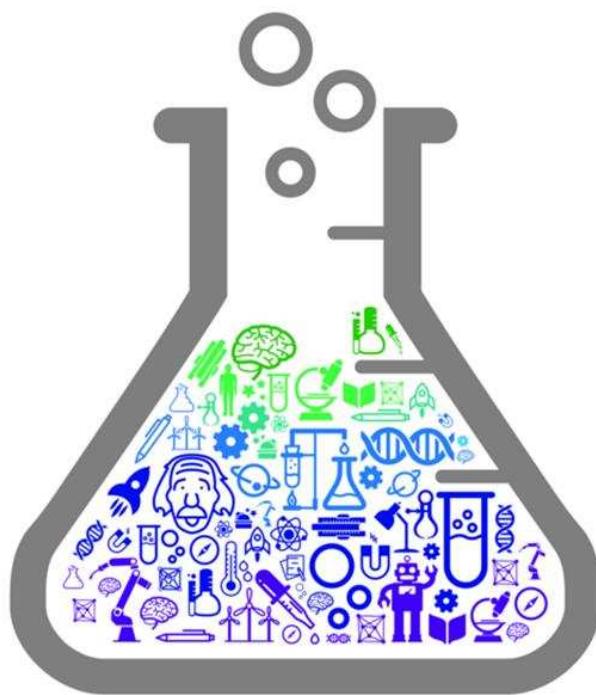


12TH INTERNATIONAL JUNIOR SCIENCE OLYMPIAD

**IJSO-2015**



December 2(Wed)-11(Fri), 2015 | Daegu, Republic of Korea

Теоретический тур

– **Задание** –

6 декабря 2015

**НЕ ПЕРЕВОРАЧИВАЙТЕ задание на следующую страницу до тех пор, пока не раздастся сигнал (свисток), иначе вы будете наказаны.**



## Задания

---

- 1. У вас есть 5 минут для прочтения Правил проведения тура, Инструкции к туру и Инструкции к калькулятору на страницах 1–3.**
- 2. НЕ начинайте отвечать на вопросы до СТАРТОВОГО сигнала (свистка). В противном случае вы будете наказаны.**

### ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ТУРА

1. Вам запрещается приносить с собой на тур что-либо, кроме личных медикаментов или другого личного медицинского оборудования.
2. Сядьте за отведенный вам стол.
3. Перед началом тура убедитесь в наличии на вашем столе ручки, черновика, калькулятора, которыми вас обеспечивают организаторы.
4. НЕ начинайте отвечать на вопросы до СТАРТОВОГО сигнала (свистка).
5. В ходе тура вам запрещается покидать помещение кроме случаев экстренной ситуации. В этом случае вас будет сопровождать дежурный.
6. Вы не должны беспокоить других участников. В случае, если вам необходима помощь, поднимите руку, и дежурный подойдет к вам.
7. Не допускается никаких вопросов или дискуссий по заданиям тура. Вы должны оставаться за своим столом до окончания времени, отведенного на тур, даже если вы закончили работу или не хотите её продолжать.
8. По окончании времени, отведенного на тур, вы услышите СТОП-сигнал (свисток). Вы не должны писать что-либо на листе ответов после окончания тура. Аккуратно сложите на вашем столе листы с вопросами, листы ответов, а также ручку, калькулятор и черновик. Вы НЕ должны покидать комнату до того, как все листы ответов будут собраны.



## **Задания**

---

### **ИНСТРУКЦИЯ К ТУРУ**

1. После СТАРТОВОГО сигнала (свистка) у вас будет 3 ч 30 мин на выполнение тура.
2. Используйте ТОЛЬКО выданную вам ручку (не используйте карандаш).
3. У вас должно быть 13 страниц листов ответов. Поднимите руку, если у вас не хватает страниц.
4. ПРЯМО СЕЙЧАС на первой странице листов ответов напишите ваши фамилию, имя, код, страну и поставьте подпись. Напишите свои фамилию, имя и код на остальных страницах листов ответов.
5. Внимательно прочтите каждый вопрос и запишите свои ответы в соответствующих местах в листах ответов.
6. В тех случаях, когда в листах ответов указаны единицы измерения, вы должны писать ответ в указанных единицах измерения.
7. Будут оцениваться только результаты, указанные в листах ответов. До заполнения листов ответов вы можете воспользоваться черновиком для работы.
8. Правила начисления очков: в соответствии с разбалловкой, указанной в заданиях.
9. Общее количество заданий тура равно 6. После СТАРТОВОГО сигнала убедитесь, что вам выдан полный комплект условий (12 страниц, страницы с 5 по 16). Если у вас отсутствуют какие-либо листы, поднимите руку.



## Задания

### Инструкция к калькулятору

1. Включение: нажмите  $\text{ON/C}$ .
2. Выключение: нажмите  $\text{2ndF}$   $\text{ON/C}$ .
3. Сброс данных: нажмите  $\text{ON/C}$ .
4. Сложение, вычитание, умножение и деление

Пример 1)  $45 + \frac{285}{3}$

$\text{ON/C}$  45  $+$  285  $\div$  3  $=$

140.

Пример 2)  $\frac{18+6}{15-8}$

$\text{ON/C}$  ( 18  $+$  6 )  $\div$  ( 15  $-$  8 )  $=$

3.428571429

Пример 3)  $42 \times (-5) + 120$

$\text{ON/C}$  42  $\times$  5  $+/-$   $+$  120  $=$

-90.

$\text{ON/C}$  42  $\times$  (  $-$  5 )  $+$  120  $=$

-90.

5. Возведение в степень

Пример 1)  $8.6^{-2}$

$\text{ON/C}$  8.6  $y^x$  2  $+/-$   $=$

0.013520822

Пример 2)  $6.1 \times 10^{23}$

$\text{ON/C}$  6.1  $\times$  10  $y^x$  23  $=$

$6.1 \times 10^{23}$

6. Для того, чтобы удалить число/операцию, подведите курсор к числу/операции, которую вы хотите удалить, затем нажмите  $\text{DEL}$ . Если курсор расположен справа от числа/операции, то клавиша  $\text{DEL}$  работает как клавиша BackSpace («возврат»).

IJSO-2015



12-я Международная естественнонаучная  
олимпиада юниоров  
Тэгу, Республика Корея  
6 декабря 2015

**Теоретический тур**

Время : 3 ч 30 мин

Баллов : 30

**Страница 4**

## **Задания**

---

**НЕ ПЕРЕВОРАЧИВАЙТЕ** листы на следующую  
страницу до тех пор, пока не раздастся  
**СТАРТОВЫЙ** сигнал (свисток).  
**Иначе вы будете наказаны.**

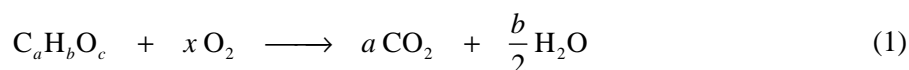


## Задания

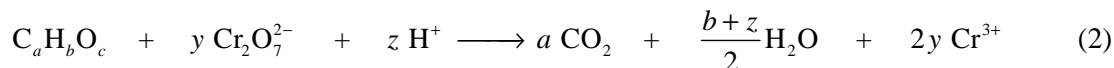
### I. Химическое потребление кислорода

Величину химического потребления кислорода (ХПК) обычно используют для косвенного определения количества органических веществ в воде. ХПК в основном применяется для оценки качества воды в наземных водоемах (например, в озерах или реках) или в сточных водах. Результат выражают в м.д. (миллионная доля), которая определяется как *масса кислорода (в мг), необходимая для окисления всех примесей, находящихся в 1 л раствора*. Метод определения ХПК основан на способности сильных окислителей в кислой среде полностью окислять органические вещества (до  $\text{CO}_2$ ).

Количество кислорода, необходимое для окисления некоторого органического соединения до  $\text{CO}_2$  и воды определяется из следующего уравнения:



Дихромат калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) является сильным окислителем и применяется для окисления органических соединений в кислой среде при определении ХПК. В общем виде реакцию окисления  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  органических соединений можно записать следующим образом:



Методика определения ХПК приведена ниже.

- (А) Раствор  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (известной концентрации) добавляют к раствору, содержащему органические примеси, которые окисляются в соответствии с уравнением (2).
- (В) После полного окисления органических примесей, оставшийся в избытке  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  определяют путем титрования раствором  $\text{Fe}^{2+}$ . В процессе титрования  $\text{Fe}^{2+}$  окисляется до  $\text{Fe}^{3+}$ , а  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  восстанавливается до  $\text{Cr}^{3+}$ . Результат титрования позволяет определить количество  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , израсходованное на окисление примесей в растворе.
- (С) По количеству  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , найденному в пункте (В), и зная соотношение между  $x$  и  $y$  из уравнений (1) и (2), можно рассчитать теоретическое количество кислорода, необходимое для окисления эквивалентного количества примесей. Полученная величина, выраженная в м.д., и называется ХПК.



## Задания

### Задания

**I-1.** Для определения ХПК анализируемого раствора по  $K_2Cr_2O_7$  находят отношение количества молей кислорода и  $K_2Cr_2O_7$ , необходимых для окисления 1 моля органических примесей. Это отношение может быть получено путем сравнения величин  $x$  и  $y$ , найденных из уравнений (1) и (2). Ответьте на следующие вопросы.

**I-1-1. [0.5 балла]** Сбалансируйте уравнение (1) и выразите  $x$  через  $a, b$  и  $c$ .

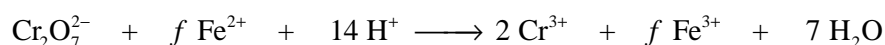
**I-1-2. [0.5 балла]** Уравняйте заряды слева и справа в уравнении (2) и выразите  $z$  через  $y$ .

**I-1-3. [0.5 балла]** Сбалансируйте уравнение (2) и выразите  $y$  через  $a, b$  и  $c$ .

**I-1-4. [0.5 балла]** Используя полученные выражения, выразите  $x$  через  $y$ .

**I-2.** Для определения ХПК, к 10,0 мл анализируемого раствора, содержащего неизвестную примесь, добавили  $2,60 \times 10^{-4}$  моль  $K_2Cr_2O_7$ . После завершения окисления, потребовалось  $1,20 \times 10^{-3}$  моль  $Fe^{2+}$  на титрование оставшегося в избытке  $K_2Cr_2O_7$ .

**I-2-1. [1.0 балл]** В приведенном уравнении реакции окисления  $Fe^{2+}$  ионами  $Cr_2O_7^{2-}$  в кислой среде определите коэффициент  $f$ :



**I-2-2. [1.0 балл]** Сколько молей  $K_2Cr_2O_7$  израсходовалось на окисление примесей в 10,0 мл анализируемого раствора?

**I-2-3. [1.0 балл]** Вычислите ХПК неизвестного раствора, выразив его в м.д. (молярная масса  $O_2$  равна 32,0 г/моль).

**I-2-4. [2.0 балла]** Считая, что неизвестной примесью является  $C_6H_6$  вычислите его количество в мг на литр анализируемого раствора, а также объем  $CO_2$  при 298 К и 1 атм., выделившегося в процессе полного окисления 1,00 литра этого раствора. Молярная масса  $C_6H_6$  равна 78,0 г/моль, а универсальная газовая постоянная  $R = 0.0821$  л·атм/К·моль ( $CO_2$  считать идеальным газом).

**I-2-5. [1.0 балл]** Определите количество молей  $Cr^{3+}$  до и после титрования раствором  $Fe^{2+}$ .

**I-3. [2.0 балла]** 10 мг каждого вещества из таблицы были растворены в 1,0 литре воды и для каждого раствора было определено ХПК. В каком случае (для какого вещества) ХПК будет наибольшим и чему оно равно? Молярные массы С, Н и О равны 12, 1.0, и 16 г/моль соответственно.

НСООН (муравьиная кислота)	СН <sub>3</sub> ОН (метанол)	СН <sub>3</sub> СНО (ацетальдегид)
----------------------------	------------------------------	------------------------------------



## Задания

### II. Прыжки на лыжах с трамплина

Зимняя Олимпиада-2018 пройдет в феврале 2018 года в Пхенчхане (PyeongChang), Республика Корея. Один из Олимпийских видов спорта – прыжки на лыжах с трамплина, во время которых лыжник спускается по специальной разгонной рампе (называемой горой разгона), затем прыгает со стола отрыва (начальная точка прыжка) с максимальной скоростью, до которой он способен разогнаться, и летит настолько далеко, насколько возможно, вдоль горы с небольшим уклоном. На рис. II-1 показана схема прыжка, разделенного на четыре части: разгон, отрыв, полет и приземление.

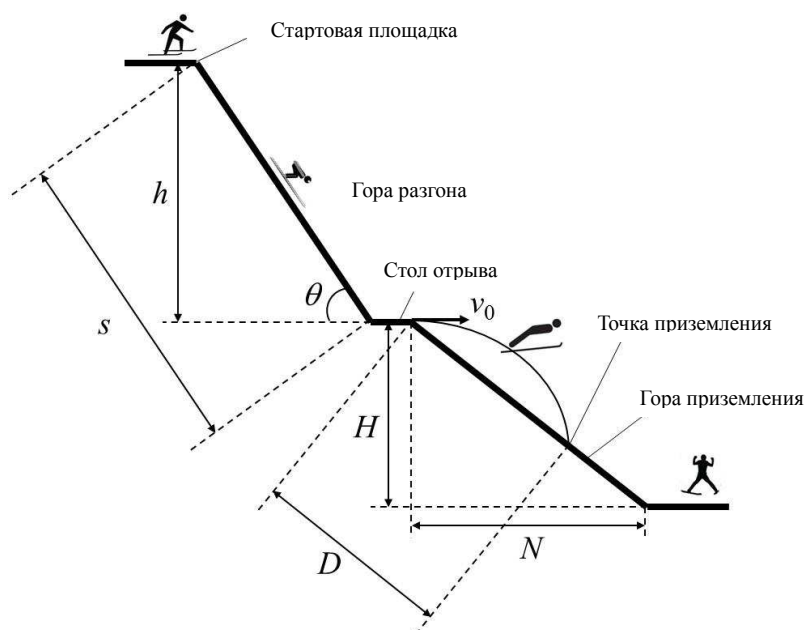


Рис. II-1. Прыжок с трамплина

В течение разгона лыжник старается максимально увеличить свое ускорение за счет уменьшения сопротивления, чтобы получить максимальную скорость после разгона. Она, в свою очередь, непосредственно влияет на длину прыжка.  $\theta$ ,  $s$  и  $h$  – это угол наклона, длина и высота горы разгона соответственно,  $H$  и  $N$  – это высота и горизонтальная длина горы приземления. Наклон  $k$  горы приземления задается как  $k = \frac{H}{N}$ . Пусть  $g$  – ускорение свободного падения. Считайте, что скорость лыжника  $v_0$  при отрыве от стартового стола направлена горизонтально.

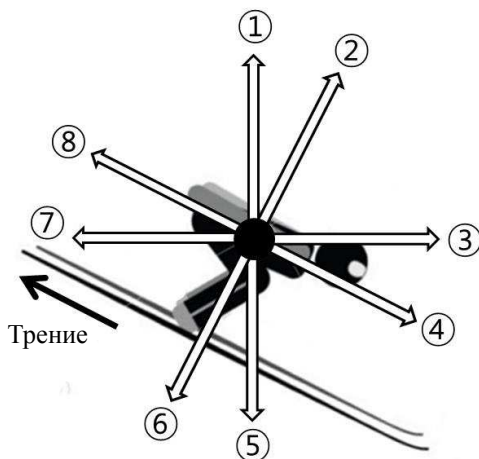




## Задания

### [Задания]

**II-1. [0.75 балла]** Выберите из предложенных вариантов, обозначенных числами, направления векторов силы тяжести, силы нормальной реакции опоры и силы сопротивления воздуха, действующих на лыжника в течение разгона.



**II-2. [1.5 балла]** Чему равен коэффициент трения  $\mu$  между лыжами и снегом, если скорость лыжника в конце горы разгона равна  $v$ ? Выразите  $\mu$  через  $h$ ,  $g$ ,  $s$ ,  $v$  и  $\theta$ . (Сопротивлением воздуха и подъемной силой пренебречь.)

**II-3. [1.5 балла]** Если стартовая скорость лыжника при отрыве равна  $v_0$ , то чему равно время полета  $t$  от момента отрыва до точки приземления? Выразите  $t$  через  $k$ ,  $g$  и  $v_0$ . (Сопротивлением воздуха и подъемной силой пренебречь.)

**II-4. [1.25 балла]** Чему равно расстояние  $D$  между стартовым столом и точкой приземления? Выразите  $D$  через  $k$ ,  $g$  и  $v_0$ . (Сопротивлением воздуха и подъемной силой пренебречь.)



## Задания

### III. Эксперимент Томсона с катодными лучами

#### [Эксперимент Томсона]

В 1897 году Дж. Дж. Томсон показал, что катодные лучи состоят из отрицательно заряженных частиц, электронов, которые по его расчетам должны быть гораздо меньше по размерам, чем атомы, и иметь довольно большую величину отношения заряда к массе  $e/m$ , где  $e$  и  $m$  – абсолютные величины заряда и массы электрона соответственно.

На рис. III-1 показана схема эксперимента Томсона с катодными лучами по измерению отношения  $e/m$  для электрона. В хорошо откачанной вакуумной трубке два набора металлических электродов  $L_1$ - $M_1$  и  $L_2$ - $M_2$  расположены перпендикулярно друг другу. Разность потенциалов между  $L_1$  и  $M_1$  равна  $V_1$ , а между  $L_2$  и  $M_2$  равна  $V_2$ . В области пространства между  $L_2$  и  $M_2$  приложено однородное магнитное поле с индукцией  $B$ , направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас (обозначено знаком 'X' на рисунке).

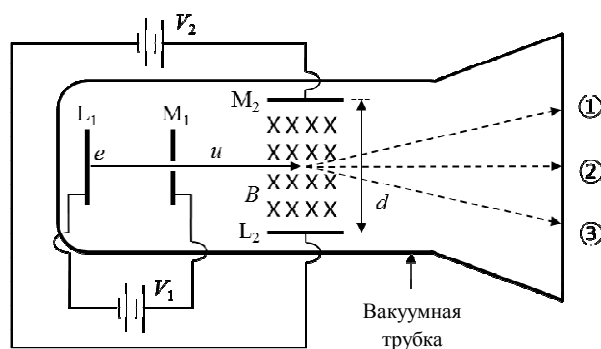


Рис. III-1. Эксперимент Томсона

Вылетающие из горячего катода  $L_1$  электроны ускоряются разностью потенциалов  $V_1$  и проходят со скоростью  $u$  через щель в  $M_1$ . Они продолжают лететь через область между  $L_2$  и  $M_2$  и окончательно попадают на экран в конце трубки. В течение полета между электродами  $L_2$  и  $M_2$ , находящимися на расстоянии  $d$  друг от друга, на электроны действуют только силы со стороны электрического (напряженностью  $V_2/d$ ) и магнитного (величина индукции  $B$ ) полей.



## Задания

### [Заряд в электрическом и магнитном полях]

На рис. III-2 показана частица с зарядом  $q$ , находящаяся в однородном электрическом поле между двумя параллельными электродами. Напряженность электрического поля  $E$  определяется через расстояние  $d$  и разность потенциалов  $V$  между двумя электродами в соответствии с уравнением (1). Если частицу поместить в электрическое поле, то величина силы, действующей на частицу, определяется уравнением (2). Для **положительно** заряженной частицы потенциальные энергии частицы равны  $qV$  и 0 на положительном (+) и отрицательном (-) электродах соответственно.

$$E = \frac{V}{d} \quad (1)$$

$$F_{\text{электрическая}} = qE \quad (2)$$

На рис. III-3 показана **положительно** заряженная частица с зарядом  $q$  и скоростью  $u$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B$ . На рисунке магнитное поле направлено перпендикулярно плоскости рисунка на нас (обозначено знаком 'o' на рисунке). В этом случае сила, действующая на частицу, направлена вверх и равна по величине

$$F_{\text{магнитная}} = quB. \quad (3)$$

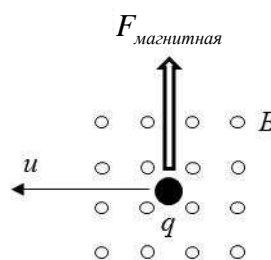
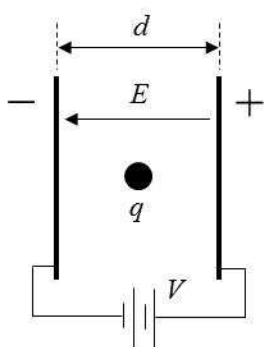


Рис. III-2. Заряд в электрическом поле

Рис. III-3. Положительный заряд в магнитном поле



## Задания

---

### [Задания]

Ответьте на следующие вопросы про эксперимент Томсона (**Рис. III-1**).

**III-1. [1.0 балл]** Выразите через  $e$ ,  $m$  и  $V_1$  скорость электрона  $u$  в тот момент, когда электрон проходит через щель в  $M_1$ .

**III-2.** Рассмотрите ситуации после того, как электрон прошел через область между  $L_2$  и  $M_2$ .

**III-2-1. [1.0 балл]** В том случае, когда есть только электрическое поле, т.е.  $V_2 \neq 0$  и  $B = 0$ ,

какой из вариантов ①, ② или ③ на рис. III-1 будет представлять собой траекторию электрона?

**III-2-2. [1.0 балл]** В том случае, когда есть только магнитное поле, т.е.  $V_2 = 0$  и  $B \neq 0$ ,

какой из вариантов ①, ② или ③ на рис. III-1 будет представлять собой траекторию электрона?

**III-3. [1.5 балла]** Томсон подобрал величины  $V_2 \neq 0$  и  $B \neq 0$  для электрического и магнитного полей таким образом, чтобы электроны летели по прямой (траектория ②) с постоянной скоростью  $u$ . Чему будет равна скорость электрона  $u$  в этом случае? Выразите  $u$  через  $V_2$ ,  $B$  и  $d$ .

**III-4. [0.5 балла]** Сравните результаты пунктов **III-1** и **III-3**, затем для электрона выразите отношение  $e/m$  (заряда к массе) через  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $B$  и  $d$ .



## Задания

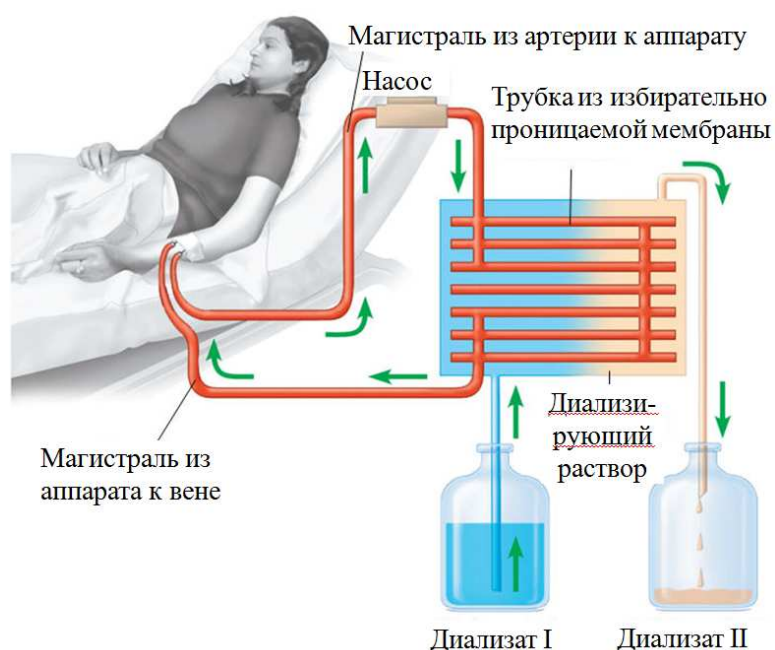
### IV. Выделительная система

В таблице даны компоненты жидкостей, взятых из разных частей нефрона здорового человека, и их концентрации.

(единица: г/100 мл)

Компоненты	Плазма крови	Первичная моча	Вторичная моча
Вода	90 ~ 93	90 ~ 93	95
X	8	0	0
Y	0.1	0.1	0
Минеральные соли	0.9	0.9	0.9 ~ 3.6
Z	0.03	0.03	2.0

На картинке приведена схема искусственного диализатора. (Проницаемости мембраны боуеновой капсулы и мембраны диализатора одинаковы)

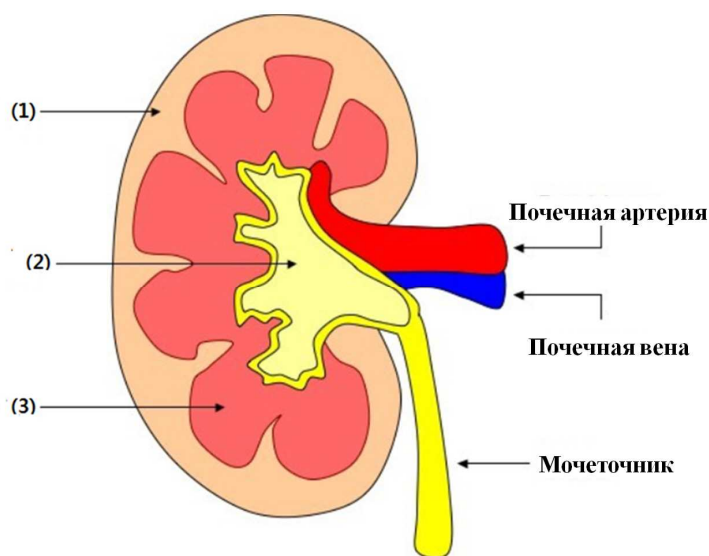




## Задания

### [Вопросы]

**IV-1. [1.0 балл]** Какая из трех частей почек, отмеченных ниже, играет роль, подобную искусственному гемодиализатору?



**IV -2. [1.5 балла]** Каковы концентрации X, Y и Z в диализате I? (каждый ответ 0.5 балла)

**IV-3. [1.5 балла]** Через какие процессы (I, II и III) проходят вещества X, Y и Z в почках здорового человека? (Возможно более одного правильного ответа) (Каждый ответ по 0.5 балла)

I. Реабсорбция	II. Фильтрация	III. Не подвергаются фильтрации и реабсорбции
----------------	----------------	---



## Задания

### V. Генетика

При генетическом обследовании одной семьи был обнаружен мутантный аллель, который отличался от нормального аллеля заменой одной пары оснований (bp). Было также замечено, что в результате этой замены рестрикционный фермент I перестает узнавать этот участок аллеля. (Рестрикционный фермент распознает специфическую последовательность ДНК и разрезает ее. Эта последовательность называется «участок распознавания»). На рисунке V-1 приведена родословная схема семьи, в которой встречается данная мутация.

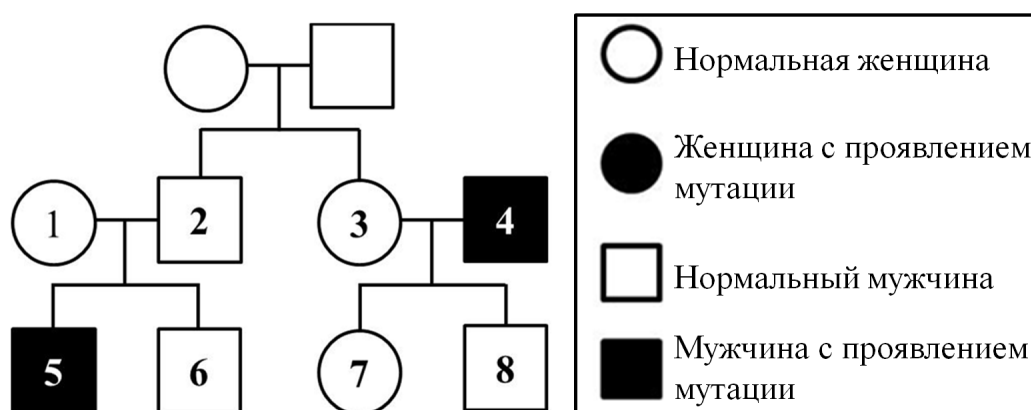


Рис. V-1. Родословная схема

В эксперименте у каждого из четырех членов семьи (5, 6, 7 и 8) было выделено по несколько фрагментов ДНК длиной в 1500 пар оснований, содержащих участок, на котором могла присутствовать данная мутация. Фрагменты были размножены с помощью одной из современных методик. Размноженные фрагменты ДНК были обработаны рестрикционным ферментом I, а затем продукты расщепления проанализированы. Результаты анализа представлены в Таблице V-1.

Таблица V-1. Результаты эксперимента по расщеплению ДНК

Пациенты		5	6	7	8
Размер фрагментов	1500bp	+	-	+	+
	900bp	-	+	+	+
	600bp	-	+	+	+

(+ : есть, - : нет)



## Задания

### [Вопросы]

**V-1. [0.5 балла]** На основании приведенной информации определите, по какому типу наследуется данная мутация?

- |  |  |  |
|--|--|--|
| ① Доминантная, сцепленная с X-хромосомой | ② Рецессивная, сцепленная с X-хромосомой | ③ Доминантная, сцепленная с Y-хромосомой |
| ④ Рецессивная, сцепленная с Y-хромосомой | ⑤ Аутосомно-доминантная                  | ⑥ Аутосомно-рецессивная                  |
| ⑦ Митохондриальное наследование          |  |  |

**V-2. [1.0 балл]** Если в семье 1 и 2 родится еще один ребенок, какова вероятность того, что это будет девочка с проявлениями мутации?

**V-3. [1.5 балла]** Последовательности нуклеотидов нормальной и мутантной ДНК, содержащие участок, распознаваемый рестрикционным ферментом I, проанализировали и сравнили. В эксперименте выяснилось, что мутация приводит не только к исчезновению участка, распознаваемого рестрикционным ферментом I, но и приводит к появлению участка, который распознается рестрикционным ферментом II.

Рестрикционный фермент I распознает : 5'-TACGGT-3'

Рестрикционный фермент II распознает: 5'-AGGTCA-3'

На основании этих результатов дайте ответ на вопрос: если фрагмент нормальной ДНК это: [5'-----TACGGTCA-----3'], какова будет соответствующая последовательность в мутантном аллеле?





## Задания

### VI. Кровообращение

На рисунке VI-1 показаны изменения давления и объема крови в левом желудочке, в зависимости от времени.

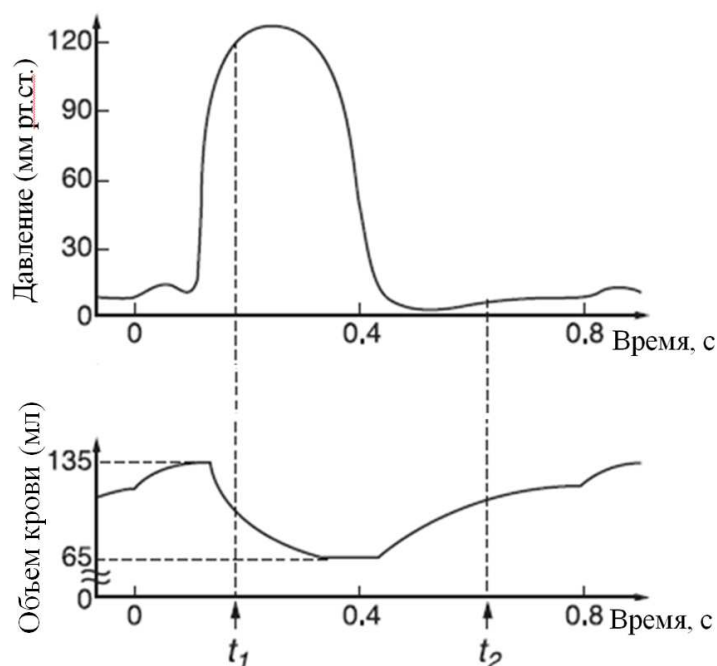


Рис. VI-1. Изменения давления и объема крови

#### [Вопросы]

**VI-1. [1.0 балл]** В каких состояниях находятся левый полулунный и левый створчатый клапаны в точках  $t_1$  и  $t_2$ : открыты или закрыты? (На листе ответов напишите '○', если клапан открыт, и '×', если клапан закрыт.)

**VI-2. [1.0 балл]** Какова частота сокращений сердца (ударов в минуту), работа которого представлена на рис. VI-1? (Ответ дайте с точностью до двух значащих цифр)

**VI-3. [1.0 балл]** Сердечный выброс – это объем крови, выбрасываемый желудочком за единицу времени. Посчитайте сердечный выброс (л/мин) для желудочка, работа которого представлена на рисунке. (Ответ дайте с точностью до двух цифр после запятой)