCAGTATTA – 3'
4. 3' – TACATCATTACCCGGCAGTATTA – 5'

Ответ: 4.

### Задача 3.6.2. (3 балла)

Молекула, представленная на рисунке:



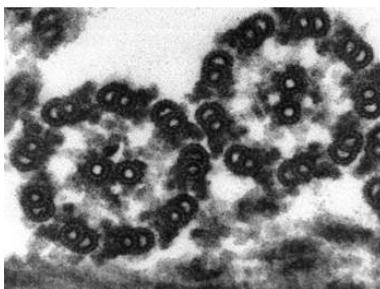
1. Является исходной для синтеза ряда гормонов

2. Имеет положительный заряд при рН7
3. Входит в состав клеточных мембран
4. Может активировать клеточные протеинкиназы
5. Растворима в неполярных растворителях

Ответ: 1, 3, 5.

### Задача 3.6.3. (3 балла)

Для клеточной структуры, приведенной на картинке, справедливы утверждения:



1. Состоит из белков
2. Участвует в транспорте веществ внутри клетки
3. Участвует в движении клетки
4. Катализирует сборку микротрубочек
5. Встречается у прокариот

Ответ: 1, 3.

### Задача 3.6.4. (3 балла)

Для транскрипции у прокариот верны утверждения:

1. Промотор необходим для связывания РНК-полимеразы с ДНК
2. Для начала транскрипции требуется затравка
3. Транскрипция начинается с посадки РНК-полимеразы на стартовый кодон
4. РНК-полимераза останавливает свою работу при синтезе терминирующей шпильки РНК
5. Для связывания РНК-полимеразы с ДНК требуется  $\rho$ -фактор

Ответ: 1, 4.

### Задача 3.6.5. (6 баллов)

У бактерии в гене аргининовой тРНК, которая ранее узнавала кодон AGA, произошла нуклеотидная замена, и она стала узнавать кодон UGA (который обычно

является стоп-кодоном). К возможным последствиям подобной замены можно отнести:

1. Трансляция белков, содержащих аргинин, будет внезапно прерываться
2. В транслируемых белках аргинин будет замещаться на иные аминокислоты
3. Некоторые из транслируемых белков увеличат свою длину
4. Транскрипция тРНК будет завершаться досрочно
5. Потребность клетки в аргинине возрастет

**Ответ:** 3, 5.

### Задача 3.6.6. (8 баллов)

При проведении ПЦР аллели гена D дают продукты амплификации длиной около 500 п.о. Аллель d отличается от аллеля D, тем что у него есть участок, который узнает эндонуклеаза рестрикции. При обработке эндонуклеазой продукт амплификации расщепляется на две части (длиной 200 и 300 п. о.). Исследователь имеет результаты генотипирования по гену D для двух групп (страдающих неким заболеванием и здоровых). На рисунках ниже схематично представлены результаты анализа продуктов ПЦР после рестрикции в агарозном геле

Результат генотипирования среди заболевших:

Пациент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
500 п.о.	—			—			—	—			—				—
300 п.о.		—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
200 п.о.		—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—

Результат генотипирования в контрольной группе:

Пациент	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
500 п.о.	—						—		—						
300 п.о.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200 п.о.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Изучив результаты эксперимента, выберите утверждения, которые следуют из полученных результатов.

1. Пациент 4 – гетерозиготен по гену D
2. Гетерозиготы наиболее устойчивы к заболеванию
3. Все носители генотипа DD больны
4. Гомозиготы DD обнаружены только среди больных
5. Частота аллеля D в контрольной группе равна 0,1

**Ответ:** 1, 4, 5.

### Задача 3.6.7. (6 баллов)

Три родных брата (биолог, физик и химик) решили определить у друг друга группу крови. Центрифугировав пробы цельной крови, они соединяли форменные элементы и сыворотки в разных сочетаниях. В ряде случаев наблюдалась реакция агглютинации (слипания эритроцитов), которая в таблице отмечена знаком «+».

Сыворотка	Форменные элементы		
	Биолог	Химик	Физик
Биолог		+	+
Химик	+		+
Физик	-	-	

Выберите утверждения, не противоречащие условию задачи:

1. Все трое имеют различную группу крови
2. Химик имеет группу крови АВ
3. Генотипы родителей  $J^A j^0$  и  $J^B j^0$
4. Один из родителей имел 0 группу крови
5. Химику нельзя переливать кровь от физика

Ответ: 1, 3, 5.

### Задача 3.6.8. (10 баллов)

В 1958 г. Дж. Тейлор проращивал проростки бобов на среде содержащей  $^3\text{H}$ -меченный тимидинтрифосфат, метка включалась в делящиеся клетки и обнаруживалась в хроматидах хромосом в корешках проростка. После чего корешки помещались на среду без метки, клетки корешка, продолжающие активно делиться, включали немеченый тимидин. Меченые хромосомы анализировали методом радиоавтографии: на препарат наслаивали тонкий слой эмульсии, который засвечивался радиоактивным излучением от метки, при этом из эмульсии выпадали зерна серебра, отмечая треки радиоактивных частиц. Препараты анализировали после первого и второго митотических делений во время метафазы.

Верными утверждениями являются:

1. После первого деления метка присутствует во всех хроматидах метафазных хромосом
2. После первого деления метка присутствует только в одной из хроматид метафазной хромосомы
3. После первого деления метка обнаруживается только в одной из гомологичных хромосом
4. После второго деления метка присутствует только в одной из хроматид метафазной хромосомы
5. После второго деления метка присутствует только в одной из гомологичных хромосом

Ответ: 1, 4.

### Задача 3.6.9. (6 баллов)

Дина скупала булочку массой 56 г и, поскольку она тщательно следит за фигурой, решила бегать до тех пор, пока не потратит энергию, заключенную в данной булочке. Молярная масса глюкозы 180 г/моль, молярная масса воды 18 г/моль. Из 1 моль глюкозы в ходе окислительного метаболизма получается 32 моль АТФ. Считая, что булочка целиком состоит из крахмала, а также зная, что энергоёмкость АТФ составляет около 7.5 ккал/моль, и в среднем человек при беге тратит 500 ккал/час, оцените сколько времени Дине нужно бежать, ответ приведите в целых минутах. Ответ введите в виде числа

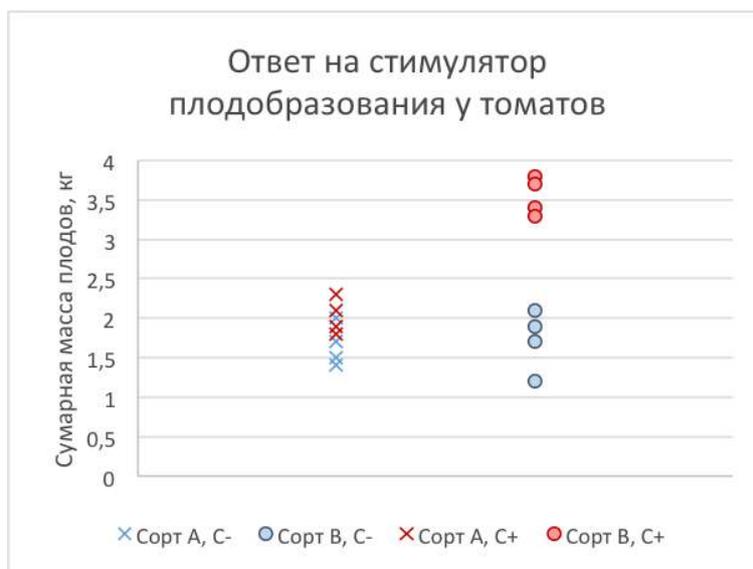
#### Решение

При образовании крахмала из глюкозы, из-за образования гликозидной связи молярная масса уменьшается на молярную массу воды. Таким образом, 56 г крахмала соответствует  $56 \text{ г} / (180 - 18 \text{ г/моль}) = 0.35$  молям глюкозы. Поскольку каждый моль глюкозы - соответствует 32 моль АТФ, а каждая АТФ – это около 7.5 ккал/моль, то общая энергетическая ценность составит около 83 ккал. Разделив на 500 ккал/час и умножив на 60 минут, получаем около 10 минут.

Ответ: 10.

### Задача 3.6.10. (9 баллов)

Два сорта томатов (А и В) культивировали в установке искусственного выращивания растений. Оба сорта получали одинаковые питательные растворы, содержащие все необходимые для жизни питательные вещества (С-). Часть растений каждого сорта дополнительно обрабатывали стимулятором плодообразования (С+). Результаты эксперимента приведены на рисунке.



Какие утверждения не противоречат наблюдаемым результатам эксперимента:

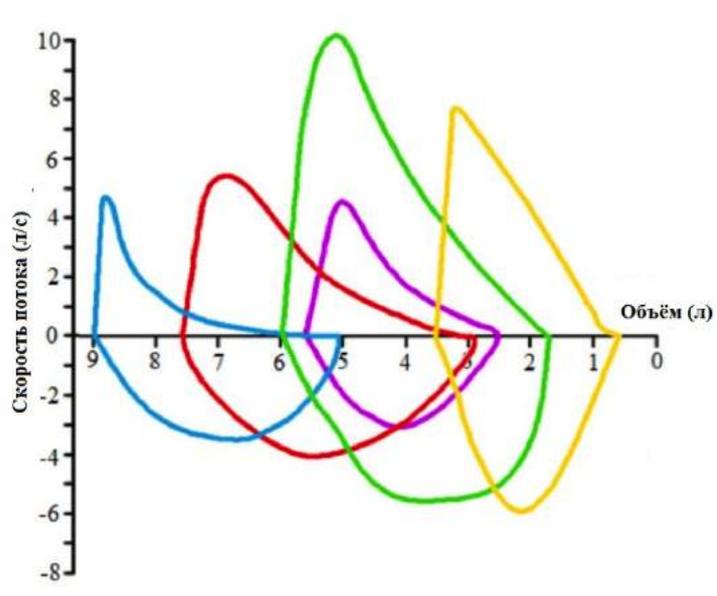
1. Суммарная масса плодов у сорта В увеличилась после обработки

2. Сорт В без обработки стимулятором дает массу плодов большую, чем сорт А
3. Стимулятор увеличивает количество плодов у сорта А, но их масса уменьшается
4. Стимулятор незначительно влияет на размеры и количество плодов сорта А
5. У сорта А суммарная масса плодов сильнее зависит от внешних условий

Ответ: 1, 3, 4.

### Задача 3.6.11. (8 баллов)

Один из методов диагностики состояния легких — измерение скорости потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха с последующим построением кривой зависимости скорости потока от объема легких. Нормальная кривая изображена на рисунке зеленым цветом. Изучите рисунок и выберите все верные утверждения.



Выберите верные утверждения:

1. Синяя кривая характерна для пациентов с фиброзом легких (разрастанием соединительной ткани)
2. Графики ниже оси X отражают процесс выдоха
3. Желтая кривая характерна для пациентов с эмфиземой легких (патологическим расширением воздушных пространств мелких бронхиол)
4. В норме при вдохе объем легких увеличивается примерно на 4.2 литра

Ответ: 2, 4.

### Задача 3.6.12. (8 баллов)

Некоторые типы диабета характеризуется тем, что клетки иммунной системы атакуют вырабатывающие инсулин клетки. Это приводит к нарушению регуляции

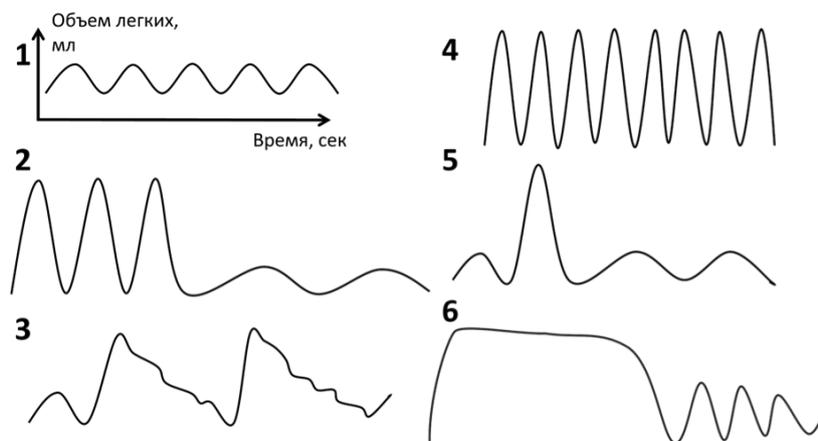
уровня сахара в крови, так как не вырабатывается в достаточном количестве инсулин. Представьте, что вы разрабатываете носимый аппарат, который способен вводить в кровь инсулин с некоторой периодичностью, чтобы компенсировать его недостаток. Вы решили начать свои исследования с экспериментов на животных. Определите, в каком порядке вы будете проводить данное исследование:

1. Сформулировать основную гипотезу. Подобрать модель сахарного диабета, подходящую для изучения данного типа заболевания.
2. Сформулировать выводы, относительно полученных данных.
3. При помощи статистических методов подобрать размеры контрольной и экспериментальных групп животных, чтобы получить статистически значимые результаты.
4. Провести эксперименты с животными.
5. Обработать полученные данные. Представить их в виде картинок, диаграмм, таблиц и т.д., проверить с помощью статистических методов гипотезу.
6. Продумать дальнейшие эксперименты для улучшения вашей методики борьбы с симптомами сахарного диабета или внедрения вашего проекта в клиническую практику.

**Ответ:** 1, 3, 4, 5, 2, 6.

### **Задача 3.6.13. (8 баллов)**

Спирограмма – метод исследования внешнего дыхания. Этот метод позволяет оценить, как меняются дыхательные движения в разных физиологических условиях.



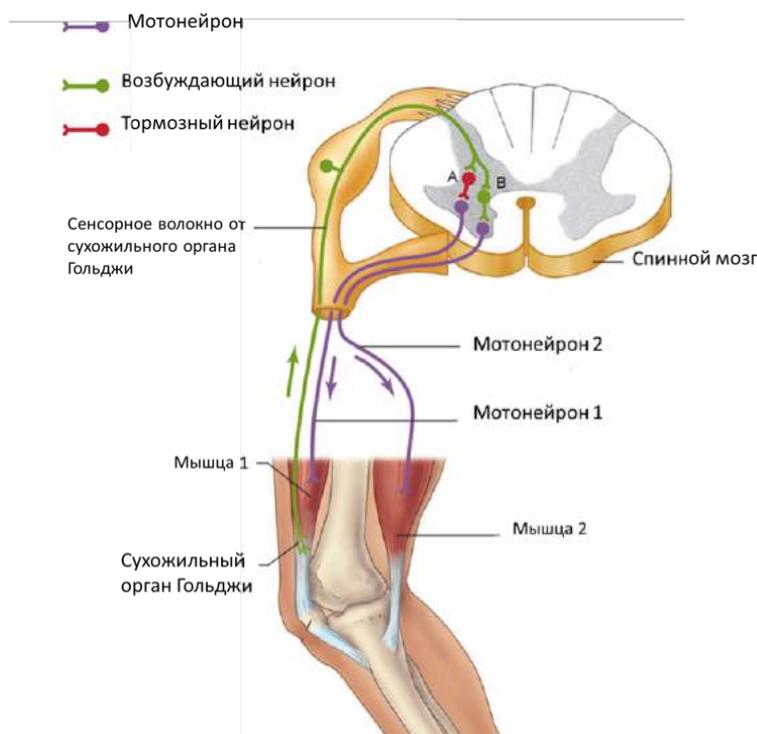
Сопоставьте данные спирографа и физиологические состояния, при которых были получены данные записи (все графики нарисованы в одинаковом масштабе)

1. График 1 отображает спокойное дыхание
2. График 3 отображает дыхание при разговоре
3. График 6 отображает глубокий вдох
4. График 5 характерен для бегущего человека

**Ответ:** 1, 2.

### Задача 3.6.14. (8 баллов)

Мышечное сокращение регулируется, в том числе, и на уровне спинного мозга. На рисунке показана схема рефлекса, запускаемого сухожильным органом Гольджи. Частота нервных импульсов, идущих от сухожильного органа Гольджи в спинной мозг, увеличивается при растяжении органа Гольджи. Тормозный нейрон выделяет тормозящий нейромедиатор в синаптическую щель, а возбуждающий нейрон – возбуждающий медиатор. Мотонейрон стимулирует сокращение соответствующей мышцы.



Выберите верные утверждения:

1. Согласно данной схеме, растяжение сухожильного органа мышцы 1 стимулирует расслабление мышцы 2.
2. Этот рефлекс работает по принципу положительной обратной связи
3. Разрушение тормозного нейрона повлияет на возможность протекания данного рефлекса.
4. Повреждения головного мозга напрямую отразятся на работе этого рефлекса

Ответ: 3.

### Задача 3.6.15. (8 баллов)

Декомпрессионная болезнь (ДКБ) - заболевание, возникающее вследствие быстрого подъёма аквалангистов с глубины на поверхность и связанного с этим падением давления вдыхаемой газовой смеси. При ДКБ газы, растворённые в крови, выделяются из раствора в виде пузырьков, что приводит к закупориванию мелких сосудов.

Шотландский физиолог Джон Скотт Холдейн вывел формулу, описывающую процесс выведения из организма избытка инертного газа (азота) после погружения:

$T_{N_2} = T_0 + (T_f - T_0)(1 - (0.5)^{t/t_0})$ , где  $T_{N_2}$  - парциальное давление азота в крови [бар],  $T_0$  - исходное парциальное давление на момент подъёма,  $T_f$  - равновесное парциальное давление на данной глубине,  $t$  - время пребывания на данной глубине [мин],  $t_0$  - срок полувыведения. Также Д.С. Холдейн создал модель декомпрессии (процесса подъёма на поверхность), согласно которой подъём с больших глубин должен осуществляться ступенчато, чтобы не позволить отношению парциальных давлений азота в крови и во внешней среде превысить 2:1.

Аквалангист погрузился на глубину в 30 метров на длительное время. Сколько времени должен занять безопасный подъём, если:

1. аквалангист при подъёме совершает 3 остановки по 20 или 40 мин на глубине 20, 10 и 5 метров;
2.  $t_0$  составляет 20 минут;
3. подъём с предыдущей остановки до следующей осуществляется по окончании тех 20 минут, в течение которых парциальное давление азота в крови снизится до отметки, не более чем вдвое превосходящей внешнее давление на новой остановке;
4. атмосферное давление на уровне воды равно 1 бар, спуск на каждые 10 метров под водой соответствует увеличению внешнего давления на 1 бар;
5. содержание азота в газовой смеси и в атмосфере примите равным 70% (на заре дайвинга состав газовых смесей в баллонах практически не отличался от состава воздуха);
6. временем перемещения между остановками можно пренебречь.

**Ответ:** 80.

### **Задача 3.6.16. (6 баллов)**

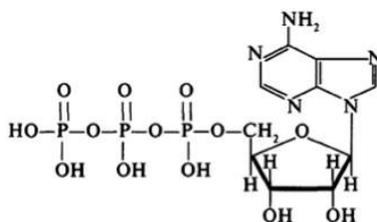
Определите последовательность нуклеотидов некодирующей цепи ДНК, соответствующую началу рамки считывания:

1. 3' – ATGTAGTAATGGGCCGTCATAAT – 5'
2. 5' – ATGTAGTAATGGGCCGTCATAAT – 3'
3. 5' – TACATCATTACCCGGCAGTATTA – 3'
4. 3' – TACATCATTACCCGGCAGTATTA – 5'

**Ответ:** 2.

### **Задача 3.6.17. (3 балла)**

Соединение, представленное на рисунке:



1. Не имеет заряда в водном растворе при pH7
2. Может быть использована для синтеза РНК
3. Может выполнять функцию медиатора в синапсах
4. Содержит макроэргические связи
5. Содержит в своем составе аминокислотные остатки

**Ответ:** 2, 3, 4.

### *Задача 3.6.18. (3 балла)*

Для клеточной структуры, приведенной на картинке, справедливы утверждения:



1. Состоит из белков
2. Участвует в формировании веретена деления
3. Участвует в транспорте веществ внутри клетки
4. Катализирует сборку микротрубочек
5. Встречается у прокариот

**Ответ:** 1, 2, 3, 4.

### *Задача 3.6.19. (3 балла)*

Для РНК-полимеразы прокариот верны утверждения:

1. При образовании комплекса с ДНК связывается с промоторными последовательностями
2.  $\sigma$ -субъединица участвует только в узнавании промотора
3. Завершение транскрипции происходит после узнавания РНК-полимеразой стоп-кодона



Изучив результаты эксперимента, выберите утверждения, которые следуют из полученных результатов.

1. Пациент 4 – гетерозиготен по гену D
2. Среди заболевших частота аллеля D понижена
3. Все носители генотипа DD не заболевают
4. Некоторые носители генотипа DD здоровы
5. Частота аллеля D в контрольной группе 0.2

**Ответ:** 2, 4, 5.

### **Задача 3.6.22. (6 баллов)**

Три родных брата (биолог, физик и химик) решили определить у друг друга группу крови. Процентрифугировав пробы цельной крови, они соединяли форменные элементы и сыворотки в разных сочетаниях. В ряде случаев наблюдалась реакция агглютинации (слипания эритроцитов), которая в таблице отмечена знаком «+».

Сыворотка	Форменные элементы		
	Биолог	Химик	Физик
Биолог		+	+
Химик	+		+
Физик	-	-	

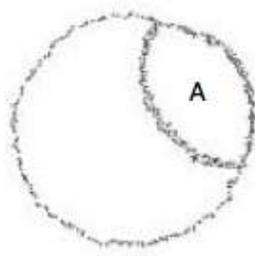
Выберите утверждения, не противоречащие условию задачи:

1. Все трое имеют различную группу крови
2. Сестра-химик имеет группу крови АВ
3. Генотипы родителей  $J^A j^0$  и  $J^B j^0$
4. Один из родителей имел 0 группу крови
5. Сестре-физику нельзя переливать сыворотку от сестры-биолога

**Ответ:** 1, 3, 5.

### **Задача 3.6.23. (10 баллов)**

В 1963 г. Дж. Кэрнс выращивал бактерии *E. coli* на среде содержащей <sup>3</sup>H-меченный тимидинтрифосфат, метка включалась в делящиеся клетки и обнаруживалась в кольцевых хромосомах *E. coli*. Меченные хромосомы анализировались методом радиоавтографии: на препарат наслаивали тонкий слой эмульсии, который засвечивался радиоактивным излучением от метки, при этом из эмульсии выпадали зерна серебра, отмечая треки частиц. Кэрнс обнаружил q-структуры, подобные приведенной на рисунке.



Верными утверждениями являются:

1.  $^3H$ -меченный тимидинтрифосфат включается в синтезируемые цепи ДНК
2. На участке А репликация бактериальной хромосомы уже прошла
3. Структура А содержит одну репликативную вилку
4. Репликация бактериальной хромосомы на рисунке еще не завершилась
5. Структура А с ходом времени может уменьшаться

**Ответ:** 1, 2, 4.

### **Задача 3.6.24. (6 баллов)**

Люба выпила утром чай, в который положила 17 г сахарозы и решила прогуляться, чтобы потратить всю энергию содержащуюся в утреннем чае. Молярная масса глюкозы и фруктозы равна 180 г/моль, молярная масса воды 18 г/моль. Из 1 моль глюкозы в ходе окислительного метаболизма получается 32 моль АТФ. Зная, что энергоёмкость АТФ составляет около 7.5 ккал/моль, и в среднем человек при ходьбе тратит 150 ккал/час, оцените сколько времени Любе нужно прогуливаться, ответ приведите в целых минутах. Ответ введите в виде числа.

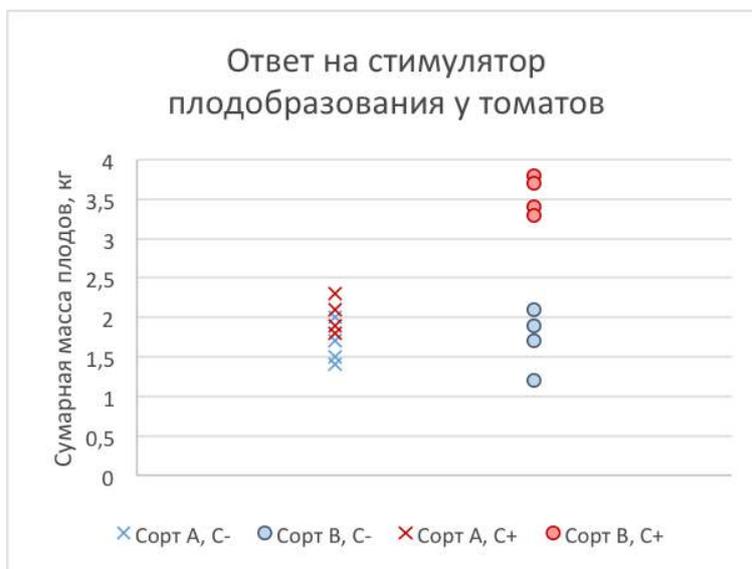
#### **Решение**

При образовании крахмала из глюкозы, из-за образования гликозидной связи молярная масса уменьшается на молярную массу воды. Таким образом, 17 г сахара соответствует  $17\text{г}/(180-18\text{г/моль}) = 0.105$  молям глюкозы. Поскольку каждый моль глюкозы - соответствует 32 моль АТФ, а каждая АТФ – это около 7.5 ккал/моль, то общая энергетическая ценность составит около 25 ккал. Разделив на 150 ккал/час и умножив на 60 минут, получаем около 10.1 минут, т.е. 10 минут.

**Ответ:** 10.

### **Задача 3.6.25. (9 баллов)**

Два сорта томатов (А и В) культивировали в установке искусственного выращивания растений. Оба сорта получали одинаковые питательные растворы, содержащие все необходимые для жизни питательные вещества (С-). Часть растений каждого сорта дополнительно обрабатывали стимулятором плодообразования (С+). Результаты эксперимента приведены на рисунке.



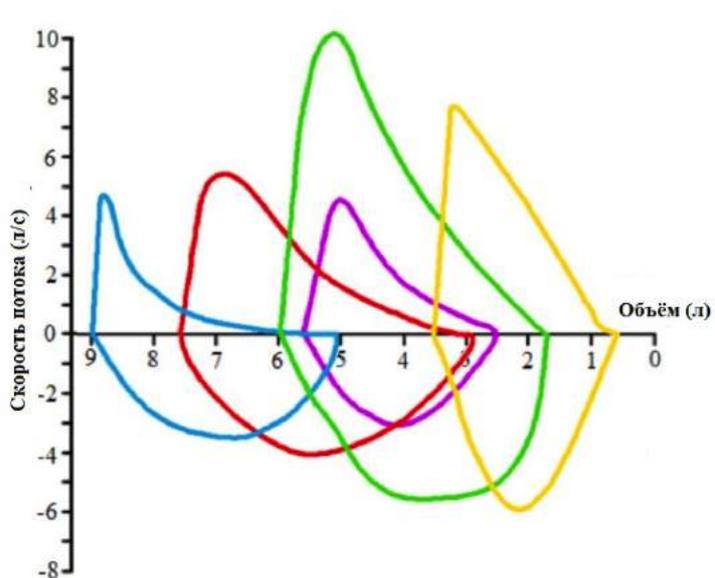
Какие утверждения не противоречат наблюдаемым результатам эксперимента:

1. Суммарная масса плодов у сорта В увеличилась после обработки
2. Сорт В без обработки стимулятором дает массу плодов большую, чем сорт А
3. Стимулятор незначительно влияет на суммарную массу плодов у сорта А
4. Стимулятор не влияет на среднюю массу плодов и их количество у сорта А
5. Дисперсия суммарной массы плодов в эксперименте выше для сорта В

Ответ: 1, 3, 5.

### Задача 3.6.26. (8 баллов)

Один из методов диагностики состояния легких — измерение скорости потока вдыхаемого и выдыхаемого воздуха с последующим построением кривой зависимости скорости потока от объема легких. Нормальная кривая изображена на рисунке зеленым цветом. Изучите рисунок и выберите все верные утверждения.



Выберите верные утверждения:

1. скорость потока считают положительной на вдохе и отрицательной на выдохе
2. синяя кривая характерна для пациентов с эмфиземой легких (патологическим расширением воздушных пространств мелких бронхиол)
3. фиолетовая кривая характерна для пациентов с пневмотораксом (попаданием воздуха в плевральную полость и коллапсом легкого)
4. желтая кривая характерна для пациентов с фиброзом легких (разрастанием соединительной ткани)
5. красная кривая характерна для пациентов с рецидивирующей стадией открытой формы туберкулеза легких

**Ответ:** 1, 2, 4.

### ***Задача 3.6.27. (8 баллов)***

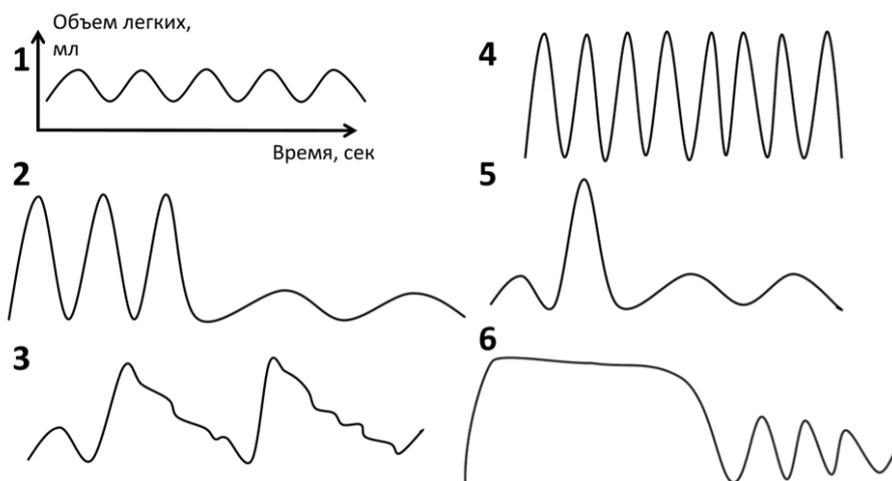
Аутоиммунный тиреоидит – самое распространенное аутоиммунное заболевание человека. По разным оценкам от него страдают от 1 до 3% всего человечества. Заболевание характеризуется тем, что клетки иммунной системы атакуют тиреоциты, в результате снижается уровень тироксина и трийодтиронина в крови. Представьте, что вы разрабатываете носимый аппарат, который способен периодически вводить в кровь тироксин, чтобы компенсировать его недостаток. Вы решили начать свои исследования с экспериментов на животных. Определите, в каком порядке вы будете проводить данное исследование:

1. При помощи статистических методов подобрать размеры контрольной и экспериментальных групп животных, чтобы получить статистически значимые результаты.
2. Сформулировать основную гипотезу. Подобрать модель гипотиреоза, подходящую для изучения аутоиммунного тиреоидита.
3. Обработать полученные данные. Представить их в виде картинок, диаграмм, таблиц и т.д., проверить с помощью статистических методов гипотезу.
4. Сформулировать выводы, относительно полученных данных.
5. Продумать дальнейшие эксперименты для улучшения вашей методики лечения аутоиммунного тиреоидита или внедрения вашего проекта в клиническую практику.
6. Провести эксперименты с животными.

**Ответ:** 2, 1, 6, 3, 4, 5.

### ***Задача 3.6.28. (8 баллов)***

Спирограмма – метод исследования внешнего дыхания. Этот метод позволяет оценить, как меняются дыхательные движения в разных физиологических условиях.



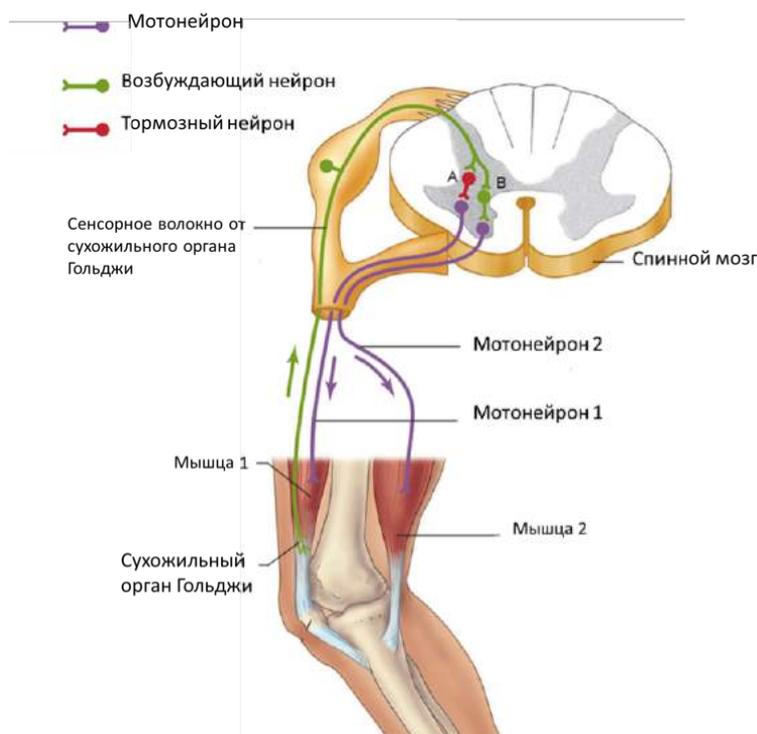
Сопоставьте данные спирографа и физиологические состояния, при которых были получены данные записи (все графики нарисованы в одинаковом масштабе)

- |             |   |
|-------------|---|
| 1. График 1 | а. Задержка дыхания                             |
| 2. График 2 | б. Физическая активность                        |
| 3. График 3 | в. Глубокий вдох                                |
| 4. График 4 | г. Речь   |
| 5. График 5 | д. Гипервентиляция легких в спокойном состоянии |
| 6. График 6 | е. Спокойное дыхание                            |

**Ответ:** 1 - е, 2 - д, 3 - г, 4 - б, 5 - в, 6 - а.

### **Задача 3.6.29. (8 баллов)**

Мышечное сокращение регулируется, в том числе, и на уровне спинного мозга. На рисунке показана схема рефлекса, запускаемого сухожильным органом Гольджи. Частота нервных импульсов, идущих от сухожильного органа Гольджи в спинной мозг, увеличивается при растяжении органа Гольджи. Тормозный нейрон выделяет тормозящий нейромедиатор в синаптическую щель, а возбуждающий нейрон – возбуждающий медиатор. Мотонейрон стимулирует сокращение соответствующей мышцы.



Выберите верные утверждения:

1. Согласно данной схеме, растяжение сухожильного органа мышцы 1 стимулирует сокращение мышцы 2.
2. Данный рефлекс защищает мышцы от чрезмерного напряжения.
3. Разрушение тормозного нейрона не повлияет на возможность протекания данного рефлекса.
4. Скорее всего, у мышцы 2 в сухожилии также есть сухожильный орган Гольджи.
5. Данный рефлекс реализуется на уровне спинного мозга и не задействует головной мозг.

Ответ: 1, 2, 4, 5.

### Задача 3.6.30. (8 баллов)

Декомпрессионная болезнь (ДКБ) - заболевание, возникающее вследствие быстрого подъёма аквалангистов с глубины на поверхность и связанного с этим падением давления вдыхаемой газовой смеси. При ДКБ газы, растворённые в крови, выделяются из раствора в виде пузырьков, что приводит к закупориванию мелких сосудов.

Шотландский физиолог Джон Скотт Холдейн вывел формулу, описывающую процесс выведения из организма избытка инертного газа (азота) после погружения:

$T_{N_2} = T_0 + (T_f - T_0)(1 - (0.5)^{t/t_0})$ , где  $T_{N_2}$  - парциальное давление азота в крови [бар],  $T_0$  - исходное парциальное давление на момент подъёма,  $T_f$  - равновесное парциальное давление на данной глубине,  $t$  - время пребывания на данной глубине [мин],  $t_0$  - срок полувыведения. Также Д.С. Холдейн создал модель декомпрессии (процесса подъёма на поверхность), согласно которой подъём с больших глубин должен

осуществляться ступенчато, чтобы не позволить отношению парциальных давлений азота в крови и во внешней среде превысить 2:1.

Аквалангист погрузился на глубину в 50 метров на длительное время. Сколько времени должен занять безопасный подъём, если:

1. аквалангист при подъёме совершает 3 остановки по 20 или 40 мин на глубине 20, 10 и 5 метров;
2.  $t_0$  составляет 20 минут;
3. подъём с предыдущей остановки до следующей осуществляется по окончании тех 20 минут, в течение которых парциальное давление азота в крови снизится до отметки, не более чем вдвое превосходящей внешнее давление на новой остановке;
4. атмосферное давление на уровне воды равно 1 бар, спуск на каждые 10 метров под водой соответствует увеличению внешнего давления на 1 бар;
5. содержание азота в газовой смеси и в атмосфере примите равным 70% (на заре дайвинга состав газовых смесей в баллонах практически не отличался от состава воздуха);
6. временем перемещения между остановками можно пренебречь.

**Ответ:** 100.