




**РОССИЙСКО-ТАДЖИКСКИЙ  
СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ  
ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ КАФЕДРЫ  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ  
«БИОЛОГИЯ»**




## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Электрофизиология человека

	1. Исследование сердцебиения	3
	2. Исследование мышечной силы	13
	3. Исследование движения глаз	20
	4. Определение частоты сердечных сокращений	27
	5. Исследование физической подготовки	34
	6. Исследование скорости чтения	42

### Физиология человека

	7. Проверка реакции человека	48
	8. Рефлекс мышечного растяжения и определение скорости проводимости	53
	9. Модельный эксперимент, демонстрирующий развитие потенциала покоя	57
	10. Ионная проницаемость клеточной мембраны	63



# ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

## 1. Исследование сердцебиения

**P1332760**

Сердце представляет собой полый, мышечный орган, который состоит из нескольких вторичных мышц. Эти вторичные мышцы работают и расслабляются последовательно, тем самым перекачивая кровь через сердце.

Эти мышечные действия можно измерить электрически как единое целое на поверхности кожи с помощью так называемой электрокардиограммы (ЭКГ). Одна и та же повторяющаяся картинка от одного сердцебиения до другого. Сердцебиение представляет собой регулярную последовательность электронных возбуждений (потенциалов действия). С помощью электрокардиограммы Вы можете различать (записывать) различные парциальные виды деятельности сердечной мышцы, которые следуют друг за другом. Вот почему ЭКГ также называют "сердечной линией". Врач может определить различные нарушения работы сердца по определенной схеме, глядя на картинку ЭКГ сердца, которая записывается с помощью ЭКГ машины, которая лицензирована для диагностических целей.

### Задачи

1. Записать электрокардиограмму своего сердцебиения в состоянии покоя и определить различные фазы сердечной деятельности.
2. Некоторым людям нужен кардиостимулятор. Сравните ЭКГ "нормальных" сердечных сокращений с ЭКГ сокращения сердца, которое было вызвано кардиостимулятором.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600.00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601.00
1	Электрофизиологический сенсорный датчик Cobra4	12673.00
1	Экранированные провода для электрофизиологии, разноцветные, 3/уп.	12673.01
1	Электроды для сенсорных датчиков ЭКГ, 100/уп.	12559.01
1	Зубчатые зажимы для электродов, 3/уп.	12673.02
1	Программное обеспечение «Cobra4» - для 1 пользователя, лицензированное школой	14550.61

### Дополнительное оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB портом, версией Программного обеспечения Windows XP или более новой версией	



Рис. 1: Процесс измерения

#### Установка

- Для исследования потребуется как минимум два человека, где к одному прикрепляются электроды, а другой работает на компьютере.

- Прикрепите к одному из участников эксперимента по одному электроду липкой поверхностью на внутреннюю сторону правого и левого запястья, а также на левую лодыжку. Исследуемый должен сидеть в расслабленном положении.

- Подключите цветные провода с зубчатыми зажимами к электродам: красный к электроду на правом запястье, желтый к электроду на левом запястье и зеленый к электроду на левой лодыжке.

- Затем подключите провода от электродов к электрофизиологическому сенсорному датчику Cobra4. Воткните красный штекер в разъем, обозначенный знаком «+», желтый – в разъем со знаком «-», и зеленый - в разъем с надписью (Ref).

#### Ход работы

- Включите компьютер и загрузите Windows.

- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB порту компьютера.

- Прикрепите прибор Cobra4 с беспроводной связью к электрофизиологическому датчику и включите его.

- Запустите ПО «Измерение Cobra4». Инструмент для измерений будет определен автоматически.

- Откройте эксперимент "Исследование сердцебиения" (в меню Эксперимент > Открыть эксперимент). Теперь программное обеспечение будет загружать все необходимые предварительные настройки для записи измерений. Другая опция - выбрать тип измерения "ЭКГ". Дважды щелкните "Напряжение U" в окне навигатора и выберите вкладку "Конфигурация" (см. Рис. 2) для того, чтобы открыть соответствующее окно канала измерения.

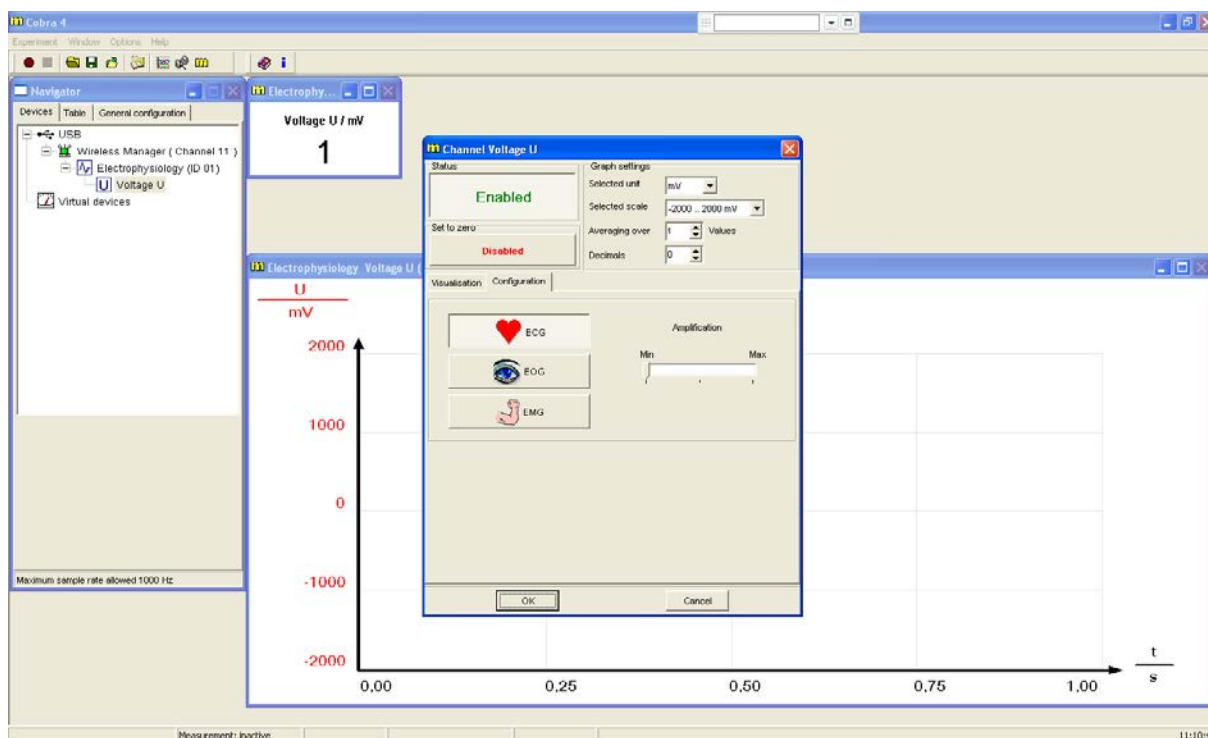


Рис. 2: Окно выбора для измерения ЭКГ

- Начните записывать данные измерения, нажав (●), только когда уровень напряжения выровняется (Рис. 3). Важно, чтобы исследуемый не двигался на протяжении всего измерения, иначе система запишет активность других мышц.

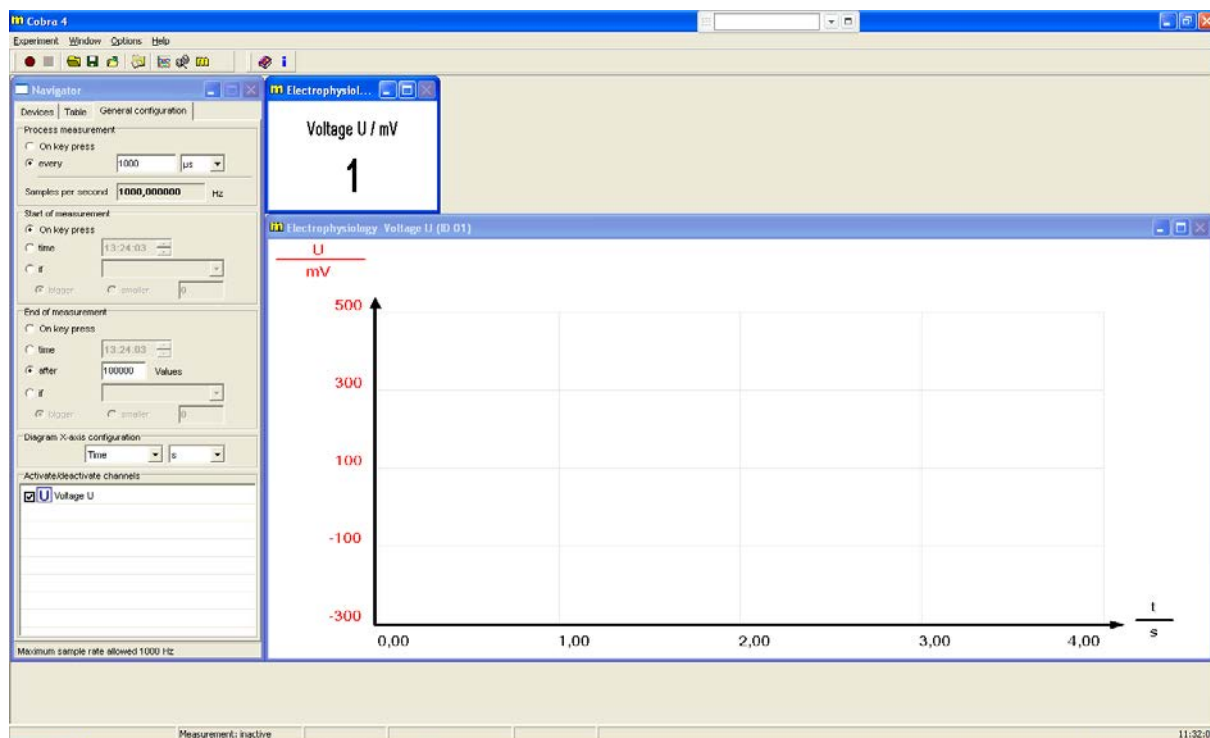


Рис. 3: Окно программы перед измерением

- Через 5 секунд у Вас будет достаточно данных для того, чтобы остановить измерение. Нажмите "OK" для последующей обработки данных (Рис. 4).

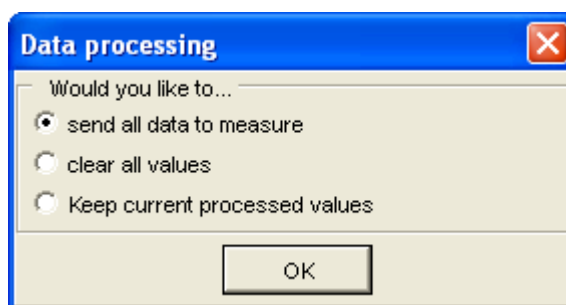




Рис. 4: Окно выбора, которое появляется после завершения измерения

## Наблюдения и результаты измерения

Результат измерения после увеличения индивидуального сердечного цикла с помощью инструмента увеличения , как показано на рисунке 5 (используйте инструмент «Fit in»  чтобы вернуться к результату полного измерения).

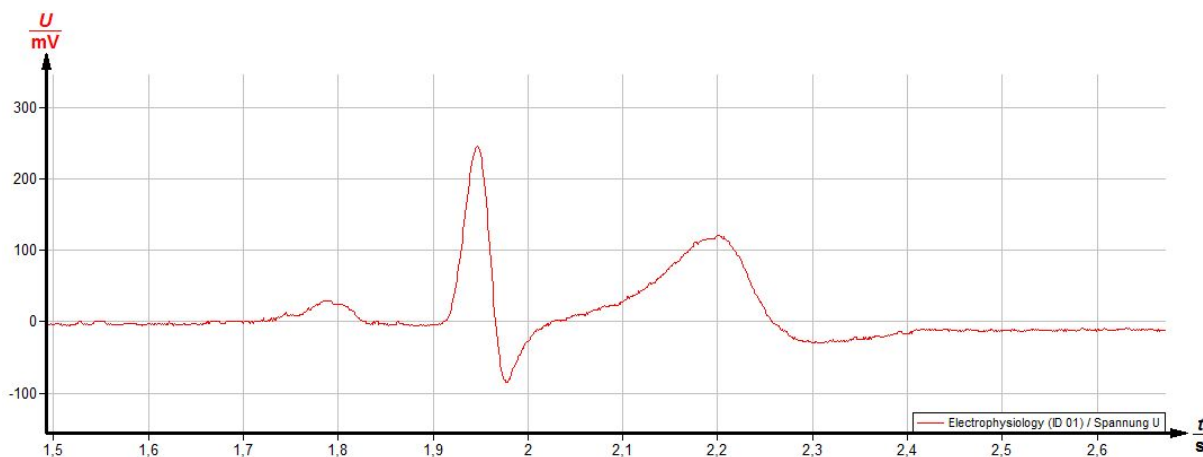


Рис. 5: Электрокардиограмма сердечного сокращения подростка

### Условные обозначения: Что показывает электрокардиограмма?

- P = распространение возбуждения от синусового узла в правом предсердии над обоими предсердиями
- PQ = задержка проводимости возбуждения в атриовентрикулярном узле (АВ узле)
- QRS = распространение возбуждения над обоими желудочками
- T = реполяризация в желудочках

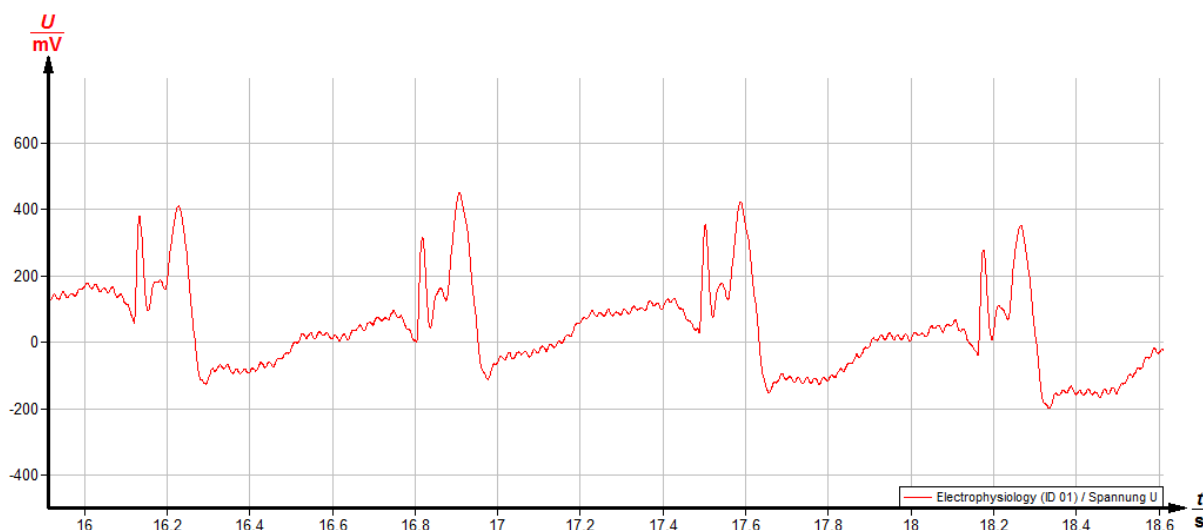


Рис. 6: Для сравнения: Электрокардиограмма человека с кардиостимулятором

## Оценка

Пожалуйста, ответьте на вопросы:

1. На Рис. 5 изображены различные фазы электрического возбуждения при биении сердцебиении в схематичной форме. Посмотрите на ЭКГ Вашего сердцебиения. Используйте условные обозначения и свой учебник по биологии или обратитесь к Интернету (например, к Википедии, ключевое слово "ЭКГ") и нарисуйте фазы сердечного сокращения, которые Вы можете идентифицировать (нарисуйте и подпишите).

2. На Рис. 6 изображена электрокардиограмма человека с кардиостимулятором. Сравните это ЭКГ с "нормальным" ЭКГ и запишите свои предположения о том, как работает кардиостимулятор.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## Электрокардиограмма (ЭКГ)

Электрокардиограмма визуализирует ход электрического возбуждения в различных фазах сердечного цикла. Фазы различают по продолжительности и высоте потенциалов действия (см. Рис. 5). Потенциалы действия, которые необходимы для электрокардиограммы, измеряют на участках поверхности кожи, которые не расположены над мышцами. Участки, которые наиболее подходят для этой цели, это лодыжки и запястья. Это гарантирует измерение электрической активности только сердечной мышцы, когда испытуемый находится в состоянии покоя.

Условное обозначение на Рис. 5 относится к секциям ЭКГ в процессе сердцебиения. Возбуждение синусового узла предсердия (P), проводимость возбуждения через желудочки (QRS) и реполяризация в желудочках (T), как правило, четко видны.

Кардиостимулятор обычно выполняет естественную функцию синусового узла, выступая в качестве электрического генератора импульсов для последующего распространения возбуждения. На Рис. 6 изображен человек с определенным типом кардиостимулятора, которые имплантируются под кожу под ключицей (Рис. 9). Этот тип кардиостимулятора измеряет потенциалы действия сердечной мышцы. При необходимости, например, в случае недостаточной стимуляции, он активизируется и выполняет функцию синусового узла правого предсердия. На диаграмме четко видно, что P волна значительно повышена. Это происходит из-за стимуляции правого предсердия кардиостимулятором, которые выступает в качестве синусового узла.

В настоящее время существует много типов кардиостимуляторов, например, кардиостимулятор, генерирующий электрический импульс в том случае, если отсутствует естественная стимуляция или частота сердечных сокращений является слишком высокой или низкой. Другой тип



Рис. 9а: Положение и размер кардиостимулятора



Рис. 9b: Два поколения кардиостимуляторов. Слева - кардиостимулятор 2000 г, справа - кардиостимулятор 1984 г. Оба кардиостимулятора находились в теле в течение 7 лет.

кардиостимуляторов разработан таким образом, что он стимулирует только один желудочек для того, чтобы адаптировать частоту сердечных сокращений к текущей физической активности.

### **Пожалуйста, обратите внимание**

ЭКГ, записанную в школе, не нужно интерпретировать иначе в случае отклонений от примера ЭКГ в иллюстрациях. Нарушения циркуляции или повреждения сердечной мышцы с уверенностью может диагностировать лишь врач. Прибор с электрофизиологическим сенсорным датчиком Cobra4 не предназначен для диагностических целей, а предназначен исключительно для дидактических целей.

### **Примечания, касающиеся выполнения эксперимента**

Пожалуйста, убедитесь, чтобы студенты позаботились о том, что во время измерения испытуемый не двигается и находится в состоянии покоя. Даже малейшее движение, например, поднятие руки, приведет к мышечной активности сердца в ходе измерения.

## Оценка

1. См. Рис. 9.

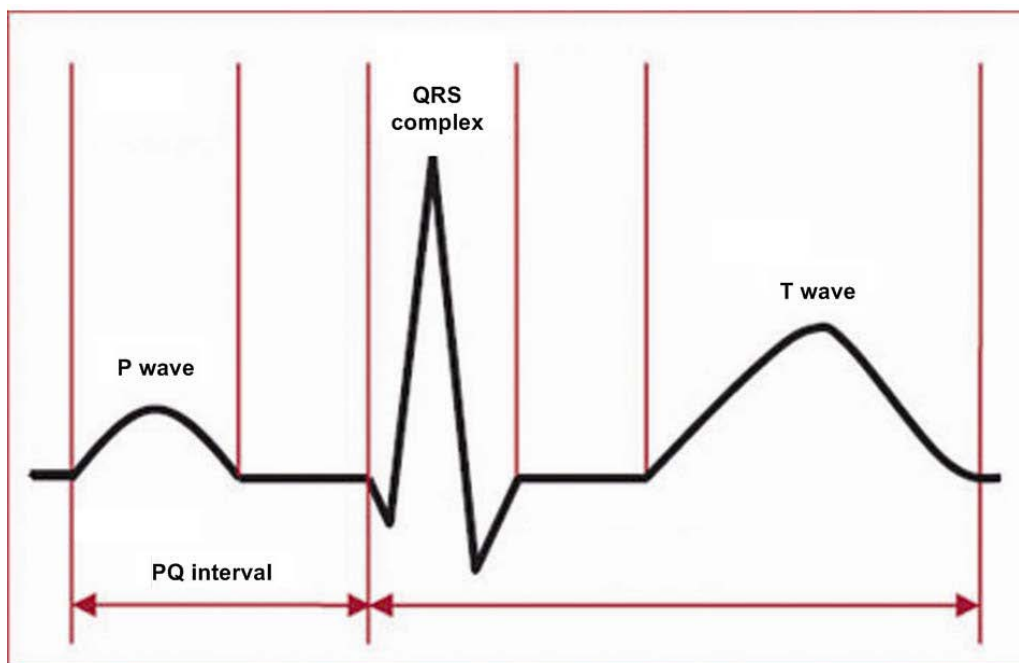
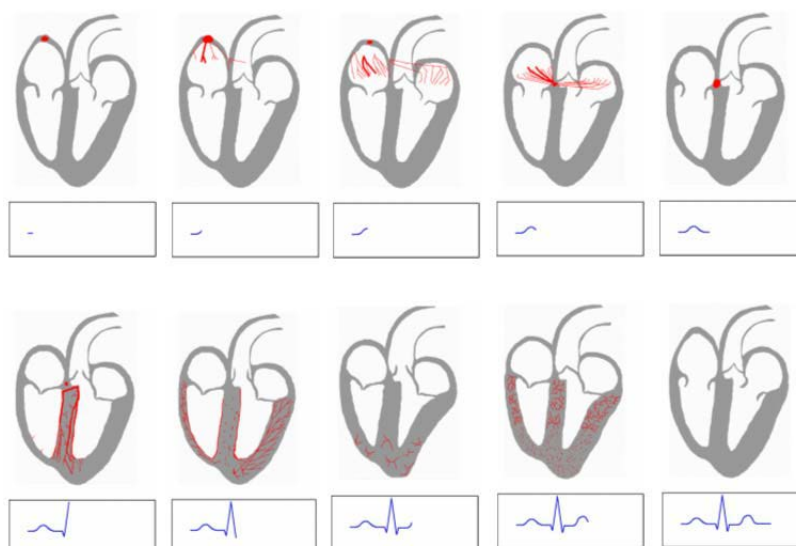


Рис. 9: Подписанный схематичный рисунок электрокардиограммы

2. Диаграмма демонстрирует четкую разницу условий проводимости возбуждения по сравнению со здоровой сердечной мышцей. В процессе сердечной деятельности есть два пика. Первый пик - это потенциал действия, который индуцируется кардиостимулятором для того, чтобы заменить активность синусового узла. Это искусственное возбуждение в правом предсердии затем распространяется через оба желудочка, которые представлены вторым пиком.

### Что измеряет ЭКГ?

Рис. 10: Схематичное представление распространения возбуждения во время сокращения сердца (получено из Википедии, ключевое слово "ЭКГ")



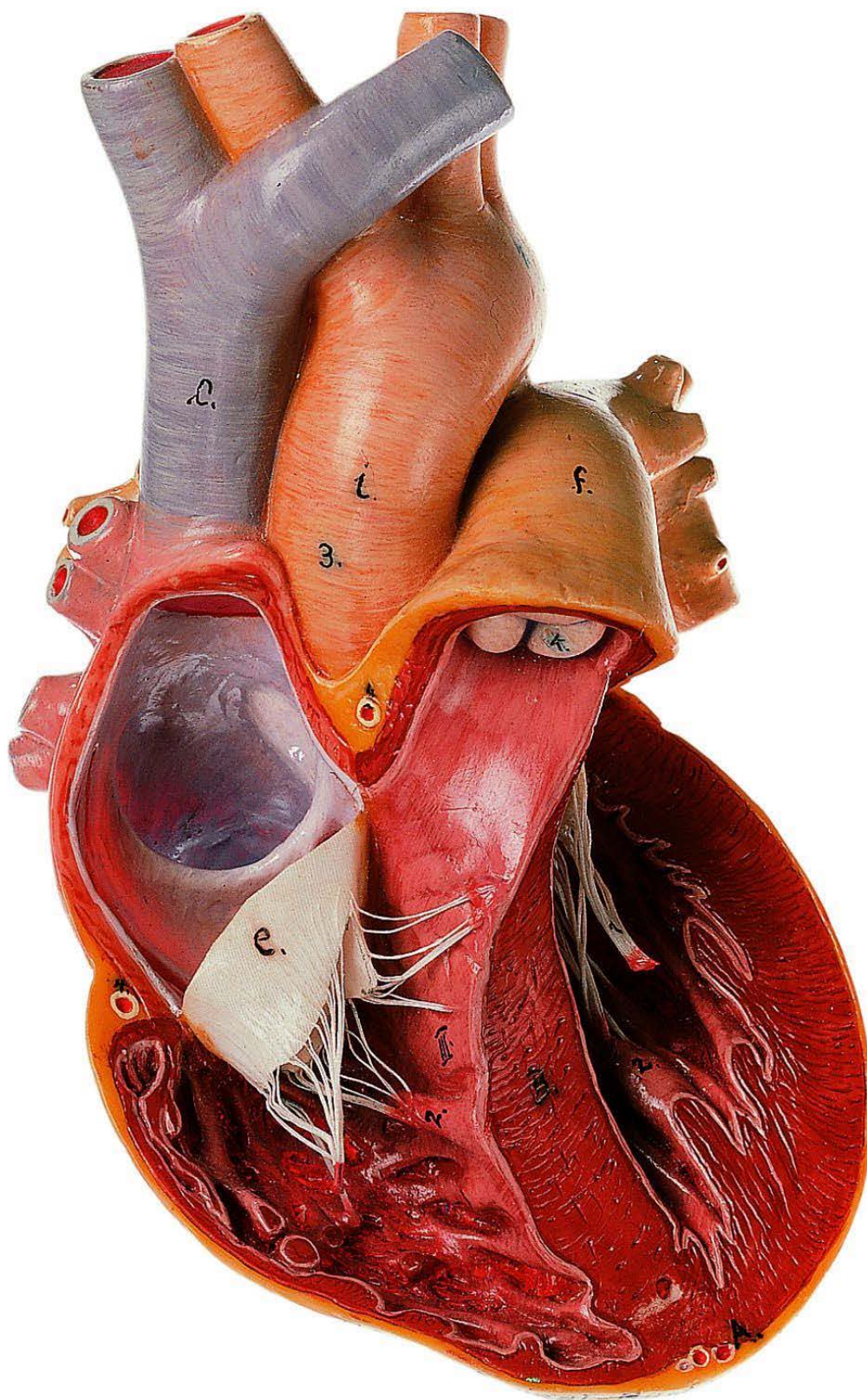


Рис. 11: Модель сердца

## 2. Исследование мышечной силы

**P1350360**

За исключением сердечной мышцы, сокращениями поперечнополосатых мышц можно управлять по своему желанию. Эта особенность позволяет наблюдать за отдельными группами мышц. Электромиограмму (ЭМГ) можно использовать для измерения (записи) электрической активности (то есть, суммы потенциалов действия) мышцы или даже нескольких мышц на поверхности кожи при их сокращении. Для электромиограммы электрическая активность мышцы записывается как в расслабленном состоянии, так и во время сокращений различной силы.

### Задачи

1. Записать ЭМГ своей двуглавой мышцы во время нескольких сокращений.
2. Записать ЭМГ своей икроножной мышцы при выполнении нескольких движений.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600.00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601.00
1	Электрофизиологический сенсорный датчик Cobra4	12673.00
1	Экранированные провода для электрофизиологии, разноцветные, 3/уп.	12673.01
1	Электроды для сенсорных датчиков ЭКГ, 100/уп.	12559.01
1	Зубчатые зажимы для электродов, 3/уп.	12673.02
1	Программное обеспечение «Cobra4» - для 1 пользователя, лицензированное школой	14550.61

### Дополнительное оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB портом, версией Программного обеспечения Windows XP или более новой версией	
1	Гантель (от 3 до 5 кг)	



**Рис. 1: Процесс измерения**

### **Установка**

- Для исследования потребуется как минимум два человека, где к одному прикрепляются электроды, а другой работает на компьютере.

- Прикрепите три электрода на бицепс, как показано на рисунке 1. Расстояние между электродами 3-5 см.

- Подключите цветные провода с зубчатыми зажимами к электродам: желтый к верхнему электроду на бицепсе, красный к электроду внизу бицепса и зеленый к электроду посередине.

- Затем подключите провода от электродов к электрофизиологическому датчику Cobr4. Воткните красный штекер в разъем, обозначенный знаком «+», желтый – в разъем со знаком «-», и зеленый – в разъем с надписью (Ref).

- Для второго эксперимента необходимо прикрепить три одноразовых электрода к икре (как показано на Рис. 2). Подсоедините желтый зубчатый зажим к верхнему электроду (по направлению к задней части колена), красный зубчатый зажим - к нижнему электроду (по направлению к лодыжке) и зеленый зубчатый зажим - к одноразовому электроду в середине. Вы можете носить электрофизиологический сенсорный датчик Cobr4 с собой во время измерения, но Вы должны убедиться, что не споткнетесь о провода.

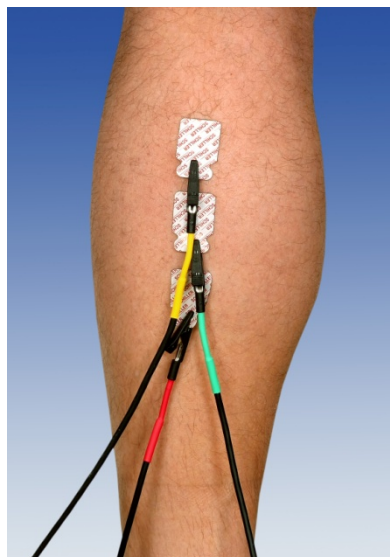


Рис. 2: Подсоединение проводов к икре

### **Ход работы**

- Включите компьютер и загрузите Windows.
- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB порту компьютера.
- Прикрепите прибор Cobra4 с беспроводной связью к электрофизиологическому сенсорному датчику Cobra4 и включите его.
- Запустите программное обеспечение «Измерение Cobra4». Инструмент для измерений будет автоматически определен.
- Откройте эксперимент "Исследование мышечной силы" (в меню Эксперимент > Открыть эксперимент). Теперь программное обеспечение будет загружать все необходимые предварительные настройки для записи измерений. Другая опция - выбрать тип измерения "ЭМГ". Дважды щелкните "Напряжение U" в окне навигатора и выберите вкладку "Конфигурация" (см. Рис. 2) для того, чтобы открыть соответствующее окно канала измерения. Убедитесь, что усиление установлено на минимум.
- Начните записывать данные измерения, нажав (●).
- Сгибайте руку с гантелью примерно 10 раз. Между сгибаниями выпрямляйте руку до полного расслабления.
- Остановите измерение и нажмите «ОК» для дальнейшей обработки данных.

## Наблюдения и результаты измерения

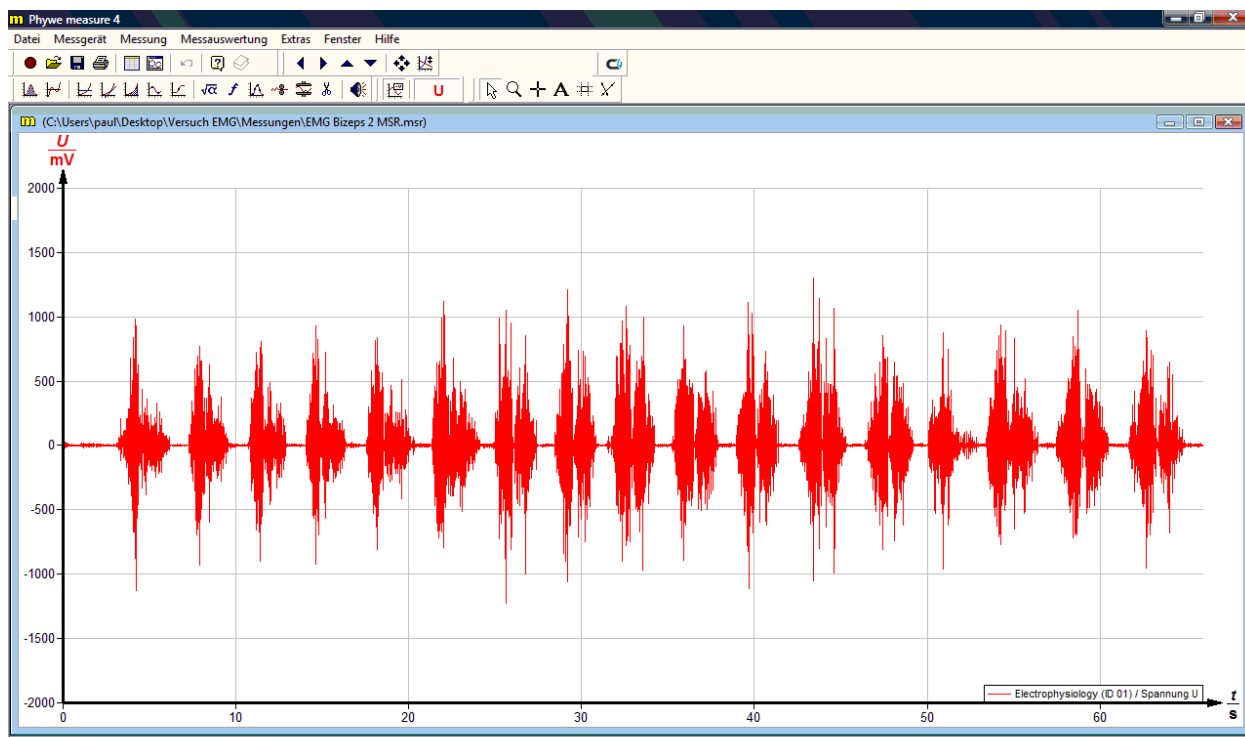



Рис. 3: Комбинированные потенциалы действия двуглавой мышцы под нагрузкой 5 кг гантелей, измеренные на поверхности кожи. В конце этого измерения двуглавая мышца не была истощена.

### Оценка

После окончания измерения выберите подходящий участок измерения с помощью инструмента  и рассмотрите его.

1. Объясните зависимость электрической активности от движений Вашей руки. Сопоставьте колебания на графике и движением руки. Объясните различия.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



2. Запишите ЭМГ икроножной мышцы во время различных движений. Меняйте нагрузку мышцы, например, двигая всей ногой или только носком ноги, пройдя или поднявшись на несколько ступенек. Опишите ЭМГ и установите зависимость между электрической активностью и различными движениями.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Электромиография (ЭМГ)

При лечении людей электромиограммы используются для обнаружения нарушений нервных и мышечных клеток. Существует два способа. В практическом медицинском применении игловая электромиография дает более точную информацию о деятельности отдельных мышечных волокон. Для этого игольчатый электрод вставляют непосредственно в мышечные волокна и, таким образом, измеряется электрическая активность. Однако, в случае измерения на поверхности кожи можно записать только составные потенциалы действия нескольких мышечных волокон.

Истощение мышцы (например, во время тренировки с гантелями) не сопровождается уменьшением в составных потенциалах действия группы мышц, как можно было бы предположить. Скорее всего, когда мышца сокращается несколько раз до своего истощения, будет зафиксировано увеличение электрической активности. Это связано с тем, что в случае сильного истощения все имеющиеся двигательные единицы должны восполниться энергией для того, чтобы мышца сократилась еще раз.

### Предупреждение

ЭМГ, записанную в школе, не нужно интерпретировать иначе в случае отклонений от примера ЭМГ в иллюстрациях. Мышечные нарушения с уверенностью может диагностировать лишь врач.

### Примечания, касающиеся выполнения эксперимента

Пожалуйста, убедитесь, чтобы студенты позаботились о том, что во время измерения испытуемый не двигается и находится в состоянии покоя. Даже малейшее движение, например, поднятие руки или движение пальцев, приведет к активности двуглавой мышцы в ходе измерения.

### Оценка

1. Когда мышца напряжена, можно увидеть многочисленные крупные мышечные потенциалы (потенциалы сложного действия). Когда двуглавая мышца не напряжена (фаза покоя мышцы), высоких амплитуд не наблюдается. Эксперимент показывает, что расслабленная мышца едва ли демонстрирует какую-либо электрическую активность. С другой стороны, во время сокращения генерируются электрические потенциалы, которые зависят от интенсивности индивидуального сокращения. Уровень электрической активности совпадает с количеством двигательных единиц, которые активируются.

Потенциалы сложного действия, которые измеряются во время сокращения мышцы, позволяют различать сгибательные и разгибательные движения двуглавой мышцы. Становится очевидным, что электрическая активность двуглавой мышцы является самой высокой во время сгибания руки. Это связано с тем, что для перемещения тяжести против гравитационного притяжения Земли требуется больше усилий.

2. Удобный размер электрофизиологического сенсорного датчика Cobra4 позволяет записывать электромиограммы для широкого диапазона различных движений. Благодаря универсальности электрофизиологического сенсорного датчика

Cobra4, этот эксперимент дает большой простор для воплощения собственных идей, касающихся измерения активности различных групп мышц во время движения. Эксперимент также демонстрирует, что икроножные мышцы самостоятельно адаптируются к повседневным потребностям (так же, как и другие группы мышц). Интенсивность сокращений совпадает с потребностью движения, которое осуществляет группа мышц.

### 3. Исследование движения глаз

**P1350460**

С помощью этого эксперимента можно обнаружить доказательства электрической активности, которая образуется во время движения глаз. Несколько электродов, прикрепленных к коже лица, измеряют все изменения электрического напряжения, которое возникает из-за движения глаз. Этот метод называется электроокулография (ЭОГ).

#### Задача

Записать электроокулограмму движения глаз. Для этого необходимо многократно вращать глазами слева направо и наоборот.

#### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600.00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601.00
1	Электрофизиологический сенсорный датчик Cobra4	12673.00
1	Экранированные провода для электрофизиологии, разноцветные, 3/уп.	12673.01
1	Электроды для сенсорных датчиков ЭКГ, 100/уп.	12559.01
1	Зубчатые зажимы для электродов, 3/уп.	12673.02
1	Программное обеспечение «Cobra4» - для 1 пользователя, лицензированное школой	14550.61

#### Дополнительное оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB портом, версией Программного обеспечения Windows XP или более новой версией	



Рис. 1: Процесс измерения

### Установка

- Для исследования потребуется как минимум два человека, где к одному прикрепляются электроды, а другой работает на компьютере.
- Прикрепите три электрода к лицу, как показано на Рис. 2.



Рис. 2: Прикрепление электродов вокруг глаз

- Теперь, подключите цветные провода с зубчатыми зажимами к электродам: желтый зубчатый зажим - к электроду на лбу, над носом. Пожалуйста, помните о том, что кожа на лице склонна к жирности, особенно на лбу. Для того чтобы обеспечить надежное прикрепление электродов к коже, необходимо умыться с мылом, либо протереть кожу платком. Если провод нарушает зрительный процесс тестируемого человека, можно убрать

провод за ухо. Подключите красный зубчатый зажим к электроду рядом с правым глазом, а зеленый – к электроду рядом с левым глазом.

- Теперь Вы можете подключить провода электрода к электрофизиологическому сенсорному датчику Cobra4. Воткните красный штекер в разъем, обозначенный знаком «+», желтый – в разъем со знаком «-», и зеленый – в разъем с надписью (Ref).

### **Ход работы**

- Включите персональный компьютер и загрузите Windows.

- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB порту компьютера.

- Прикрепите прибор Cobra4 с беспроводной связью к электрофизиологическому датчику и включите его.

- Запустите ПО «Измерение Cobra4». Инструмент для измерений будет определен автоматически.

- Откройте эксперимент "Исследование движения глаз" (в меню Эксперимент > Открыть эксперимент). Теперь программное обеспечение будет загружать все необходимые предварительные настройки для записи измерений. Другая опция - выбрать тип измерения "ЭОГ". Дважды щелкните "Напряжение U" в окне навигатора и выберите вкладку "Конфигурация" (см. Рис. 2) для того, чтобы открыть соответствующее окно канала измерения.



- Исследуемый должен сидеть на стуле в расслабленном состоянии. Теперь, начните вращать глазами с одинаковой скоростью слева направо и наоборот.

- Начните записывать данные измерения, нажав (●).

- Измеряйте движение глаза в течение примерно 20 секунд. Важно, чтобы исследуемый не двигался на протяжении всего измерения, иначе система запишет активность других мышц.

- Остановите измерение и нажмите «ОК» для последующей обработки данных.

## Оценка

После окончания измерения выберите подходящий участок измерения с помощью инструмента  и рассмотрите его. Вы также можете воспользоваться функцией «обзор»  для того, чтобы определить интервалы между регрессивными движениями глаз. Ответьте на следующие вопросы:

1. Опишите и объясните график электроокулографии. Что происходит, когда глаз вращается влево или вправо? Что происходит, когда Вы смотрите прямо и фиксируете взгляд на объекте?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Нарисуйте кривую напряжения движения одного глаза слева направо и наоборот.

3. Проведите свой собственный эксперимент с помощью электрофизиологического сенсорного датчика Собга4 и измерьте движение глаз в нескольких различных повседневных ситуациях. Пусть Ваша тяга к исследованиям даст себе волю! Как будут отличаться движения глаз, например, когда Вы смотрите теннисный матч вживую или по телевизору? Опишите и объясните результаты своих наблюдений.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## Электроокулография (ЭОГ)

Во время электроокулографии (ЭОГ) движения глаз измеряются путем записи потенциальных изменений на поверхности кожи. Между роговицей и сетчаткой существует постоянно действующий потенциал (положительный и отрицательный, соответственно), который называется роговично-сетчаточный потенциал. Во время движения глаз электрические диполи сдвигаются. Происходящие в результате этого изменения измеряются на поверхности кожи с помощью электродов.

В медицине, электроокулография используется, например, для обнаружения нарушений системы баланса или системы движения глаз.

### Наблюдения и результаты измерений

#### Предупреждение

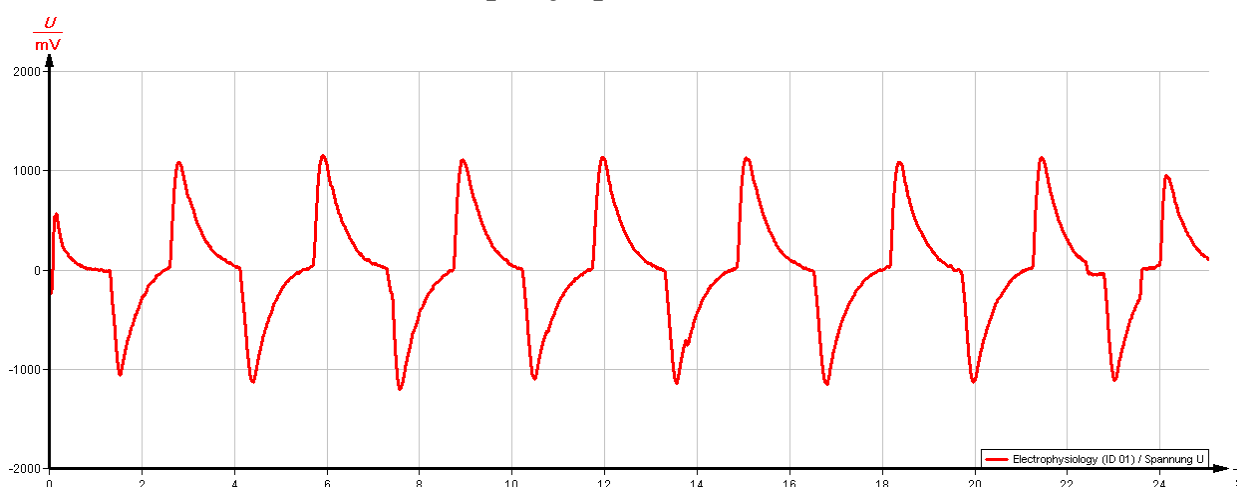


Рис. 3: Электроокулограмма (чередующиеся движения глаз слева направо и наоборот)

Чередующиеся движения глаз не должны продолжаться более 20 секунд. В противном случае, может возникнуть тошнота и рвота. ЭОГ, записанную в школе, не нужно интерпретировать иначе в случае отклонений от примера ЭОГ в иллюстрациях. Нарушения, связанные с системой баланса или системой движения глаз, с уверенностью может диагностировать лишь врач.

#### Примечания, касающиеся выполнения эксперимента

Пожалуйста, убедитесь, чтобы студенты позаботились о том, что во время измерения испытуемый не двигается и находится в состоянии покоя. Даже малейшее движение головы, приведет к электрической активности в ходе эксперимента (артефакт движения).

#### Оценка

1./2. Когда глаза двигаются влево, измеряется положительное напряжение. Когда они двигаются вправо – отрицательное напряжение. Когда тестируемый человек смотрит вперед, напряжение вообще не измеряется. Напряжение увеличивается пропорционально увеличению угла зрения глаз. Максимальное напряжение в положительном и отрицательном диапазоне немного превышает 1000 мВ (в зависимости от

коэффициента усиления измерения и электродов, которые используются (одноразовые электроды, непрерывные электроды)).

### 3. Удобный размер электрофизиологического сенсорного датчика Cobra4

позволяет записывать измерения практически в неограниченном диапазоне для самых различных экспериментов. Многочисленные различные движения глаз, которые отражают требования повседневной жизни, можно смоделировать и проанализировать. Можно протестировать поведение глаз в многих разных ситуациях. Вы и Ваши студенты могут исследовать не только модели движения, но и влияние различных условий освещения или адаптацию глаз к обычным ситуациям движения (когда испытуемый сидит на вращающемся стуле).

## 4. Определение частоты сердечных сокращений

**P1522060**

Электрокардиограмма (ЭКГ) позволяет наблюдать регулярную последовательность сердечных сокращений, а также определить частоту сердечных сокращений путем определения интервала между двумя сердечными сокращениями.

Во втором эксперименте Вы будете измерять частоту сердца испытуемых разного возраста. Затем, Вы сможете подтвердить тот факт, что средняя частота сердечных сокращений в состоянии покоя изменяется с ростом организма.

### Задачи

1. Записать электрокардиограмму своего сердцебиения в состоянии покоя и рассчитать частоту сердечных сокращений в состоянии покоя.

2. В Табл. 2 отображается частота сердечных сокращений людей разных возрастных групп. Опишите зависимость частоты сердечных сокращений от возраста и сравните частоту сердечных сокращений со своей собственной в состоянии покоя.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600.00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601.00
1	Электрофизиологический сенсорный датчик Cobra4	12673.00
1	Экранированные провода для электрофизиологии, разноцветные, 3/уп.	12673.01
1	Электроды для сенсорных датчиков ЭКГ, 100/уп.	12559.01
1	Зубчатые зажимы для электродов, 3/уп.	12673.02
1	Программное обеспечение «Cobra4» - для 1 пользователя, лицензированное школой	14550.61

### Дополнительное оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB портом, версией Программного обеспечения Windows XP или более новой версией	



Рис. 1: Процесс измерения

### Установка

- Для исследования потребуется как минимум два человека, где к одному прикрепляются электроды, а другой работает на компьютере.
- Прикрепите к одному из участников эксперимента по одному электроду липкой поверхностью на внутреннюю сторону правого и левого запястья, а также на левую лодыжку. Исследуемый, к которому прикреплены электроды, должен сидеть в расслабленном положении или лежать, поскольку ЧСС желательно измерять в состоянии покоя.
- Подключите цветные провода с зубчатыми зажимами к электродам: красный - к электроду на правом запястье, желтый - к электроду на левом запястье и зеленый - к электроду на левой лодыжке.
- Затем подключите провода от электродов к электрофизиологическому сенсорному датчику Cobra4. Воткните красный штекер в разъем, обозначенный знаком «+», желтый – в разъем со знаком «-», и зеленый - в разъем с надписью (Ref).

### Ход работы

- Включите компьютер и загрузите Windows.
- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB порту компьютера.
- Прикрепите прибор Cobra4 с беспроводной связью к электрофизиологическому датчику и включите его.
- Запустите ПО «Измерение Cobra4». Инструмент для измерений будет определен автоматически.

- Откройте эксперимент "Определение частоты сердечных сокращений" (в меню Эксперимент > Открыть эксперимент). Теперь программное обеспечение будет загружать все необходимые предварительные настройки для записи измерений. Другая опция - выбрать тип измерения "ЭКГ". Дважды щелкните "Напряжение U" в окне навигатора и выберите вкладку "Конфигурация" (см. Рис. 2) для того, чтобы открыть соответствующее окно канала измерения.

- Дайте испытуемому достаточное количество времени для того, чтобы ЧСС достигла состояния покоя.

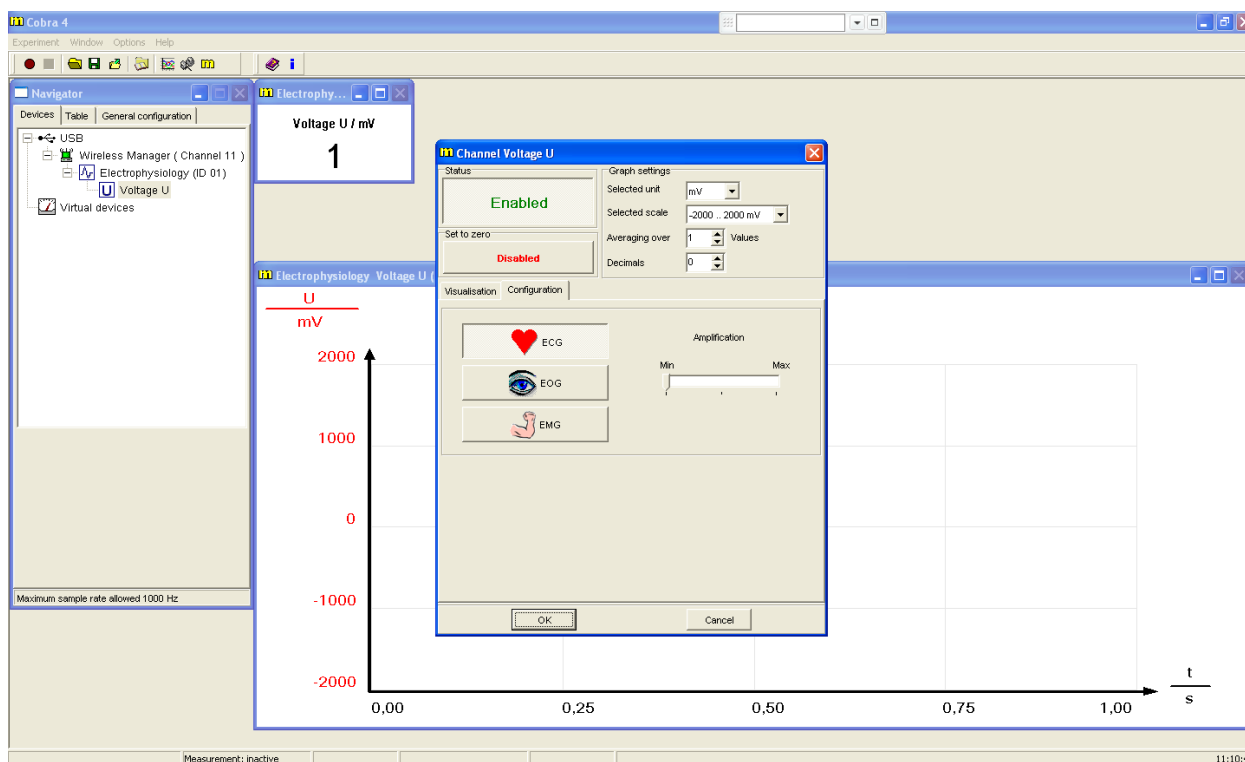


Рис. 2: Окно выбора для измерения ЧСС (режим ЭКГ)

- Начните записывать данные измерения, нажав (●), только когда уровень напряжения выровняется (Рис. 3). Важно, чтобы исследуемый не двигался на протяжении всего измерения, иначе система запишет активность других мышц.

- Проводите измерение не меньше 10 секунд. В результате вы получите более точное значение ЧСС путем усреднения нескольких измерений.

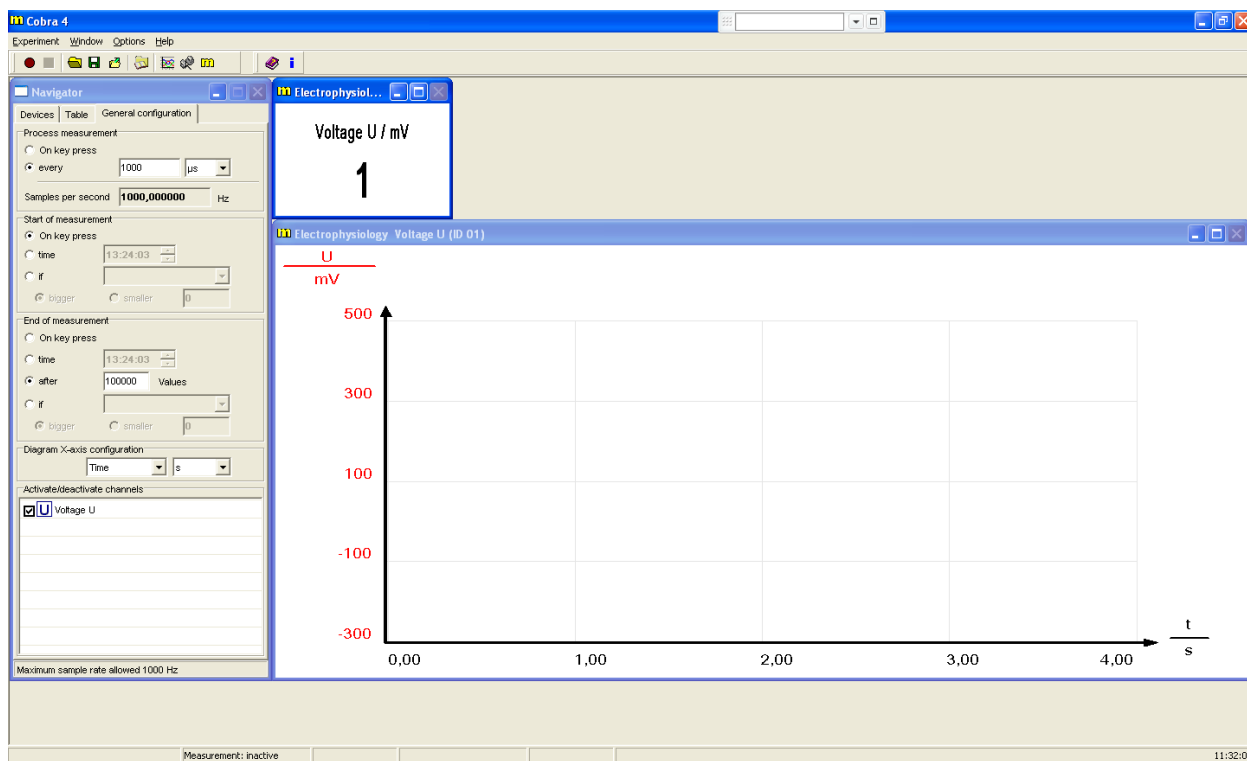


Рис. 3: Окно измерения перед измерением

- Остановите измерение и нажмите "ОК" для последующей обработки данных (Рис. 4).

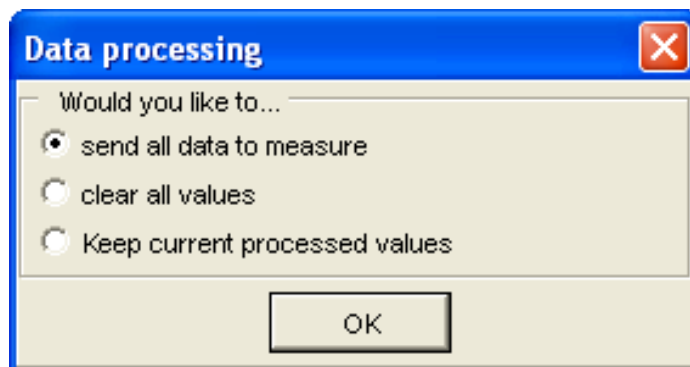


Рис. 4: Окно выбора, которое появляется после завершения измерения

## Наблюдения и результаты измерений

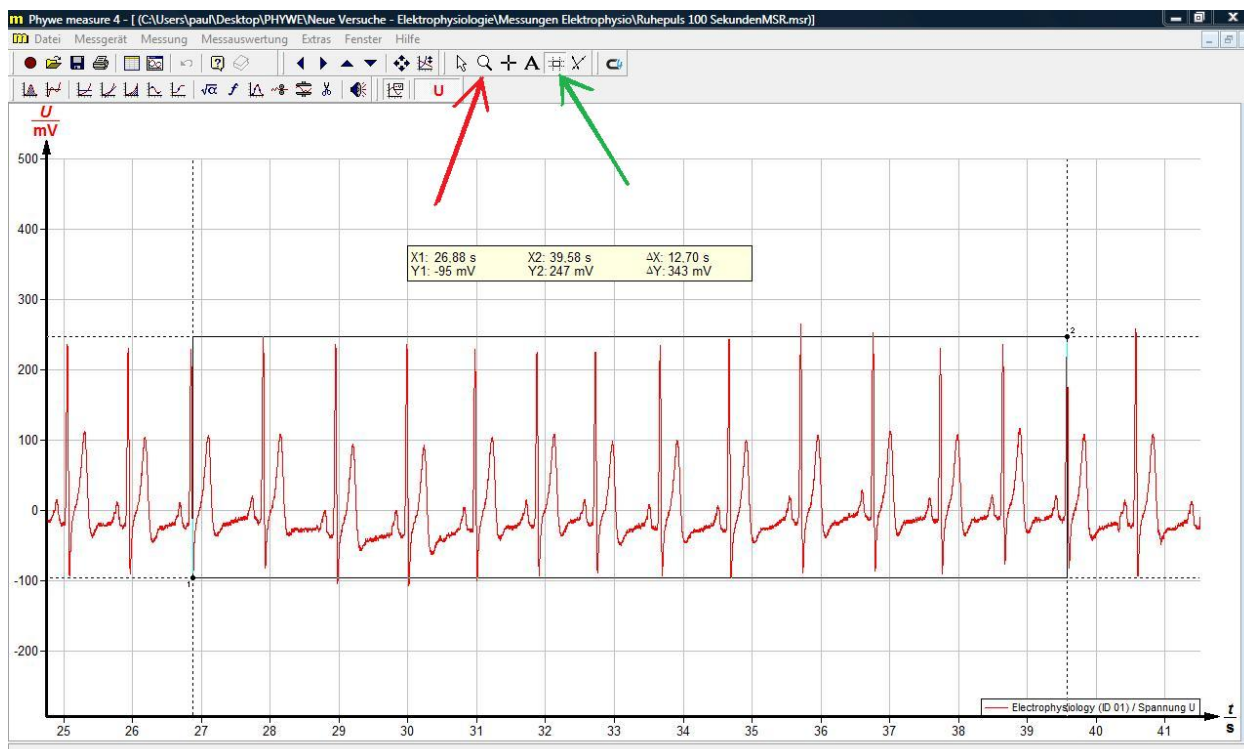


Рис. 5: Определение ЧСС с помощью «измерения Собра4». Функцию «Увеличение» (красную стрелочку) можно использовать для того, чтобы выбрать подходящий участок измерения, который можно оценить с помощью функции «обзор» (зеленой стрелочки).

Возраст	Среднее значение ЧСС в спокойном состоянии, в мин
Новорожденный	120-140
10-летний ребенок	80-100
Взрослый	60-80

Таблица 1. Зависимость между возрастом и средним показателем ЧСС в спокойном состоянии

## Оценка

После завершения процесса измерения выберите подходящий участок измерения (сравните Рис. 5). Для того чтобы избежать изменения ЧСС между отдельными ударами сердца, усредните более 10 сердечных сокращений. Затем, ответьте на следующие вопросы:

1. Какова частота сердечных сокращений в состоянии покоя в течение минуты? Каков интервал между сердечными сокращениями?

Средний интервал между двумя сердечными сокращениями в секундах:

.....

ЧСС в состоянии покоя (ударов/мин):

.....

2. Определите изменчивость ЧСС для 10 последовательных сердечных сокращений и запишите минимальное и максимальное значение:

Наименьший интервал между двумя сокращениями (с):

.....

Наибольший интервал между двумя сокращениями (с):

.....

3. В Табл. 1 показана зависимость между возрастом и средним значением ЧСС. Сравните Ваш показатель ЧСС в спокойном состоянии со значениями в таблице и запишите свои предположения относительно того, как изменяется сердечная активность в зависимости от возраста.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## Частота сердечных сокращений (ЧСС)

Соотношение между возрастом и средней частотой сердечных сокращений в минуту в состоянии покоя в Таблице 1 является лишь обобщенным примером. Вывод о том, что ЧСС с возрастом продолжает уменьшаться, является неверным.

С одной стороны, ЧСС в состоянии покоя зависит от размера тела человека. Относительно небольшое сердце (например, младенца) должно биться чаще для того, чтобы перекачивать такое же количество крови через сердечнососудистую систему. Однако, с другой стороны, сердечную мышцу можно натренировать. Если у человека достаточно большая и сильная сердечная мышца (например, выносливый спортсмен), то сердце должно сокращаться реже для того, чтобы поддерживать стабильность системы кровообращения.

Вот почему ЧСС выносливых спортсменов, как правило, является более низкой, в отличие от нетренированных людей. ЧСС от 30 до 35 ударов в минуту вполне возможна.

Взаимосвязь между размером тела и средней ЧСС можно продемонстрировать впечатляющим образом, используя пример из зоологии: в среднем, ЧСС мыши 600 раз в минуту, в то время как ЧСС слона составляет от 15 до 30 ударов в минуту.

Изменчивость ЧСС является признаком различных механизмов регуляции тела, которые необходимы для поддержания стабильности сердечнососудистой системы.

### Предупреждение

ЭМГ, записанную в школе, не нужно интерпретировать иначе в случае отклонений от примера ЭМГ в иллюстрациях. Нарушения кровообращения и повреждения сердечной мышцы с уверенностью может диагностировать лишь врач.

### Примечания, касающиеся выполнения эксперимента

Пожалуйста, убедитесь, чтобы студенты позаботились о том, что во время измерения испытуемый не двигается и находится в состоянии покоя. Даже малейшее движение, например, поднятие руки, приведет к активности сердечной мышцы в ходе измерения.

### Оценка

1. В состоянии покоя ЧСС здорового, нетренированного человека составляет от 50 до 80 ударов в минуту. Это соответствует интервалу от 1,2 до 0,8 секунд между двумя сердечными сокращениями.

2. Когда студенты будут фиксировать самый короткий и самый длинный интервал между двумя сердечными сокращениями, они смогут увидеть, что даже в состоянии покоя сердце бьется е совсем регулярно.

3. Тенденция, при которой ЧСС с возрастом уменьшается до достижения человеком зрелого возраста, зависит от роста тела. Когда человек взрослеет, сердечная мышца растет и становится более мощной относительно массы всего тела. Вот почему средняя ЧСС уменьшается в состоянии покоя.

## 5. Исследование физической подготовки

**P1522160**

Электрокардиограмма (ЭКГ) может записывать сумму электрических деятельностей всех мышечных волокон сердца. При нагрузке сердечная активность повышается для того, чтобы поддерживать стабильность сердечнососудистой системы. Сокращение сердца невозможно самостоятельно контролировать. Этот эксперимент дает возможность изучить, как физическая нагрузка влияет на соответствующую деятельность сердца.

### Задачи

1. Записать ЭКГ при переходе из состояния покоя в состояние нагрузки (20 приседаний).
2. Записать ЭКГ при переходе из состояния нагрузки в состояние покоя и рассчитать время, которое потребуется для того, чтобы частота сердечных сокращений в состоянии покоя снова была достигнута.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600.00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601.00
1	Электрофизиологический сенсорный датчик Cobra4	12673.00
1	Экранированные провода для электрофизиологии, разноцветные, 3/уп.	12673.01
1	Электроды для сенсорных датчиков ЭКГ, 100/уп.	12559.01
1	Зубчатые зажимы для электродов, 3/уп.	12673.02
1	Программное обеспечение «Cobra4» - для 1 пользователя, лицензированное школой	14550.61

### Дополнительное оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB портом, версией Программного обеспечения Windows XP или более новой версией	



Рис. 1: Процесс измерения

### Установка

- Для исследования потребуется как минимум два человека, где к одному прикрепляются электроды, а другой работает на компьютере.

- Прикрепите к одному из участников эксперимента по одному электроду липкой поверхностью на внутреннюю сторону правого и левого запястья, а также на левую лодыжку. Исследуемый, к которому прикреплены электроды, должен сидеть в расслабленном положении или лежать.

- Подключите цветные провода с зубчатыми зажимами к электродам: красный - к электроду на правом запястье, желтый - к электроду на левом запястье и зеленый - к электроду на левой лодыжке.

- Затем подключите провода от электродов к электрофизиологическому сенсорному датчику Cobra4. Воткните красный штекер в разъем, обозначенный знаком «+», желтый – в разъем со знаком «-», и зеленый - в разъем с надписью (Ref).

### Ход работы

- Включите компьютер и загрузите Windows.

- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB порту компьютера.

- Прикрепите прибор Cobra4 с беспроводной связью к электрофизиологическому датчику и включите его.

- Запустите ПО «Измерение Cobra4». Инструмент для измерений будет определен автоматически.

- Откройте эксперимент "Исследование физической подготовки" (в меню Эксперимент > Открыть эксперимент). Теперь программное обеспечение будет загружать все необходимые

предварительные настройки для записи измерений. Другая опция - выбрать тип измерения "ЭКГ". Дважды щелкните "Напряжение U" в окне навигатора и выберите вкладку "Конфигурация" (см. Рис. 2) для того, чтобы открыть соответствующее окно канала измерения.

- Измерение 1: Начните записывать данные измерения, нажав (●) только когда уровень напряжения выровняется. Через 20 секунд после начала измерения испытуемый делает упражнения (например, 20 приседаний). Затем испытуемому необходимо снова отдохнуть (посидеть на стуле).

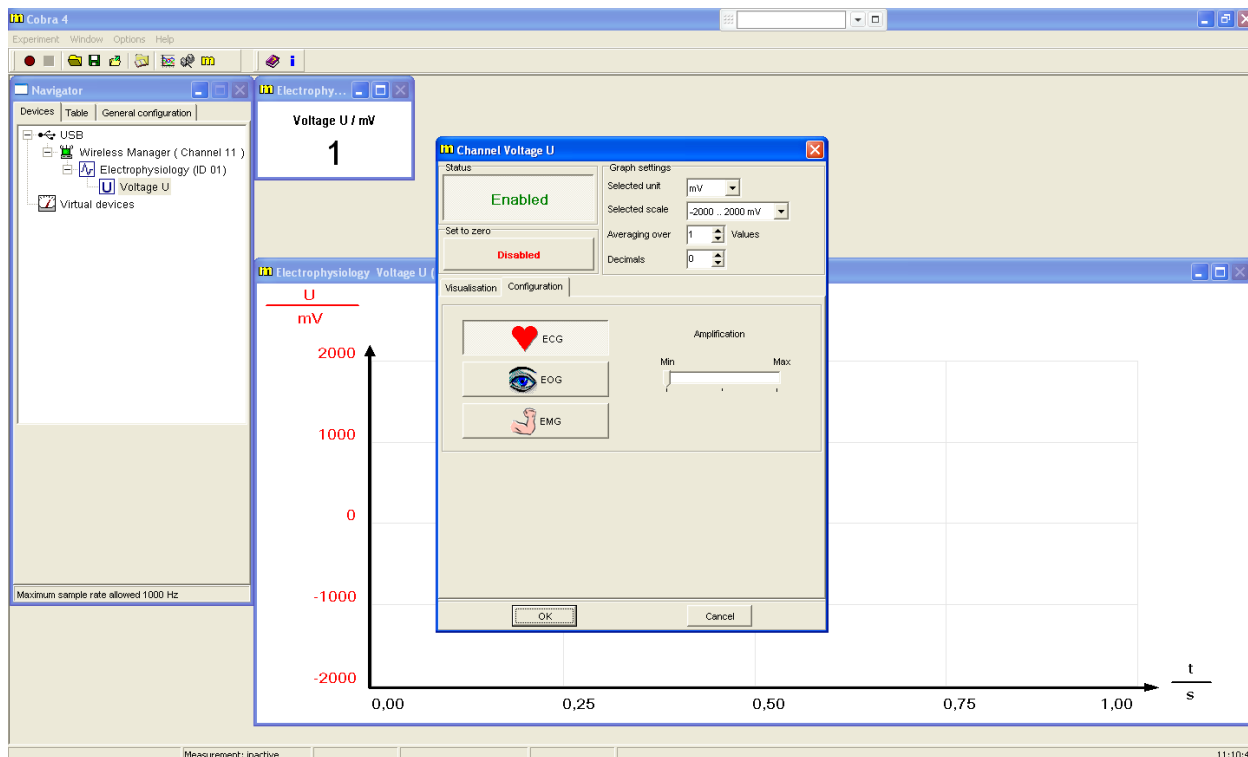


Рис. 2: Окно выбора для измерения ЭКГ

- После того как данные измерения были записаны нажмите «Отправить все данные для измерения» (Рис. 3) и сохраните измерение.

- Вернитесь к программе «измерение Cobra4», нажав кнопку (☺) и начните второе измерение (измерение 2).

- Измерение 2: Установите продолжительность измерения данных 300 секунд (на панели «Управление» во вкладке «Основные настройки» и «Закончить измерение после», введите значение 300000). Начните запись измерения данных сразу после того, как испытуемый закончит делать 20 приседаний и сядет на стул.

- После завершения измерения нажмите «ОК» для дальнейшей обработки данных (Рис. 3).

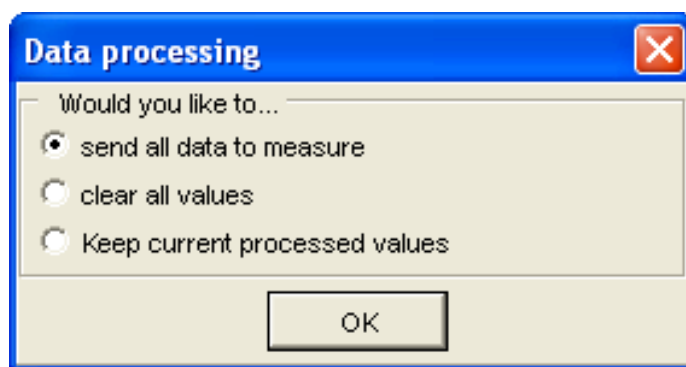


Рис. 3: Окно выбора, появляющееся после завершения измерения

### Наблюдения и результаты оценки

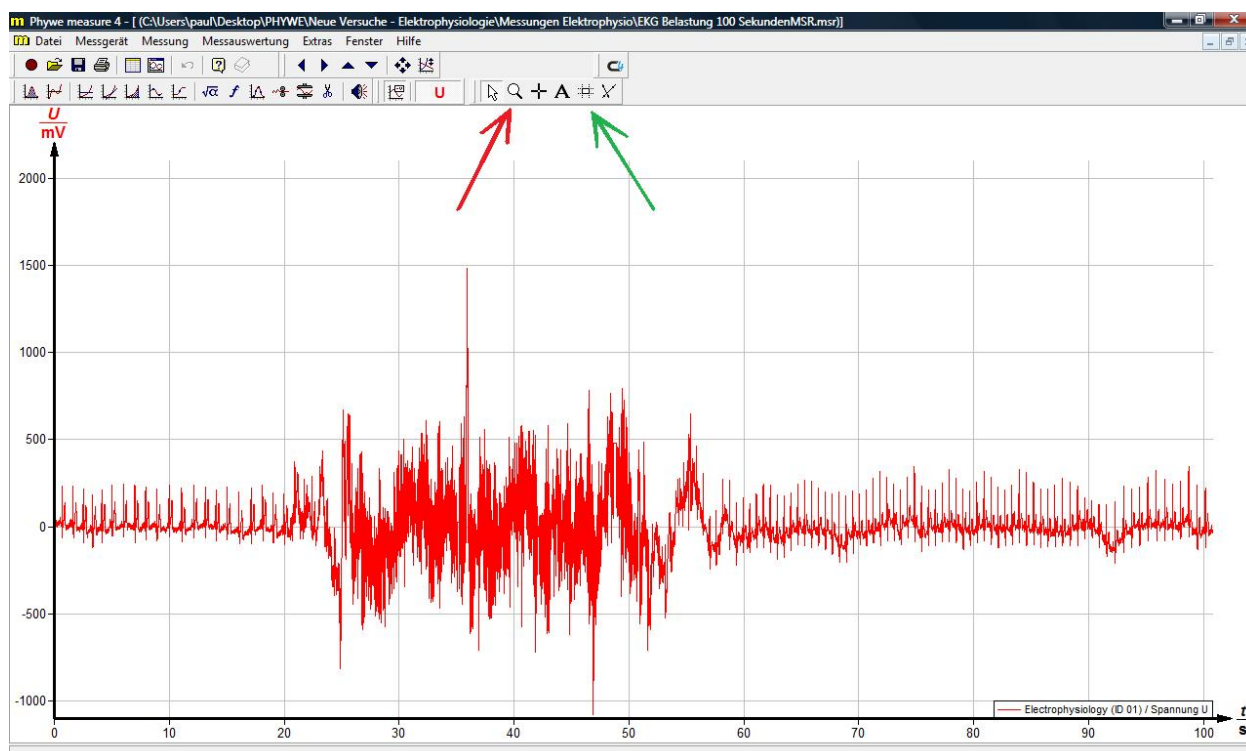


Рис. 4: ЭКГ при нагрузке 20 приседаний

### Оценка

Используйте функцию "Увеличить" (красную стрелочку) для того, чтобы выбрать нужные разделы измерения и оценить их. Клавиша "Обзор" (зеленая стрелочка) частично подходит для этой цели (сравните Рис. 4). Проанализируйте разделы ЭКГ и ответьте на следующие вопросы:

1. Измерение 1: Какова длительность интервала между сокращениями сердца? Какова ЧСС в состоянии покоя в уд/мин?

Интервал между двумя сокращениями сердца (с)

.....

ЧСС в состоянии покоя (уд/мин)

.....

2. Измерение 2: Как изменяется работа сердца под нагрузкой по сравнению с работой сердца в состоянии покоя? Определите среднее количество сердечных сокращений в минуту под нагрузкой и рассчитайте, насколько увеличилась частота сердечных сокращений? Рассчитайте частоту сердечных сокращений путем усреднения длинного участка ЭКГ от 10 до 15 секунд после физической нагрузки.

ЧСС сразу же после нагрузки (уд/мин).....

Разница между ЧСС в состоянии покоя и ЧСС сразу же после нагрузки (уд/мин)

.....

3. Измерение 2: Как быстро изменяется работа сердца после прекращения физической нагрузки? Рассчитайте время, которое необходимо для того, чтобы ЧСС в состоянии покоя вновь была достигнута. Для этого посмотрите на три раздела ЭКГ и определите ЧСС: а) непосредственно после выполнения физической нагрузки, б) через 100 секунд, и в) через 250 секунд.

ЧСС непосредственно после выполнения физической нагрузки (уд/мин).....

ЧСС через 100 секунд после выполнения физической нагрузки (уд/мин).....

ЧСС через 250 секунд после выполнения физической нагрузки (уд/мин).....

Приблизительное время восстановления (с).....

4. Посмотрите на измерения, касающиеся уровня восстановления сердечных мышц двух человек Марк и Тима, которые представлены в Таблице 1. Они оба примерно одного возраста и роста. Какие факторы могли вызвать различия в результатах измерения?

ЧСС (уд/мин)	Марк	Тим
В состоянии покоя	62	68
Непосредственно после нагрузки	106	128
Через 100 секунд после нагрузки	83	99
Через 250 секунд после нагрузки	64	78

Таблица 2: Сравнение уровня восстановления сердечных мышц после физической нагрузки

.....

.....

.....

.....

.....

5. Насколько быстро физическая нагрузка воздействует на сердечную деятельность?  
Почему для сердца так важно быстро реагировать на физические нагрузки?

.....

.....

.....

.....

.....

## Сердце после нагрузки

Как и мышцы скелета, сердечная мышца относится к группе полосатых мышц, хотя, в отличие от скелетных мышц, ей невозможно управлять по собственному желанию. Электрокардиограмма визуализирует ход электрического возбуждения в разных фазах сердечного цикла. Частота сердечных сокращений при физической нагрузке увеличивается для того, чтобы поддерживать стабильность сердечнососудистой системы.

С одной стороны, ЧСС в состоянии покоя зависит от размера тела человека. Относительно небольшое сердце (например, младенца) должно биться чаще для того, чтобы перекачивать такое же количество крови через сердечнососудистую систему. Однако, с другой стороны, сердечную мышцу можно натренировать. Если у человека достаточно большая и сильная сердечная мышца (например, выносливый спортсмен), то сердце должно сокращаться реже для того, чтобы поддерживать стабильность системы кровообращения.

Вот почему ЧСС выносливых спортсменов, как правило, является более низкой, в отличие от нетренированных людей. ЧСС от 30 до 35 ударов в минуту вполне возможна.

### Предупреждение

Пожалуйста, обращайте внимание на физическую подготовку Ваших студентов перед выполнением упражнений!

ЭМГ, записанную в школе, не нужно интерпретировать иначе в случае отклонений от примера ЭМГ в иллюстрациях. Нарушения кровообращения и повреждения сердечной мышцы с уверенностью может диагностировать лишь врач.

### Примечания, касающиеся выполнения эксперимента

Пожалуйста, убедитесь, чтобы студенты позаботились о том, что во время измерения испытуемый не двигается и находится в состоянии покоя. Даже малейшее движение, например, поднятие руки, приведет к активности сердечной мышцы в ходе измерения.

### Оценка

1. В состоянии покоя ЧСС здорового, нетренированного человека составляет от 50 до 80 ударов в минуту. Это соответствует интервалу от 1,2 до 0,8 секунд между двумя сердечными сокращениями.

2. ЧСС после физической нагрузки в основном зависит от уровня подготовки тестируемого человека. Более старшие испытуемые имеют более низкую максимальную ЧСС (практическое правило: женщины: 226 минус возраст; мужчины: 220 минус возраст).

3. ЧСС должна непрерывно уменьшаться. Время восстановления зависит от уровня физической подготовки соответствующего испытуемого.

4. Приведенный пример позволяет выдвинуть предположение относительно физической подготовки двух людей. У Марка более низкая ЧСС в состоянии покоя, и его сердечные мышцы восстанавливаются быстрее после физической нагрузки. Это указывает на более высокий уровень физической подготовки Марка. Можно предположить, что из-за постоянных тренировок его тело (следовательно, и сердечные мышцы) лучше реагирует на физическую нагрузку, чем тело Тима.



5. Сердце быстрее реагирует на физическую нагрузку (т.е., в течение нескольких секунд) за счет увеличения ЧСС и повышения кровяного давления.

## 6. Исследование скорости чтения

**P1522260**

С помощью этого эксперимента Вы сможете определить свою скорость чтения. Скорость чтения любого человека можно натренировать. Скорость чтения очень важна для соответствующей обработки всех видов текстов. Вы сможете с точностью изучить движение своих глаз во время измерения.

### Задача

Прочитать несколько строк текста и просмотреть результаты измерения. Это даст Вам возможность изучить движение Ваших глаз. (Кроме того, у Вас будет возможность увидеть, что Ваше поведение во время чтения отличается, когда Вы читаете простые или более сложные тексты).

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600.00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601.00
1	Электрофизиологический сенсорный датчик Cobra4	12673.00
1	Экранированные провода для электрофизиологии, разноцветные, 3/уп.	12673.01
1	Электроды для сенсорных датчиков ЭКГ, 100/уп.	12559.01
1	Зубчатые зажимы для электродов, 3/уп.	12673.02
1	Программное обеспечение «Cobra4» - для 1 пользователя, лицензированное школой	14550.61

### Дополнительное оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB портом, версией Программного обеспечения Windows XP или более новой версией	
1	Тексты разного уровня сложности (формата А4 или формата письма)	



Рис. 1: Процесс измерения

### Установка

- Для исследования потребуется как минимум два человека, где к одному прикрепляются электроды, а другой работает на компьютере.
- Прикрепите три электрода к лицу, как показано на Рис. 2.



Рис. 2: Прикрепление электродов вокруг глаз

- Теперь, подключите цветные провода с зубчатыми зажимами к электродам: желтый зубчатый зажим - к электроду на лбу, над носом. Пожалуйста, помните о том, что кожа на лице склонна к жирности, особенно на лбу. Для того чтобы обеспечить надежное прикрепление электродов к коже, необходимо умыться с мылом, либо протереть кожу платком. Если провод нарушает зрительный процесс тестируемого человека, можно убрать

провод за ухо. Подключите красный зубчатый зажим к электроду рядом с правым глазом, а зеленый – к электроду рядом с левым глазом.

- Теперь Вы можете подключить провода электрода к электрофизиологическому сенсорному датчику Cobra4. Воткните красный штекер в разъем, обозначенный знаком «+», желтый – в разъем со знаком «-», и зеленый – в разъем с надписью (Ref).

### Ход работы

- Включите персональный компьютер и загрузите Windows.

- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB порту компьютера.

- Прикрепите прибор Cobra4 с беспроводной связью к электрофизиологическому датчику и включите его.

- Запустите ПО «Измерение Cobra4». Инструмент для измерений будет определен автоматически.

- Откройте эксперимент "Исследование скорости чтения" (в меню Эксперимент > Открыть эксперимент). Теперь программное обеспечение будет загружать все необходимые предварительные настройки для записи измерений. Другая опция - выбрать тип измерения "ЭОГ". Дважды щелкните "Напряжение U" в окне навигатора и выберите вкладку "Конфигурация" (см. Рис. 2) для того, чтобы открыть соответствующее окно канала измерения.

- Исследуемый должен сидеть на стуле в расслабленном состоянии.

- Начните записывать данные измерения, нажав ●.



- Теперь испытуемый должен прочитать про себя (и не шевеля губами) несколько строк текста, который раздал учитель.

- Измерьте активность глаз перед тем, как испытуемый прочитает несколько строк.

Очень важно находиться в неподвижном положении в ходе всего эксперимента.

- Остановите измерение и нажмите «ОК» для последующей обработки данных.

## Оценка

После окончания измерения выберите подходящий участок измерения с помощью инструмента  и рассмотрите его. Вы также можете воспользоваться функцией «обзор»  для того, чтобы определить так называемые саккады (быстрые изменения во взгляде) и регрессивные движения глаз во время перехода на другую строку. Ответьте на следующие вопросы:

1. Нарисуйте кривую электрической активности движений глаз во время чтения строки. Определите и отметьте следующие элементы на рисунке: точки фиксации, саккады и регрессивные движения.

2. Опишите и интерпретируйте кривую. Сколько "маленьких" саккад в среднем делают глаза во время чтения строки? Сколько строк Вы можете прочесть в среднем за минуту?

.....

.....

.....

.....

.....

3. Можете ли Вы прочесть данный текст? Если да, то Вы наверняка поймете, почему опытный читатель читает быстрее, чем неопытный?

**Я не мог пверить, что я на смоам длее сомг пчироатть то, что я поритчал: ялевине слиы члоечевекского мшылнеия. По мениню илссодваельтксой кмноадны Кбремджиоского уревинсиетта, не иеemt зченания в кокам прядоке бвкуы рпоаслонежы в солве, ествединання вжаная вещь зкюетачася в том, чботы певаря и пследояня бвкуы в своле нхолидиась на севом мтсее. Все отальсные бквуы мгуот нхотьдиася не на соевм мстее, и Вы все рвано смжеоте с лкоегтсью пчитароть совло.**

Это психическое явление потому что человек воспринимает не каждую букву по отдельности, а воспринимает все слово целиком. Такой феномен называется Типографическая иллюзия. Увидеть это, не так ли? Да уж, а Вы всегда думали, что правильное написание слова играет большую роль.

## Исследование навыков чтения

Скорость чтения является важнейшим фактором навыков чтения, т.е. способности свободно читать и понимать отдельные слова, предложения и целые тексты. Скорость чтения каждого человека, прежде всего, зависит от сложности читаемого текста, а также от опыта читателя. Что касается детей и подростков, скорость чтения, как правило, увеличивается с возрастом. Среднестатистический ученик третьего класса способен прочесть около 100 слов относительно простого текста за минуту (с большим количеством слов, которые ребенок уже знает). С другой стороны, подготовленный читатель в среднем может прочесть 250 (или даже намного больше) слов за минуту.

Движения глаз измеряются путем записи потенциальных изменений на поверхности кожи (сравните эксперимент по электроокулографии). Это возможно потому, что между роговицей и сетчаткой есть стоящий потенциал (положительный и отрицательный, соответственно). Во время движения глаз электрические диполи сдвигаются. Происходящие в результате этого изменения измеряются на поверхности кожи с помощью электродов.

### Предупреждение

ЭОГ, записанную в школе, не нужно интерпретировать иначе в случае отклонений от примера ЭОГ в иллюстрациях. Дефицит чтения или нарушения, связанные с системой движения глаз, с уверенностью может диагностировать лишь врач.

### Примечания, касающиеся выполнения эксперимента

Пожалуйста, убедитесь, чтобы студенты позаботились о том, что во время измерения испытуемый не двигается и находится в состоянии покоя. Даже малейшее движение головы, приведет к электрической активности в ходе эксперимента (артефакт движения).

Во время измерения испытуемый должен читать про себя, поскольку в этом случае скорость чтения обычно ниже, чем скорость чтения вслух (или при движении губами). Только в том случае, если все ученики выполнили измерение в одинаковых условиях, можно сравнивать результаты.

Вы можете раздать несколько разных текстов своим ученикам, желательно на листе формата А4 (или на листе формата письма). Одним из проверенных способов является сравнение простого текста из школьного учебника со специализированным текстом из Википедии, например, связанного с темой "потенциал покоя". Или можно сравнить текст на родном языке с текстом на иностранном языке.

### Оценка

Во время чтения строки быстрые горизонтальные движения глаз (так называемые, саккады, около 5-8 на каждой строке) чередуются с короткими периодами фиксации. Во время этих периодов фиксации движения глаз на короткое время прекращаются, за это время воспринимается сразу несколько слов (в основном от 1 до 3). Интервал между регрессивными саккадами, которые наблюдаются во время перехода с одной строки на другую, зависит от длины строки, а также от личных скорости чтения.

Интервал между ("маленькими") саккадами указывает на то, как долго испытуемый справлялся с трудным словом или воспринимал несколько слов. У неподготовленных читателей интервалы между саккадами длиннее, чем у подготовленных. Это означает, что им необходимо больше времени для восприятия раздела текста.

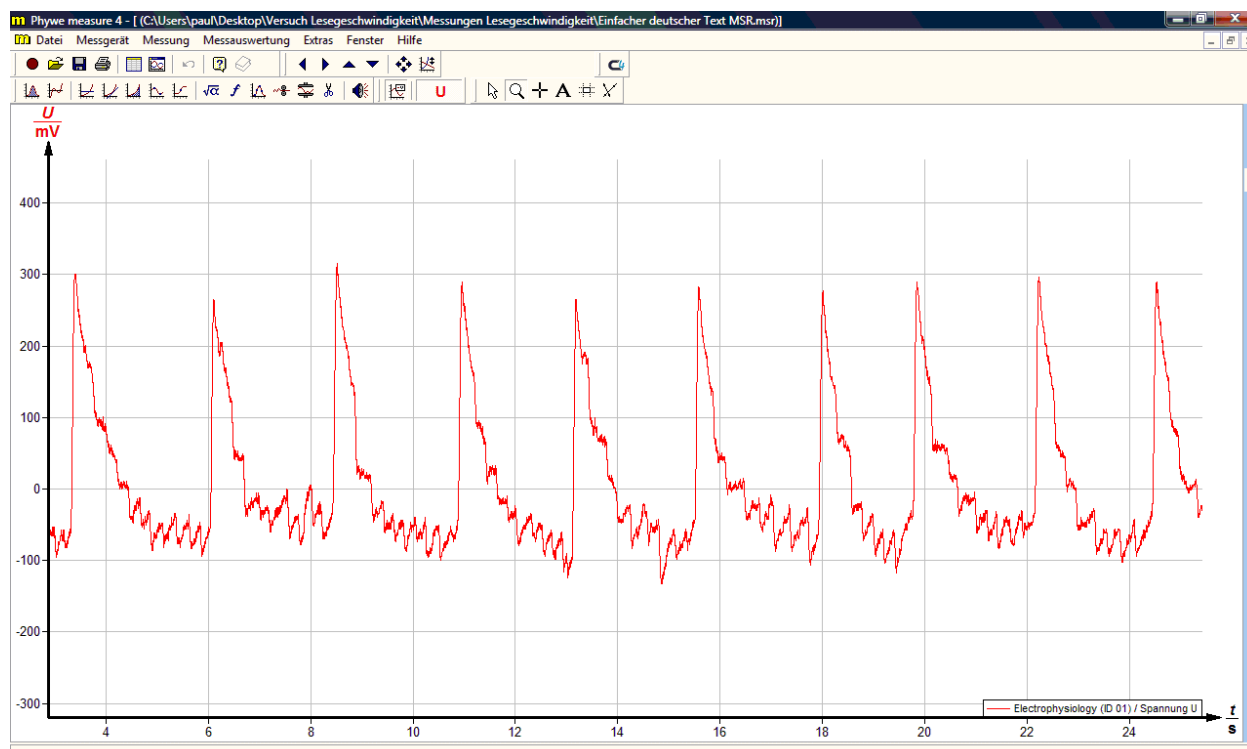


Рис. 3: Типичный результат измерения подготовленного читателя во время чтения простого текста

1./2. В примере (Рис. 3) в среднем можно увидеть от 5 до 8 саккад. Саккада характеризуется быстрым снижением напряжения (в примере, от 50 до 130 мВ в течение приблизительно 0,05 секунды). Точки фиксации обозначаются небольшим увеличением напряжения в течение приблизительно 0,2 секунды. Регрессивные движения глаз (переход с одной строки на другую) характеризуются большими перепадами напряжения более 300 мВ. Скорость чтения на Рис. 3 соответствует подготовленному взрослому читателю, который читает легкий текст, включающий в себя знакомые слова. В примере на чтение строки уходит около двух секунд.

3. Текст, представленный здесь, ходит по Интернету уже в течение нескольких лет и приписывается нескольким различным источникам. С точки зрения его содержания текст описывает явление, при котором в ходе увеличения опыта чтения человеческий мозг начинает воспринимать слова в целом, а не отдельные буквы. Это явление было впервые открыто в 1976 году Грэмом Роулинсоном в Ноттингемском университете, в Англии. Веб-сайт для преобразования собственных текстов: [www.typoglycemia-translator.com](http://www.typoglycemia-translator.com).



# ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

## 7. Проверка реакции человека

**P4070400**

### Понятия, относящиеся к теме

Мощность реакции, стробоскопический барабан, контур регулирования, обратная реакция, время задержки, последующее время, пороговая частота

### Принцип работы и Задача

Измерение времени задержки в ходе проведения теста на реакции. Анализ переходной характеристики. Определение пороговой частоты для раздражителей. Исследование влияния шума и алкоголя на мощность реакции.

Испытуемый должен следовать по прямоугольной кривой на медленно вращающемся барабане, используя фломастер, вставленный в щель.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Стробоскопический барабан	65976.00
1	Листы для теста на реакцию, набор из 20 шт.	65976.02
1	Двигатель с держателем диска, 12 В	11614.00
1	Источник питания 0...12 В, 2 А	13505.93
1	Соединительный шнур, 32 А, l = 750 мм, красный	07362.01
1	Соединительный шнур, 32 А, l = 750 мм, синий	07362.04
1	Поддерживающая основа, регулируемая	02001.00
1	Катушка	02062.00
2	Прямоугольный зажим (перекрестный зажим)	02043.00
1	Поддерживающий стержень, l = 250 мм, из нержавеющей стали	02031.00
2	Поддерживающий стержень, l = 500 мм, из нержавеющей стали	02032.00
	Фломастер	
	Клейкая лента (прозрачная)	

## Установка

- Стробоскопический барабан необходимо закрепить в одном из отверстий поддерживающей основы, а со стороны основания необходимо вставить 500 мм поддерживающие стержни (Рис. 1).

- 250 мм поддерживающий стержень необходимо закрепить во втором отверстии поддерживающей основы. Затем, с помощью прямоугольного зажима к этому поддерживающему стержню необходимо прикрепить двигатель таким образом, чтобы приводной ременной шкив двигателя и основа стробоскопического барабана располагались на одном уровне.

- Приводной ремень необходимо установить и натянуть. Для того чтобы сохранить фиксированное расстояние между двигателем и барабаном, поддерживающие стержни, вставленные со стороны поддерживающей основы, необходимо надежно закрепить с помощью желтых рычагов.

- Катушку необходимо прикрепить к одному из 500 мм стержней с помощью прямоугольного зажима (регулировочный винт катушки смотрит внутрь). Экран необходимо закрепить так, чтобы щель была точно вертикальной и, экран не касался приводного ремня. Лист бумаги с прямоугольными кривыми (с амплитудой 3 см, 10 скачков/мин) необходимо прикрепить к внешней стороне барабана с помощью прозрачной клейкой ленты.

- Двигатель необходимо подключить к выходу постоянного тока источника питания с помощью соединительных шнуров. Напряжение регулируется таким образом, чтобы барабан совершал 3 оборота в минуту ( $= 3 \text{ м/мин} = 5 \text{ см/сек}$ ).

Рис. 1: Экспериментальная установка



## Ход работы

- Испытуемый должен сначала следовать по верхней прямоугольной кривой, используя фломастер, сквозь щель для того, чтобы совершить полный поворот (10 скачков). Фломастер необходимо нажимать на бумаге лишь слегка для того, чтобы избежать замедления вращения барабана. После каждого скачка кривой испытуемый должен пытаться занять новое положение как можно быстрее, даже если это продлит переходный этап.

- Скорость вращения барабана необходимо постепенно увеличивать (10 см/с, 15 см/с, 20 см/с), а новая прямоугольная кривая должна совершать один оборот на каждом этапе. Эксперимент останавливается тогда, когда скорость становится настолько высокой, что кривые уже невозможно отслеживать.

- Эксперимент можно повторить с тем же испытуемым в других окружающих условиях (например, шум) или после употребления алкоголя.

## Результаты и Оценка

Как и во многих технических процессах, в ходе многих биологических функций выходные значения оказывают обратное влияние на входные значения. Вместе со многими мешающими воздействиями это оказывает влияние на биологические системы. Обратная реакция (контур регулирования) этого типа обеспечивает установление равновесия. Компоненты биологического контура регулирования (рецепторы, нейроны, синапсы, эффекторы) требуют определенного времени для передачи сигнала. Это время между началом возбуждения (раздражения) и реакция, которую оно вызывает, называется время задержки. Только после истечения этого времени задержки система более или менее быстро выходит из состояния старого равновесия, занимая положение нового равновесия. Если это положение равновесия не достигается при следующем возбуждении, то система больше не в состоянии компенсировать действие этого возбуждения: пороговая частота для эффекта возбуждения превышена. Кривая, аналогичная данной, изображена на Рис. 2.

- Для того чтобы рассчитать время задержки, измеряется перемещение (в см) между скачками на кривой и на местах, где кривая, изображенная испытуемым, перемещается вверх и вниз. Перемещение, разделенное на скорость вращения барабана (в см/с), выражает время задержки в секундах.

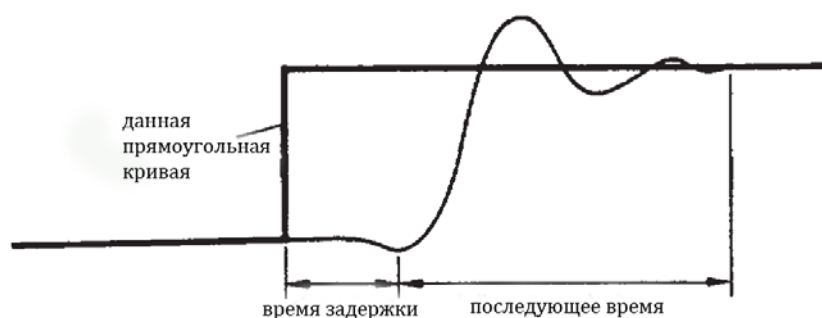
- Для того чтобы рассчитать последующее время, измеряется расстояние между окончанием времени задержки и местом, на котором линия, изображенная испытуемым, снова становится прямой. Как и в случае с временем задержки, расстояние разделяется на скорость вращения барабана.

- Среднее значение времени задержки рассчитывается исходя из 10 измерений для каждой скорости. Это среднее значение представляет собой время реакции для скорости, о которой идет речь. В зависимости от состояния испытуемого (расположения духа, употребления алкоголя, возраста и т.д.) и в зависимости от условий эксперимента (шума и т.д.) оно колеблется от 0,1 до 0,5 секунд.

- Пороговая частота определяется суммой времени реакции и средним значением последующего времени. Оно достигается, когда эта сумма соответствует временному интервалу между двумя последовательными скачками прямоугольной кривой.

- Весь эксперимент можно разделить на функциональные этапы, и с помощью терминов из техники автоматического регулирования (возбуждение, регулирующее устройство, регулятор и т.д.) он может быть представлен в виде диаграммы контура регулирования.

Рис. 2: Кривая реакции



## 8. Рефлекс мышечного растяжения и определение скорости проводимости

**P4030211**

### Понятия, относящиеся к теме

Электромиограмма, рефлекс мышечного растяжения, ахиллово сухожилие, латентный период рефлекса, скорость проводимости, прием Ендрассика, расслабление

### Принцип работы и Задача

Вызвать рефлекс растяжения икроножной мышцы путем нажатия на ахиллово сухожилие (рефлекс ахиллова сухожилия). Записать суммарный потенциал и определить латентный период рефлекса и скорость проводимости.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Основное устройство Cobra3	12150.00
1	Источник питания, 12 В	12151.99
1	Кабель для передачи данных RS232	14602.00
1	Программное обеспечение Cobra3, универсальный регистратор	14504.61
1	Усилитель биопотенциалов	65961.93
1	Электроды ЭМГ, 3 удаленных	65981.02
1	Электродный соединительный кабель	65981.03
1	Электродная паста	65981.05
1	Молоточек для исследования рефлексов, пусковой	65981.10
1	Соединительный шнур, 32 А, l = 25 см, красный	07360.01
1	Соединительный шнур, 32 А, l = 25 см, синий	07360.04
	Рулон клейкой ленты (например, эластопласт)	
	Персональный компьютер с версией программного обеспечения Windows® 95 или более новой	

## Установка

- Подключите инструменты, как показано на Рис. 1.
- Подсоедините усилитель биопотенциалов к устройству Cobra3 **AMPLIFIER OUT** и **ANALOG IN 2** (красный кабель к + и синий кабель к -)
- Подключите электродный соединительный кабель к усилителю биопотенциалов **AMPLIFIER IN**
- Подсоедините один штекер молоточка для исследования рефлексов к желтому разъему **ANALOG IN 1** интерфейса прибора Cobra3, а другой штекер – к красному разъему выхода напряжения **OUT**

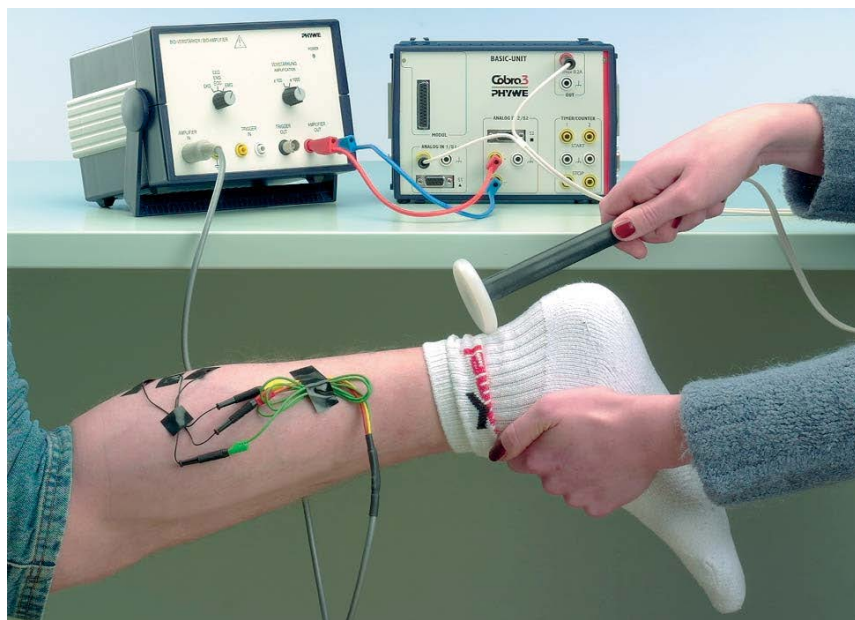
## Ход работы

- Откройте программу **СОВРАЗ ИЗМЕРЕНИЕ** в операционной системе Windows
- Выберите **УНИВЕРСАЛЬНУЮ ЗАПИСЬ** в качестве инструмента измерения

Рис. 2: Прикрепление электродов



Рис. 1: Экспериментальная установка



- Нанесите немного электродной пасты на электроды и воспользуйтесь клейкой лентой для того, чтобы прочно закрепить их на внутренней части голени, над икроножной мышцей, в последовательности, как показано (Рис. 2)

- Не допускайте свисания зеленого кабеля, но (для того чтобы снизить интерферирующее излучение) прочно закрепите его на лодыжке (вместе с другими кабелями)

- Установите усилитель биопотенциалов на 1000 амплификаций и ЭМГ

- Установите параметры измерения (см. Рис. 3) и перейдите к измерению, нажав кнопку

### CONTINUE

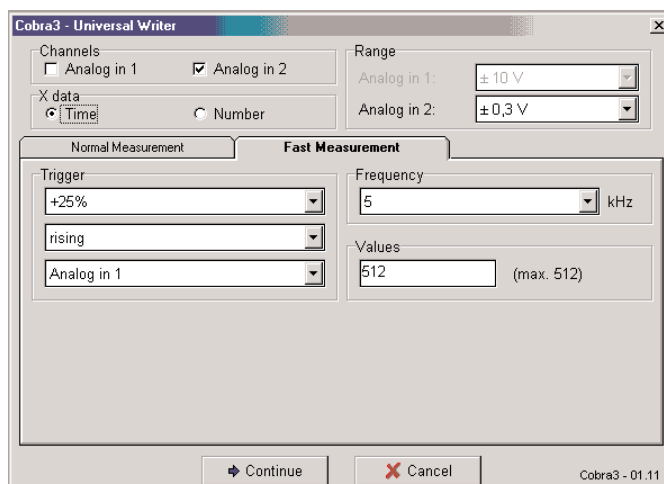
- Придерживайте изогнутую голень (стоящего) тестируемого человека левой рукой. Для обеспечения лучшей изоляции носки снимать не нужно; необходимо расслабить мышцы, насколько это возможно

- Нажмите на ахиллово сухожилие молоточком для исследования рефлексов для того, чтобы одновременно спровоцировать мышечный рефлекс и провести измерение

- Сохраните результаты и подготовьтесь к новому измерению

- Попросите тестируемого человека растянуть мышцы на руке; ему необходимо сцепить руки вместе и начать тянуть их в противоположные стороны, как будто, пытаясь оторвать их друг от друга. Повторите описанное выше измерение потенциала

Рис. 3: Параметры измерения



### Результаты и Оценка

- Латентный период рефлекса (= интервал между стимуляцией и потенциалом работы мышцы) составляет приблизительно 40 м/с. При длине нервного тракта (ахиллово сухожилие – спинной мозг – мышца) в 2 метра скорость проводимости составляет 50 м/с (Рис. 4)

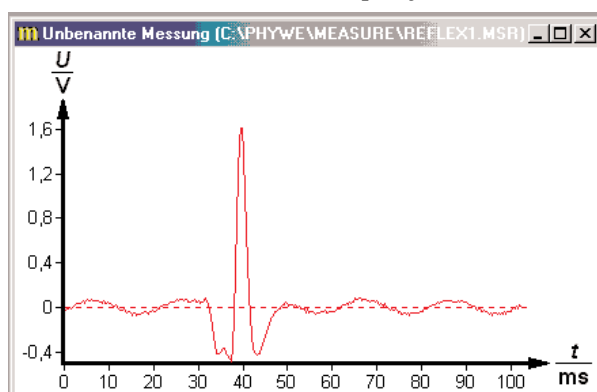
- Амплитуда потенциала работы мышцы выше при напряженной мускулатуре руки, чем при расслабленной (приблизительно 3 мВ по сравнению с 2 мВ). Причиной этого, так называемого, приема Ендрассика является тот факт, что в результате напряжения мышц руки двигательные нейроны спинного мозга иннервируются (расслабляются).

### Примечание

- Разъем **ANALOG IN 1** необходим только для процедуры измерения с использованием молоточка для исследования рефлексов. Этот (нарушающий) канал можно убрать с диаграммы:

Изменить **ANALOG CHANNEL 2** на **NO Y AXIS**  
и изменить **ANALOG CHANNEL 1** на **ANALOG CHANNEL 2**.

Рис. 4: Типичный результат





## 9. Модельный эксперимент, демонстрирующий развитие потенциала покоя

**P4010462**

### Понятия, относящиеся к теме

Селективная ионная проницаемость мембран, потенциал покоя, диффузионный потенциал, потенциал асимметрии, хлорсеребряные электроды, ионный насос.

### Принцип работы и Задача

- Разность потенциалов между двумя растворами электролитов разных концентраций, разделенных катионопроницаемой мембраной, определяется с помощью двух хлорсеребряных электродов и измеряется посредством мВ метра. Измеренные и рассчитанные значения сравниваются.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Набор Cobra4 Mobile-Link	12620.55
1	Сенсорный датчик химического состава, уровня pH и температуры 2 x NiCr-Ni	12630.00
2	Стандартный электрод, AgCl	18475.00
1	Адаптер с BNC разъемом/4 мм гнездом	07542.26
1	Погружной зонд, NiCr-Ni, -50/1000°C	13615.03
1	Камера Уссинга	65977.00
1	Мерная колба, 500 мл, IGJ 19/26	36551.00
1	Мерная колба, 1000 мл, IGJ 24/29	36552.00
2	Градуированный цилиндр, 100 мл	36629.00
1	Неградуированный цилиндр, 250 мл, 200 x 40	34213.00
4	Бутылка с узким горлышком, пластиковая, 500 мл	33906.00
6	Бутылка с узким горлышком, пластиковая, 1000 мл	33907.00
1	Ложка из специальной стали	33398.00
1	Мембрана, катионопроницаемая, 5 шт.	31504.02
1	Хлорид калия, 250 г	30098.25

Количество	Наименование	Код
2	Дистиллированная вода, 5 л	31246.81
1	Весы, MXX-212R, 210 г / 0,01 г, RS232, 230 В	49111.93

Рис. 1: Экспериментальная установка



### Установка

Приготовить аликвоты 500 или 1000 мл следующих растворов:

**1 моль/л NaCl:**

Растворите 29,2 г NaCl в дистиллированной воде, заполнив 500 мл мерную колбу.

**0,1 моль/л NaCl:**

Добавьте 100 мл раствора 1 моль/л NaCl в дистиллированную воду, заполнив 1000 мл мерную колбу.

**0,01 моль/л NaCl:**

Добавьте 100 мл раствора 0,1 моль/л NaCl в дистиллированную воду, заполнив 1000 мл мерную колбу.

**0,001 моль/л NaCl:**

Добавьте 100 мл раствора 0,01 моль/л NaCl в дистиллированную воду, заполнив 1000 мл мерную колбу.

*1 моль/л KCl:*

Растворите 37,3 г KCl в дистиллированной воде, заполнив 500 мл мерную колбу.

*0,1 моль/л KCl:*

Добавьте 100 мл раствора 1 моль/л KCl в дистиллированную воду, заполнив 1000 мл мерную колбу.

*0,01 моль/л KCl:*

Добавьте 100 мл раствора 0,1 моль/л KCl в дистиллированную воду, заполнив 1000 мл мерную колбу.

*0,001 моль/л KCl:*

Добавьте 100 мл раствора 0,01 моль/л KCl в дистиллированную воду, заполнив 1000 мл мерную колбу.

### Ход работы

*Заметка:* Промывайте стандартные хлорсеребряные электроды дистиллированной водой после каждого измерения (как до помещения их в раствор 0,1 моль/л KCl, так и до того, как использовать электрод для измерений).

Круглую часть диаметром 6 см отрезают от катионопроницаемой мембраны и помещают ее над одной из больших открытых емкостей камеры Уссинга. Вторая емкость полностью открыта. Обе емкости завинчены вместе.

После снятия защитных колпачков поместите два стандартных хлорсеребряных электрода в раствор 0,1 моль/л KCl (Рис. 2) и подсоедините их к сенсорному датчику химического состава с помощью адаптера с BNC разъемом/4 мм гнездом. Получите доступ к потенциальной функции датчика, выбрав Меню: Датчик: Диапазон прибора Cobra4 Mobile-Link, а затем, переместив курсор на последнюю позицию, чтобы переключаться между настройками измерения pH и потенциала.

Рис. 2: Место хранения



Таблица 1. Тестовые комбинации для растворов NaCl (и для растворов KCl)

	Тест 1	Тест 2	Тест 3	Тест 4	Тест 5
Емкость с концентрированным раствором	100 мл 0,01 моль/л NaCl	100 мл 0,1 моль/л NaCl	100 мл 0,1 моль/л NaCl	100 мл 1 моль/л NaCl	100 мл 1 моль/л NaCl
Емкость с разбавленным раствором	100 мл 0,001 моль/л NaCl	100 мл 0,001 моль/л NaCl	100 мл 0,01 моль/л NaCl	100 мл 0,01 моль/л NaCl	100 мл 0,1 моль/л NaCl

Как показано в Таблице 1, для первого теста две емкости камеры Уссинга наполняют растворами NaCl необходимых концентраций. Обе емкости всегда необходимо наполнять одновременно (с помощью двух 100 мл градуированных цилиндров). Максимальный объем заполнения емкости не должен превышать 90 мл, иначе часть раствора может вытечь во время погружения электродов. Температуры экспериментальных растворов измеряются и записываются. Электроды вынимают из цилиндра, в котором они хранятся, и погружают в экспериментальные растворы (Рис. 1). Измеренные значения мВ могут значительно изменяться в зависимости от положения электродов в камере Уссинга. Поэтому при проведении измерений держите электроды в одинаковых позициях для того, чтобы получить воспроизводимые значения. Затем прибор быстро выключают, а электроды помещают в цилиндр для хранения. Измерения проводят трижды с интервалом в 2 минуты для того, чтобы усреднить колебания измерений. Электроды всегда необходимо проверять на эквивалентность (симметрию) между измерениями, когда их помещают в цилиндр для хранения (Рис. 2): если потенциал между двумя электродами измеряется, то такой потенциал называется потенциалом асимметрии. Его необходимо вычитать из измеренного диффузионного потенциала. Измерения проводятся для каждой комбинации экспериментальных растворов (тесты 1-5 в Таблице 1). Емкости камеры Уссинга необходимо несколько раз промыть дистиллированной водой при смене экспериментальных растворов.

### Результаты и Оценка

Биологические мембраны представляют собой пограничный слой между двумя растворами электролитов (например,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и ионы белка). Разница электрических потенциалов возникает на таких границах, когда подвижность и концентрация ионов на двух сторонах границы отличаются.

Таблица 2: Скорость диффузии

$\mu$	см/с	$\nu$	см/с
H <sup>+</sup>	318	ОН <sup>-</sup>	174
Na <sup>+</sup>	43,5	Cl <sup>-</sup>	65,4
K <sup>+</sup>	64,7		

Для оценки среднее значение каждого трех измерений разности потенциалов определяется для каждой комбинации тестовых растворов (принимая во внимание потенциал асимметрии, см. Таблица 4). Потенциал между катионопроницаемой мембраной зависит от разности концентраций двух растворов. С разницей на порядок величины потенциал составляет лишь около половины от той величины, которую он составляет с разницей в два порядка.

Для того чтобы сравнить измеренные значения с теорией, можно рассчитать диффузионный потенциал на катионопроницаемой мембране по следующей формуле, которая выводится из уравнения Нернста-Планка:

$$\varepsilon = \frac{\mu - \nu}{\mu + \nu} \cdot 0.2 \frac{\text{mV}}{\text{K}} \cdot T \cdot \log_{10} \frac{a_1}{a_2}$$

где

$T$  = абсолютная температура (0 K = -273°C)

$\mu$  = скорость диффузии катиона (см. Табл. 2)

$\nu$  = скорость диффузии аниона (см. Табл. 2)

$a_1$  = активность более концентрированного раствора

$a_2$  = активность более разбавленного раствора

Активность равна концентрации, умноженной на коэффициент активности ( $a = c \cdot f$ ). Измерения включают в себя активность и не концентрацию, поскольку ионы в более концентрированных растворах ионы ингибируют друг друга и, таким образом, раствор ведет себя так, будто в растворе присутствует меньше ионов, чем на самом деле. В очень разбавленных растворах, где ионы уже не мешают друг другу, коэффициент активности приближается к 1 (см. Табл. 3).

Вышеприведенная формула используется для расчета потенциала между катионопроницаемой мембраной. Но так как скорость диффузии аниона ( $\nu$ ) равна нулю, выражение  $(\mu - \nu)/(\mu + \nu)$  равно 1. Таким образом, формула упрощается до:

$$\varepsilon = 0.2 \frac{\text{mV}}{\text{K}} \cdot T \cdot \log_{10} \frac{a_1}{a_2}$$

*Обратите внимание!* Катионопроницаемая мембрана отличается по двум существенным аспектам от мембраны невозбужденной нервной клетки: искусственная мембрана одинаково проницаема для  $K^+$  и  $Na^+$  и для нее не нужен (энергопотребляющий) ионный насос.

Таблица 3: Коэффициент активности ( $f$ )

	0,001 моль/л	0,01 моль/л	0,1 моль/л	1 моль/л
NaCl	0,966	0,906	0,786	0,664
KCl	0,965	0,902	0,771	0,611

Таблица 4: Образцы измерений по сравнению с теоретическими значениями

Значения в мВ		Измерение а	Измерение б	Измерение с	Значение измерения	Значение потенциала асимметрии	Конечное значение	Теоретическое значение
NaCl растворы	Тест 1	48,3	49,7	46,2	48,1	0,5	47,6	57,01
	Тест 2	93,5	102,4	101,6	99,2	0,5	98,7	112,03
	Тест 3	53,1	53,1	53,4	53,2	0,4	52,8	55,02
	Тест 4	107,6	108,1	106,3	107,3	0,2	107,1	109,37
	Тест 5	45,1	50,2	47,2	47,5	1,2	46,3	54,34
KCl растворы	Тест 1	50,8	48,3	52,7	50,6	0,4	50,2	56,92
	Тест 2	109,8	105,57	106,2	107,2	0,6	106,6	111,56
	Тест 3	57,2	57,1	55,3	56,5	0,5	56,0	54,64
	Тест 4	101	100	100	100,3	0,8	99,5	107,36
	Тест 5	48,9	48,9	48,8	49,1	0,8	48,3	52,72

## 10. Ионная проницаемость клеточной мембраны

**P4120260**

### Понятия, относящиеся к теме

Ионная проницаемость, искусственная клеточная мембрана, диализная трубка,  $H^+$  ионы,  $OH^-$  ионы, осмотические процессы

### Принцип работы

Клеточная мембрана контролирует транспорт питательных веществ и воды в клетку, а также транспорт ненужных продуктов и воды из клетки. Эта функция может быть как пассивной, то есть она может быть вызвана осмотическими процессами, так и активной. Целью данного эксперимента является исследование избирательной проницаемости искусственной клеточной мембраны (диализной трубки) в отношении  $H^+$  и  $OH^-$  ионов.

### Оборудование

Количество	Наименование	Код
1	Беспроводной управляющий прибор Cobra4	12600-00
1	Прибор Cobra4 с беспроводной связью	12601-00
1	Прибор Cobra4 с сенсорным датчиком pH, с разъемом BNC	12631-00
1	Программное обеспечение для прибора Cobra4	14550-61
1	pH электрод, заполненный гелем, с разъемом BNC	46265-15
1	Магнитная мешалка, мини, с нагревательным элементом	47334-93
1	Стержень магнитной мешалки, 30 мм	46299-02
1	Разделитель для магнитных стержней	35680-03
1	Штатив, $l = 750$ мм	37694-00
2	Перекрестный зажим	02043-00
2	Универсальный зажим	37715-00
1	Градуированный цилиндр, 25 мл	36627-00
1	Воронка, $d = 55$ мм	34457-00
1	Промывалка, 500 мл, пластиковая	33931-00
2	Стакан, 250 мл, большой	36004-00

Количество	Наименование	Код
2	Стакан, 50 мл, большой	36001-00
1	Диализная трубка, $d = 24$ мм, 1 м	64208-00
2	Диализные зажимы, 2 шт.	64209-00
1	Одноразовые перчатки, среднего размера, латексные, 100 шт.	46359-00
1	Таблетки для буферного раствора, pH 4.00, 100 шт.	30281-10
1	Таблетки для буферного раствора, pH 10.00, 100 шт.	30283-10
1	Соляная кислота (стандартный раствор), 1 моль/л, 1 л	48454-70
1	Гидроксид натрия (стандартный раствор), 1 моль/л, 1 л	48329-70
1	Дистиллированная вода, 5 л	31246-81

### *Дополнительное оборудование*

Количество	Наименование	Код
1	Персональный компьютер с USB входом и версией программного обеспечения Windows® XP или более новой	



Рис. 1: Экспериментальная установка



## Информация по технике безопасности

В зависимости от концентрации раствор гидроксида натрия оказывает сильное коррозионное или раздражающее действие на кожу, глаза и слизистые оболочки. Гидроксид натрия раздражает органы дыхания. Химические ожоги приводят к разрушению тканей и возникновению сильной боли. Хранить в недоступном для детей месте.



В зависимости от концентрации соляная кислота оказывает сильное коррозионное или раздражающее действие. Соляная кислота раздражает органы дыхания, в частности, слизистые оболочки и верхние дыхательные пути. Концентрированные кислоты разрушают кожу и ткани.

Не вдыхать пары. Избегать контакта с кожей. Необходимо носить соответствующую защитную одежду, перчатки, очки при работе с этими веществами.

*Первая помощь:* Незамедлительно промыть кожу большим количеством воды. Если пострадали глаза, немедленно промыть открытые глаза большим количеством воды. В случае повреждения глаз необходимо немедленно обратиться за медицинской помощью. При несчастном случае или же в том случае, если пострадавший чувствует себя плохо, необходимо немедленно обратиться за медицинской помощью. При вдыхании: Обеспечить доступ свежего воздуха и освободить дыхательные пути. При затруднении дыхания необходимо доставить пострадавшего в полусидящем положении ко врачу.

*Утилизация:* Развести раствор водой, нейтрализовать его (рН 6-8) и смыть его.

## Подготовка

Приготовление искусственной клетки (мешочка, изготовленного из диализной трубки):

- Отрезать два 15 см кусочка от диализной трубки и закрыть их с одного конца с помощью диализного зажима. *Совет:* Если тяжело отрезать диализную трубку, необходимо смягчить ее в дистиллированной воде.

- Поместите один мешочек, изготовленный из диализной трубки в 250 мл стакан и налейте в него 15 мл соляной кислоты (1 моль/л) с помощью градуированного цилиндра. Внимание: Используйте защитные перчатки! Затем, закройте мешочек с помощью диализного зажима, промойте его снаружи дистиллированной водой и поместите на чистую поверхность.

- Наполните второй мешочек раствором гидроксида натрия (1 моль/л) таким же образом. Перед этим промойте 250 мл стакан! Убедитесь, что мешочки не соприкасаются друг с другом.

## Установка и Ход работы

- Установите оборудование, как показано на Рис. 1.

- Подсоедините рН электрод к соответствующему разъему прибора Cobra4 с сенсорным датчиком рН.

- Подключите беспроводной управляющий прибор Cobra4 к USB разъему персонального компьютера.

- Запустите программное обеспечение "измерение Cobra4". Измерительный прибор определится автоматически.

- Настройте данные измерений, как показано на Рис. 2. Откройте меню "Навигатор", переключите вкладку "Общие настройки" и установите продолжительность измерения до 200 с на вкладке "Конец измерения". Щелкните правой кнопкой мыши на диаграмму и выберите диапазон рН от 1 до 12 на вкладке "Опции дисплея". В качестве альтернативы Вы можете просто загрузить эксперимент "Ионная проницаемость клеточной мембраны" (Эксперимент > Открыть эксперимент...). Теперь программное обеспечение загрузит все необходимые заданные значения для записи измерения.

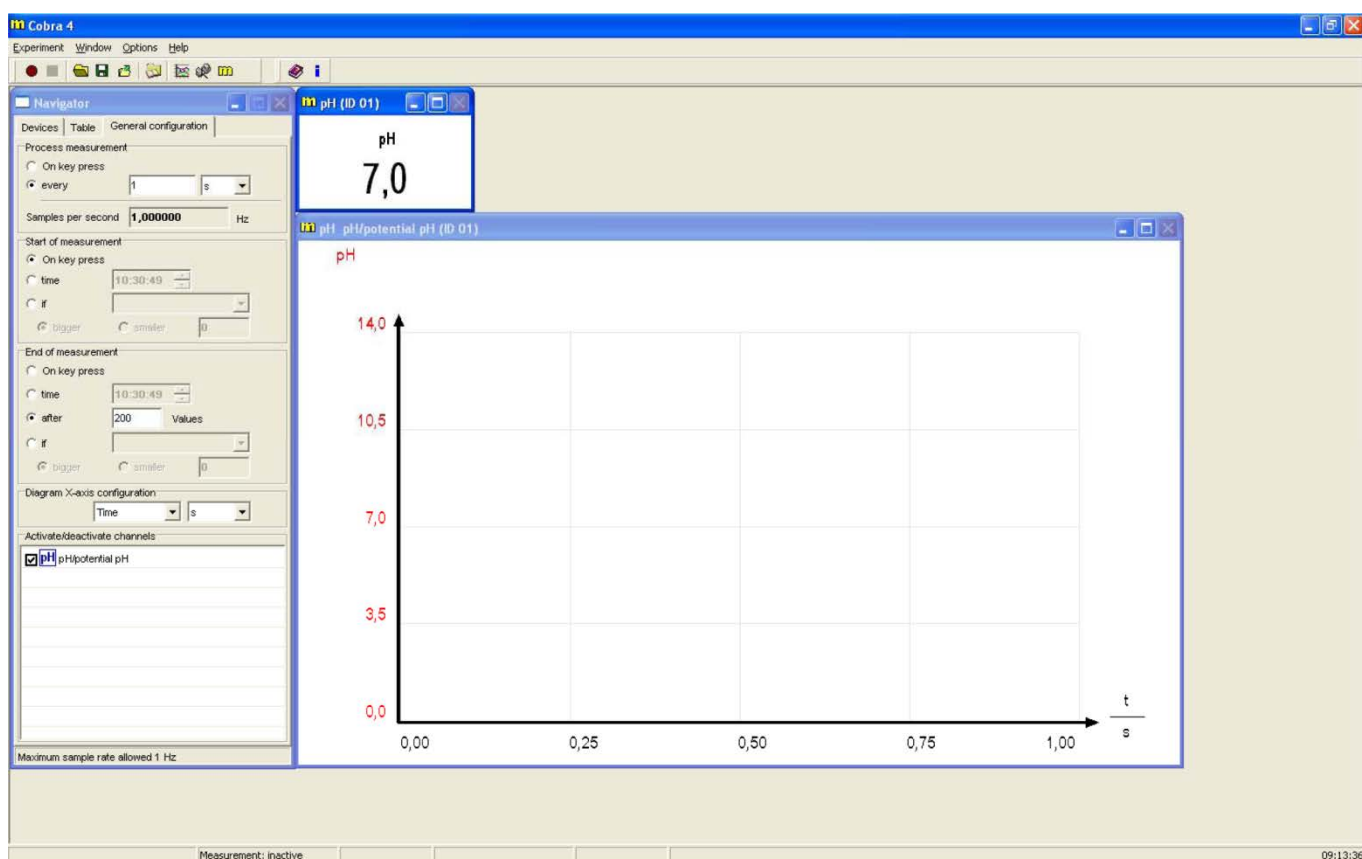


Рис. 2: Параметры измерения

- Откалибруйте рН электрод. Для того чтобы выполнить это, налейте два буферных раствора в два 50 мл стакана и выберите вкладку "Калибровка" в окне "Канал рН/потенциальный рН". Если электроды уже были недавно откалиброваны, в новой калибровке нет необходимости (система автоматически сохраняет данные калибровки).

- Прикрепите универсальные зажимы с перекрестным зажимом к поддерживающему стержню штатива.

- Поместите стержень магнитной мешалки в 250 мл стакан, наполните его 150 мл дистиллированной воды и поместите стакан на магнитную мешалку.

- Прикрепите рН электрод с помощью одного из универсальных зажимов к установке таким образом, чтобы он был полностью погружен в дистиллированную воду.

- Установите мешалку на среднюю скорость перемешивания (Внимание: Стержень магнитной мешалки ни в коем случае не должен задевать рН электрод!).

- Запустите измерение.

- Приблизительно через 20 с после начала измерения опустите диализный мешочек, наполненный соляной кислотой, в стакан и закрепите его с помощью второго универсального зажима.

- Время протекания реакции отображается на экране. Измерение автоматически прекратится через 200 с.

- После проведения измерения данные можно сохранить с помощью опции сохранения в окне "Обработка данных".

- Повторите измерение с диализным мешочком, наполненным раствором гидроксида натрия (перед этим промойте стакан, рН сенсор и стержень магнитной мешалки дистиллированной водой).

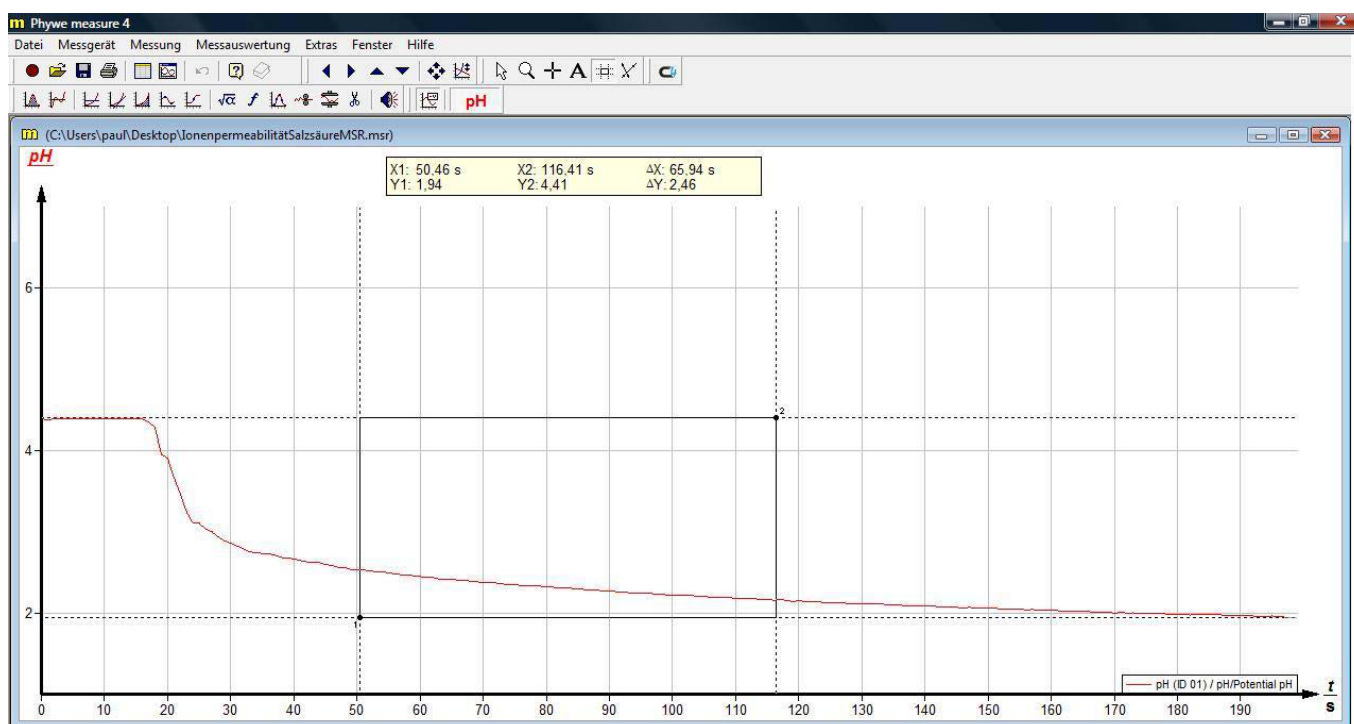


Рис. 3: Кривая времени рН, демонстрирующая высвобождения  $H^+$  ионов

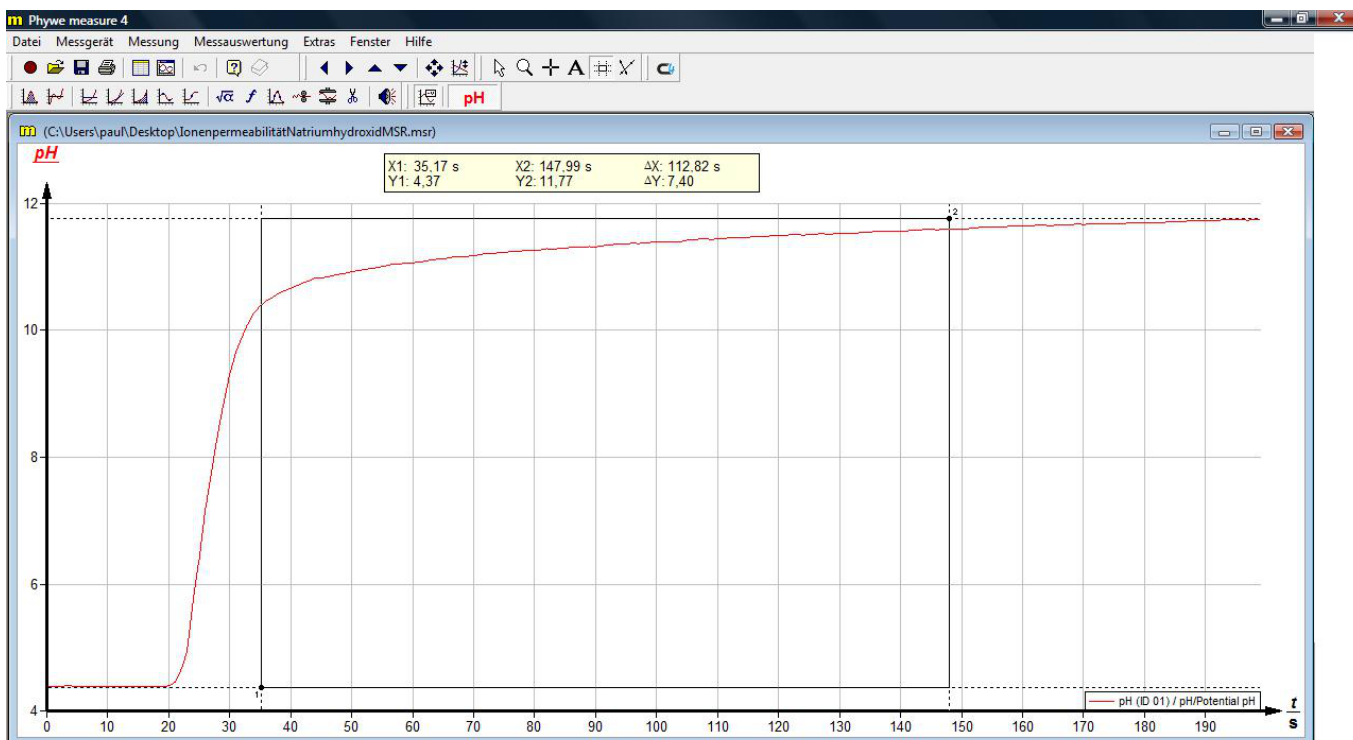


Рис. 4: Кривая времени рН, демонстрирующая высвобождения  $\text{OH}^-$  ионов

### Результаты и Оценка

На Рис. 3 и 4 изображены кривые времени рН для соляной кислоты и раствора гидроксида натрия так, как они отображаются в программе после окончания измерения.

Из-за высвобождения  $\text{H}^+$  ионов уровень рН в стакане понижается, в то время как он увеличивается после высвобождения  $\text{OH}^-$  ионов. Скорость, с которой изменяется рН, можно оценить с помощью функций "Обзор" (Рис. 3 и 4). Для соляной кислоты, скорость изменения составляет  $2,46 \text{ рН}/183 \text{ с}$  ( $= 0,013 \text{ рН}/\text{с}$ ). Для раствора гидроксида натрия -  $7,40 \text{ рН}/180 \text{ с}$  ( $= 0,041 \text{ рН}/\text{с}$ ). Это свидетельствует о том, что  $\text{OH}^-$  ионы проходят через диализные мембраны быстрее, чем  $\text{H}^+$  ионы.

Если Вы будете использовать дистиллированную воду вместо деминерализованной воды - как описывалось и в этом эксперименте - уровень рН может быть выше. Вы можете повысить уровень рН, вскипятив воду. Это высвобождает углекислый газ, растворенный в воде.

## ДЛЯ ЗАМЕТОК

## КОНТАКТЫ

**Разработчик методических рекомендаций –**

компания «Нобель Технологии»

Адрес: 127273 Россия, г. Москва, ул. Олонецкая, д.23

**По всем вопросам, связанным с проведением экспериментов и оборудованием,  
просьба обращаться по электронной почте:**

[experiment@nobeltechno.com](mailto:experiment@nobeltechno.com)