

ЗАДАНИЯ
практического тура заключительного этапа 42-й Всероссийской
олимпиады школьников по биологии, 2025-26 уч. год. 11 класс

ФИЗИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ (максимум 50 баллов)

Оборудование:

1. Ноутбук
2. Калькулятор
3. Линейка

Материалы:

1. Видеозадание (1 файл)
2. PDF-файл с заданиями (1 файл)

Дорогие участники, приветствуем вас в кабинете «Физиология животных» практического тура Всероссийской олимпиады школьников по биологии!

В рамках данного кабинета вам предстоит попробовать себя в роли учёных-электрофизиологов, изучающих электрическую активность возбудимых тканей с помощью метода внутриклеточной регистрации мембранных потенциалов. Этот метод позволяет в реальном времени наблюдать за изменениями разности потенциалов между внутренней и наружной поверхностью клеточной мембраны. Кроме того, внутриклеточное отведение даёт возможность зарегистрировать не только полноценные потенциалы действия, но и локальные (подпороговые) ответы. Сравнение формы и временных характеристик зарегистрированных сигналов позволяет судить о свойствах возбудимых мембран, типах ионных каналов, задействованных в генерации ответа, а также о влиянии различных факторов на работу клеток.

Вам будет предложена видеозапись двух экспериментов (Эксперимент №1 и Эксперимент №2), а также рисунки с фрагментами экспериментальных записей. Опираясь на них, вы сможете самостоятельно изучить особенности электрической активности и её регистрации в двух разных мышечных препаратах и ответить на вопросы Листа заданий. Вы можете останавливать просмотр видео в нужный момент и пересматривать запись много раз, если это необходимо.

Прежде чем приступить к выполнению заданий, проверьте, есть ли на вашем ноутбуке папка «Физиология животных» с двумя файлами: видеозаданием и PDF. Если файлов нет или они не открываются, поднимите руку.

Часть 1. (20 баллов): Регистрация миниатюрных потенциалов концевой пластинки.

В мышечных волокнах в ответ на экзоцитоз одной везикулы с нейромедиатором можно наблюдать локальный ответ в виде миниатюрного потенциала концевой пластинки (МПКП). Название этот потенциал получил потому, что он генерируется в специальной постсинаптической зоне на мышечном волокне – концевой пластинке. Изменение параметров МПКП может свидетельствовать об изменении интенсивности секреции нейромедиатора из нервных окончаний, подходящих к мышце, а также об изменениях ионных токов концевой пластинки.

Эксперимент проводили на изолированном нервно-мышечном препарате диафрагмы мышцы при комнатной температуре (20°C). Диафрагму помещали в раствор Лайли для теплокровных животных (рН 7,2–7,4), содержащий:

Вещество	Глюкоза	NaCl	KCl	NaH ₂ PO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂	NaHCO ₃	t, °C
Концентрация, mM	11	135	4	0.9	2	1	16.3	20

Регистрацию проводили с помощью стеклянного микроэлектрода. Индифферентный электрод помещали в омывающий диафрагму раствор. Для внутриклеточной записи потенциалов использовали усилитель AxoClamp 2B и ноутбук. Регистрировали МПКП в контроле и при добавлении KCl в омывающий раствор.

Изучите видефрагмент с записью эксперимента №1 и выполните задания 1-7 и задание 8. Полученные ответы внесите в таблицу в Листе ответов.

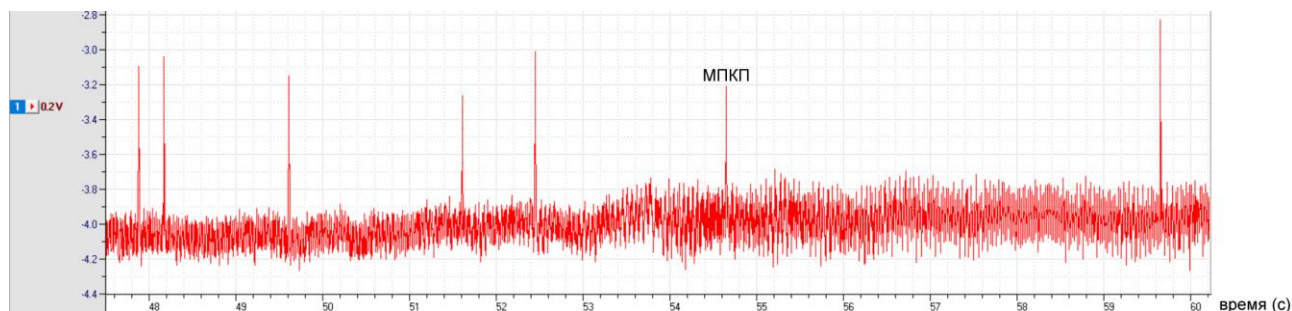
Эксперимент №1-1: Контрольный эксперимент.

Задание 1: Определите значение мембранного потенциала мышечного волокна, ориентируясь на показания в цифровом окне V₂ (mV) усилителя AxoClamp 2B в видеофайле. Ответ приведите в мВ с точностью до целого.

Задание 2: Рассчитайте амплитуду единичного МПКП, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответ дайте **в мВ с точностью до десятых**.



Задание 3: Определите среднюю частоту возникновения МПКП, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответ дайте **в Гц с точностью до десятых**.



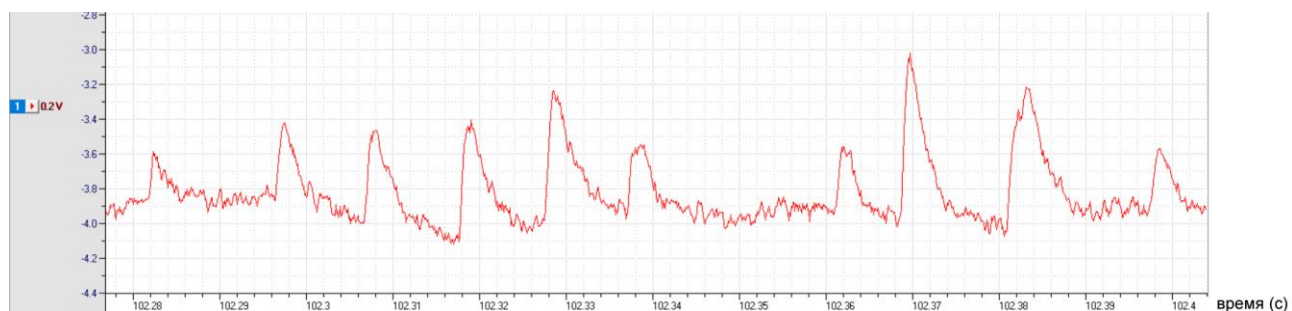
Эксперимент №1-2: Аппликация KCl.

Задание 4: Определите значение мембранного потенциала мышечного волокна после аппликации KCl, ориентируясь на показания в цифровом окне V_2 (mV) усилителя AxoClamp 2B в видеофайле. Ответ приведите **в мВ с точностью до целого**.

Задание 5: Рассчитайте амплитуду единичного МПКП, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответ дайте **в мВ с точностью до десятых**.



Задание 6: Определите среднюю частоту возникновения МПКП, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответ дайте **в Гц с точностью до десятых**.



Задание 7: Рассчитайте внутриклеточную концентрацию калия и концентрацию данного иона во внешнем растворе после его добавления экспериментатором. Для расчёта воспользуйтесь уравнением Нернста. Вкладом остальных ионов в формирование потенциала покоя в данном случае следует пренебречь. Концентрацию калия внутри мышечного волокна считать постоянной в ходе проведения всего эксперимента.

$$V = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[K^+]_o}{[K^+]_i}$$

, где V – значение потенциала (В); R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/(моль·К)); T – абсолютная температура (K = °C + 273); z – заряд иона; F – постоянная Фарадея (96500 Кл/моль).

При расчёте используйте информацию, приведенную в Листе заданий, и экспериментальные данные, полученные Вами в заданиях 1-6. Ответы приведите в мМ с точностью до десятых.

7.1. Рассчитайте внутриклеточную концентрацию калия и внесите полученное значение в Лист ответов.

7.2. Рассчитайте концентрацию калия во внешнем растворе после его добавления экспериментатором и внесите полученное значение в Лист ответов.

Задание 8: Проанализируйте данные эксперимента №1 и прочитайте предложенные утверждения:

8.1. На фоне аппликации KCl происходит повышение частоты секреции нейромедиатора из нервного окончания за счет увеличения внутриклеточной концентрации кальция.

8.2. При добавлении KCl во внешний раствор происходит увеличение движущей силы, способствующей входу ионов натрия в мышечные волокна.

8.3. Добавление KCl во внешний раствор приводит к деполяризации мембраны мышечного волокна и уменьшению средней амплитуды МПКП.

8.4. Увеличение частоты МПКП вызвано тем, что при увеличении внеклеточной концентрации калия быстрее достигается критический уровень деполяризации мышечного волокна.

8.5. При добавлении KCl из-за увеличения частоты МПКП происходит увеличение частоты сокращения мышцы.

8.6. Увеличение концентрации калия во внеклеточном растворе способствует освобождению сайтов связывания миозина на актине.

Выберите критерий, характеризующий каждое из предложенных утверждений, и внесите его в Лист ответов (одну из букв X, Y, Z):

X – правильные ответы, соответствующие описанному эксперименту;

Y – в принципе правильные ответы, но не относящиеся к данному эксперименту;

Z – совсем неверные высказывания.

Часть 2. (19 баллов): Регистрация потенциалов действия в пейсмекерном и в рабочем миокарде.

Препарат правого предсердия, включающий в себя межвенную область с синоатриальным узлом (САУ), разместили в проточной камере, заполненной раствором Тироде следующего состава:

Вещество	NaCl	KCl	NaH ₂ PO ₄	CaCl ₂	MgSO ₄	NaHCO ₃	Глюкоза	t, °C
Раствор, мМ	129	4	0,9	1,2	0,5	20	5	37-38

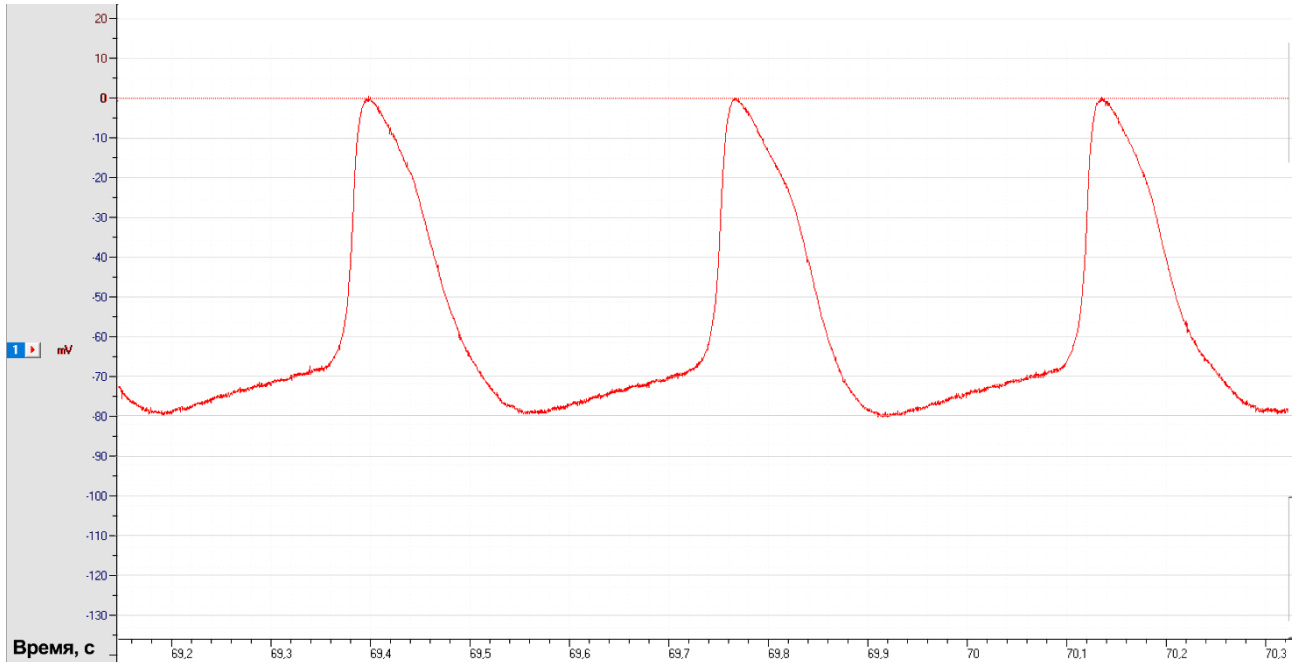
Внутриклеточную регистрацию потенциалов действия (ПД) проводили с помощью регистрирующего микроэлектрода, подключенного к усилителю. Индифферентный электрод расположили в омывающем препарат растворе.

После получения стабильного отведения приступили к изучению влияния стимуляции внутрисердечных нервов на характер активности синоатриального узла и рабочего миокарда. Для раздражения нервов использовали стимулирующие электроды, которые располагали в области САУ или рабочего миокарда. После стимуляции внутрисердечных нервов регистрировали двухфазный ответ (фаза 1 и фаза 2).

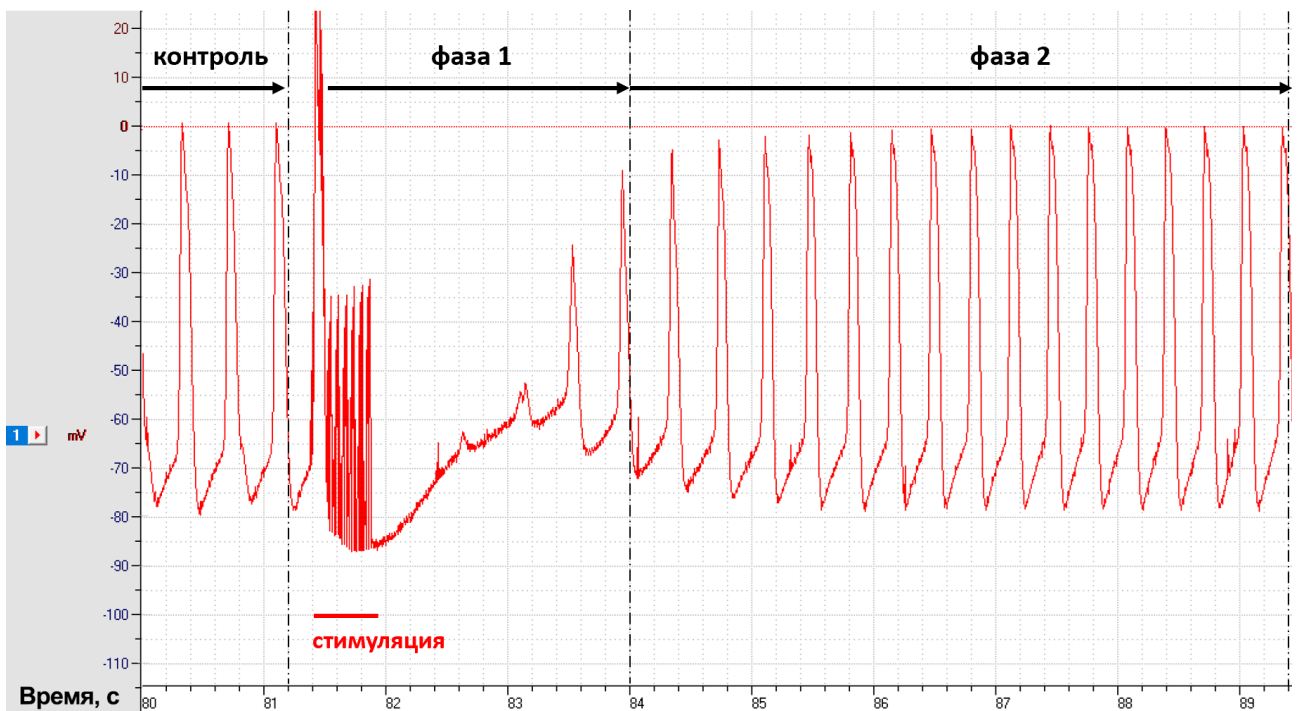
Изучите видеофрагмент с записью эксперимента №2 и выполните задания 9-12 и задание 13. Полученные ответы внесите в таблицу в Листе ответов.

Эксперимент №2-1: Регистрация ПД в синоатриальном узле при стимуляции внутрисердечных нервов.

Задание 9: Определите значение амплитуды ПД синоатриального узла кролика, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответ дайте в мВ с точностью до целого.

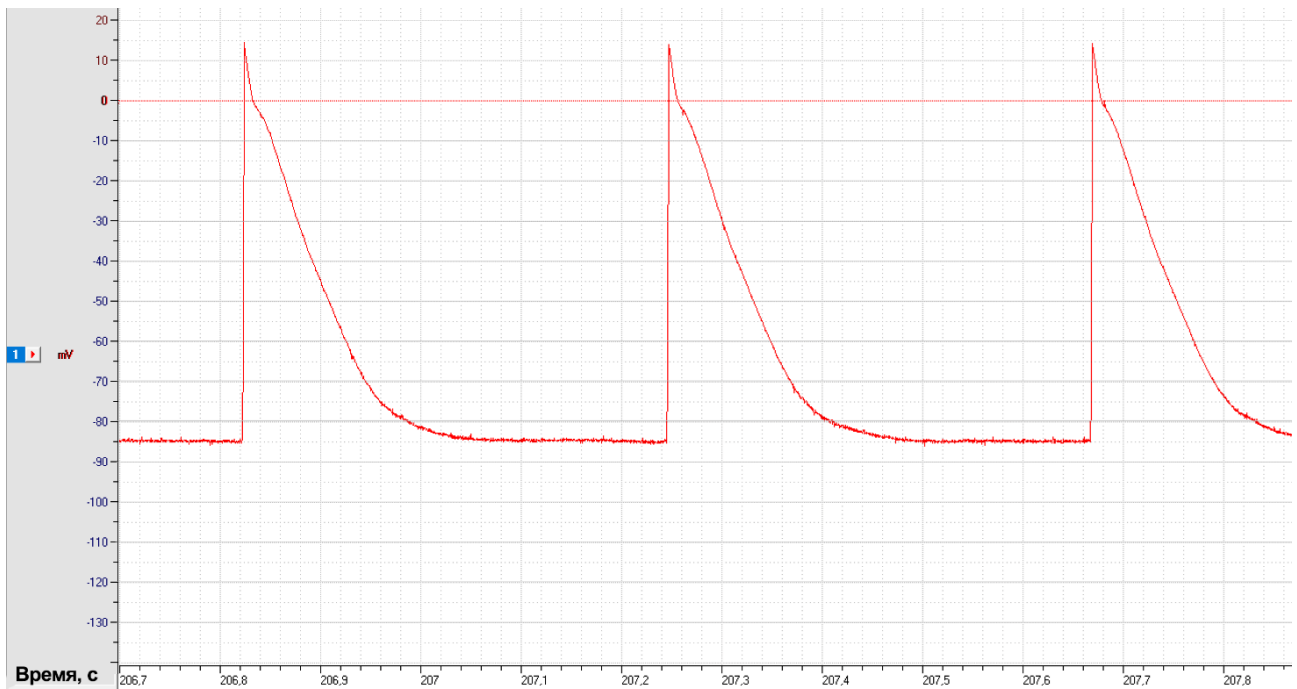


Задание 10: Определите частоту возникновения ПД в синоатриальном узле в контроле и в фазе 2, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответы дайте в Гц с точностью до десятых.

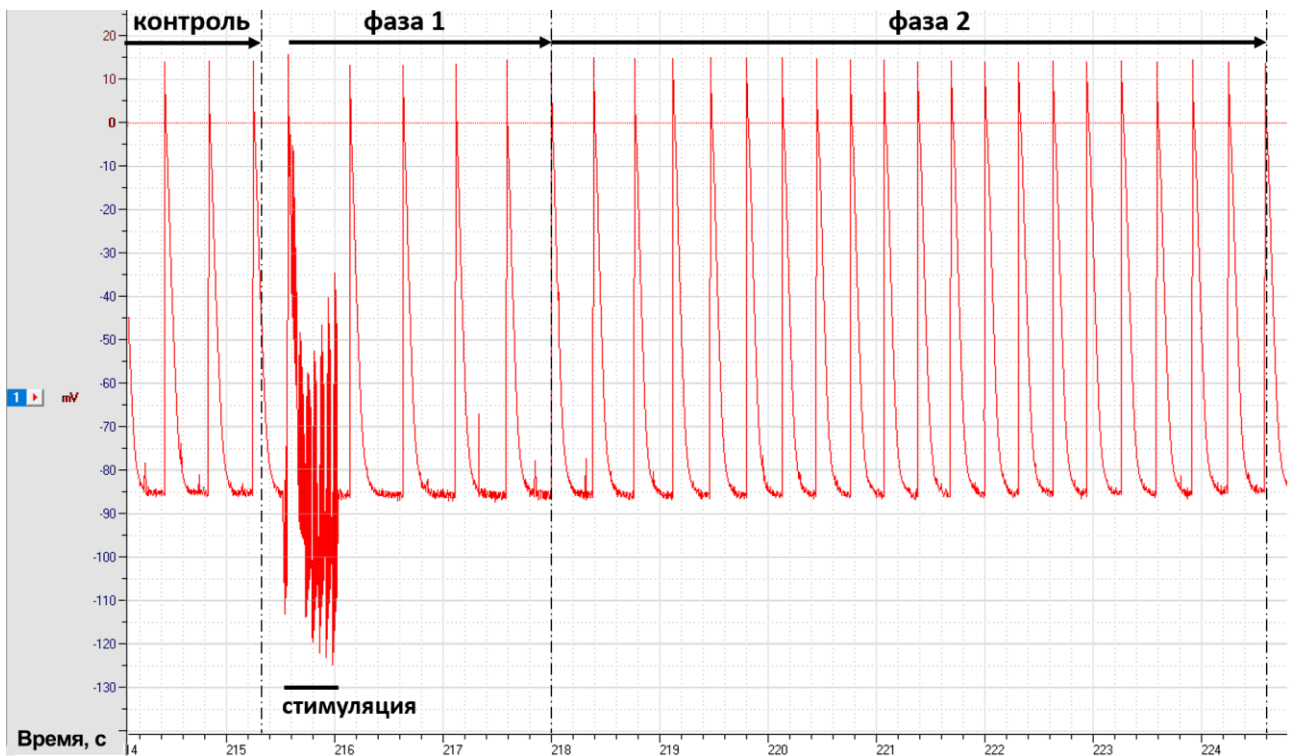


Эксперимент №2-2: Регистрация ПД в предсердии при стимуляции внутрисердечных нервов.

Задание 11: Определите значение амплитуды ПД рабочего миокарда правого предсердия, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответ дайте в мВ с точностью до целого.



Задание 12: Определите частоту возникновения ПД в рабочем миокарде правого предсердия в контроле и в фазе 2, используя экспериментальные данные, приведенные на рисунке ниже. Ответы дайте в Гц с точностью до десятых.



Задание 13: Проанализируйте данные эксперимента №2 и прочитайте предложенные утверждения:

13.1. Во время и сразу после стимуляции внутрисердечных нервов наблюдается фаза невозбудимости синоатриального узла (фаза 1), проявляющаяся в исчезновении полноценных

потенциалов действия и регистрации лишь подпороговых локальных ответов. Этот эффект обусловлен активацией парасимпатических постганглионарных нервных волокон.

13.2. За фазой торможения (фаза 1) в синоатриальном узле и рабочем миокарде следует фаза активации (фаза 2) генерации потенциалов действия, частота которых превышает исходный уровень, что обусловлено активацией симпатических преганглионарных нервных волокон.

13.3. Фаза невозбудимости (фаза 1) имеет меньшую длительность по сравнению с фазой активации (фаза 2), что связано с высокой скоростью ферментативного гидролиза высвободившегося нейромедиатора в синаптической щели.

13.4. Предварительная обработка препарата синоатриального узла блокатором N-холинорецепторов курарином полностью предотвращает развитие фазы активации (фаза 2) при последующей стимуляции внутрисердечных нервов.

13.5. Аппликация блокатора потенциал-зависимых натриевых каналов тетродотоксина на препарат синоатриального узла не приводит к исчезновению потенциалов действия.

13.6. Потенциалы действия рабочего миокарда предсердий обладают более низкой чувствительностью к действию медиаторов парасимпатической системы по сравнению с потенциалами действия клеток синоатриального узла.

13.7. В отличие от потенциалов действия рабочего миокарда пейсмекерные потенциалы синоатриального узла не имеют выраженной фазы овершута.

13.8. В отличие от рабочих кардиомиоцитов предсердий, клетки синоатриального узла не имеют стабильного потенциала покоя.

13.9. В фазу активации (фаза 2) в препарате рабочего миокарда предсердий наблюдается увеличение амплитуды сократительного ответа.

Выберите критерий, характеризующий каждое из предложенных утверждений, и внесите его в Лист ответов (одну из букв X, Y, Z):

X – правильные ответы, соответствующие описанному эксперименту;

Y – в принципе правильные ответы, но не относящиеся к данному эксперименту;

Z – совсем неверные высказывания.

Часть 3. (11 баллов): Сравнение результатов экспериментов №1 и №2.

Задание 14: Заполните таблицу, используя собственные знания и данные, полученные в ходе экспериментов. Для каждого утверждения выберите ответ(ы) из соответствующего списка ключевых терминов, обозначенных курсивом. В **Лист ответов** впишите **числовые коды**, соответствующие выбранным ответам для эксперимента №1 и эксперимента №2. В рамках одного утверждения коды могут повторяться для эксперимента №1 и эксперимента №2.

Утверждение:	Эксперимент	
	№1	№2
14.1. Тип мышцы (только один вариант ответа): <i>01 – гладкая; 02 – сердечная; 03 – скелетная.</i>		
14.2. Сигналы к сокращению препарата поступают от (может быть несколько вариантов ответа): <i>04 – вегетативной нервной системы;</i> <i>05 – метасимпатической нервной системы;</i> <i>06 – соматической нервной системы;</i> <i>07 – не поступают от нервной системы.</i>		
14.3. Эффект, наблюдаемый в эксперименте, опосредован через (может быть несколько вариантов ответа): <i>08 – ацетилхолин; 09 – ГАМК; 10 – дофамин; 11 – норадреналин; 12 – серотонин.</i>		
14.4. Возможность суммации наблюдаемых потенциалов: <i>13 – есть; 14 – нет.</i>		
14.5. Используемые растворы наиболее адекватно применять для исследования препаратов (может быть несколько вариантов ответа): <i>15 – теплокровных животных; 16 – холоднокровных животных.</i>		

ЖЕЛАЕМ ВАМ УСПЕХОВ!