



СБОР И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В УЧЕБНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ПОМОЩЬЮ СМАРТФОНА

П.Ю. Боков, А.В. Селиверстов



phyphox — physical phone experiments

- Современные смартфоны обладают широким функционалом и богатым набором датчиков для сбора различной информации: от акселерометра до магнитометра.
 - Множество программ для сбора и обработки данных.
 - phyphox: создан в 2nd Institute of Physics, RWTH Aachen University (2016 г.).
-



Общий вид главного экрана приложения phyphox

The image displays three screenshots of the phyphox application interface, showing various experimental categories and tools available to the user.

Left Screenshot:

- Исходные датчики**
 - Гироскоп (частота вращения) - Получите исходные данные с гироскопа.
 - Давление - Получите исходные данные с барометра.
 - Магнитометр - Получите исходные данные с магнитометра.
 - Местоположение (GPS) - Получите примерное местоположение по да...
 - Свет - Получите исходные данные с датчика освещ...
 - Ускорение (без g) - Получите исходные данные из так называем...
 - Ускорение с g - Получите исходные данные с акселерометра...
- Tools**
 - Depth sensor (LiDAR / ToF) - Measure distances using the depth sensor.
- Акустика**
 - Акустический диапазон - Показать записанные аудиоданные.
 - Амплитуда звука - Получите амплитуду звуков.
 - Генератор тона - Генерирует тон определенной частоты.
 - Звуковая автокорреляция - Измерьте частоту одного тона.
 - Звуковой спектр - Отображение частотного спектра аудиосиг...
 - История частоты

Middle Screenshot:

- Звуковая автокорреляция** - Измерьте частоту одного тона.
- Звуковой спектр** - Отображение частотного спектра аудиосигна...
- История частоты** - Измерьте изменение частоты во времени дл...
- Сонар** - Измеряет расстояния через эхо и скорость з...
- Эффект Доплера** - Обнаружение малых частотных сдвигов эфф...
- Измерительные инструменты**
 - Магнитная линейка - Используйте ряд магнитов для измерения ра...
 - Магнитный спектр - Отобразить частотный спектр магнитометра.
 - Наклон - Измерьте угол наклона телефона.
 - Спектр ускорения - Отобразить частотный спектр данных с аксе...
- Механика**
 - (Не)упругое столкновение - Определите потерю энергии во время (не)уп...
 - Маятник - Определите величину ускорения свободного...
 - Пружины - Проанализируйте частоту и период пружинно...
 - Рулон - Поместите свой телефон в рулон и определ...
 - Центростремительное ускорение - Визуализирует центростремительное ускоре...

Right Screenshot:

- Механика**
 - (Не)упругое столкновение - Определите потерю энергии во время (не)уп...
 - Маятник - Определите величину ускорения свободного...
 - Пружины - Проанализируйте частоту и период пружинно...
 - Рулон - Поместите свой телефон в рулон и определи...
 - Центростремительное ускорение - Визуализирует центростремительное ускоре...
- Повседневная жизнь**
 - Измеритель аплодисментов - Установите баллы на длину и амплитуду апл...
 - Лифт - Определите скорость лифта с помощью баро...
- Таймеры**
 - Акустический секундомер - Получите время между двумя акустическими...
 - Бесконтактный датчик как секундомер - Измерьте время с помощью бесконтактного...
 - Оптический секундомер - Измерьте временные интервалы с помощью...
 - Секундомер движения - Получите время между двумя событиями дв...
- Contribute to phyphox**
 - Other ways to contribute... - Link: <https://phyphox.org/contribute>
 - Отправить в базу данных датчиков - Отправьте информацию о датчиках в телефо...



Возможности rhyphox: датчики

Аппаратные датчики смартфона

- Акселерометр (3 проекции)
- Магнетометр (3 проекции)
- Гироскоп (3 проекции)
- Люксметр
- Барометр
- Датчик приближения
- Микрофон
- GPS (положение)

Устройства вывода

- Динамик
-



Возможности phyphox: датчики

Комбинированные датчики

- Акустический секундомер
- Датчик угла наклона к горизонту
- Эхолот
- Барометрический датчик скорости подъема

Комбинированные устройства вывода

- Генератор звуковой частоты
-



Возможности phyphox: эксперименты

Кроме измерения одной величины, phyphox позволяет объединять измерения в последовательности и обрабатывать по определённой методике, то есть проводить заранее разработанные эксперименты. Вот некоторые из них:

- Неупругий удар (измерение интервалов времени между серией соударений мяча с полом)
- Центростремительное ускорение (измерение угловой скорости вращения и ускорения при движении смартфона в “центрифуге”)
- Измерение высоты, скорости и ускорения подъёма лифта (барометром и акселерометром)

К каждому эксперименту доступно видеоописание.



Возможности **phyphox**: эксперименты

Ещё несколько экспериментов:

- Смартфон как маятник
- Магнитная рулетка
- Свободное падение
- Качение по наклонной плоскости
- Сонар
- Скорость звука
- Колебания на пружине

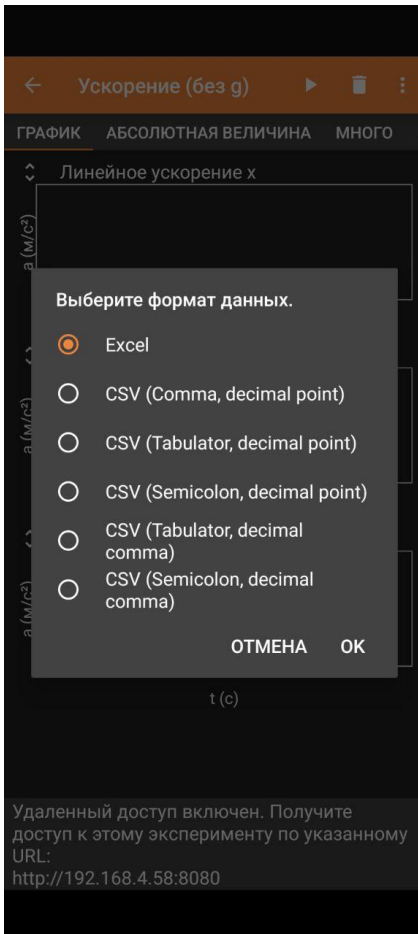
Редактор на сайте phyphox.org позволяет создавать собственные эксперименты, выбирая необходимые датчики, устройства вывода, последовательность и частоту их работы, а также методику обработки результатов.



Возможности rhyphox: экспорт данных

Измеренные датчиками смартфона значения с привязкой ко времени их получения можно экспортировать в виде файла в одном из распространённых форматов (XLS, CSV).

Файл отправляется стандартным для смартфона способом (через электронную почту, мессенджеры, соцсети и т.п.).





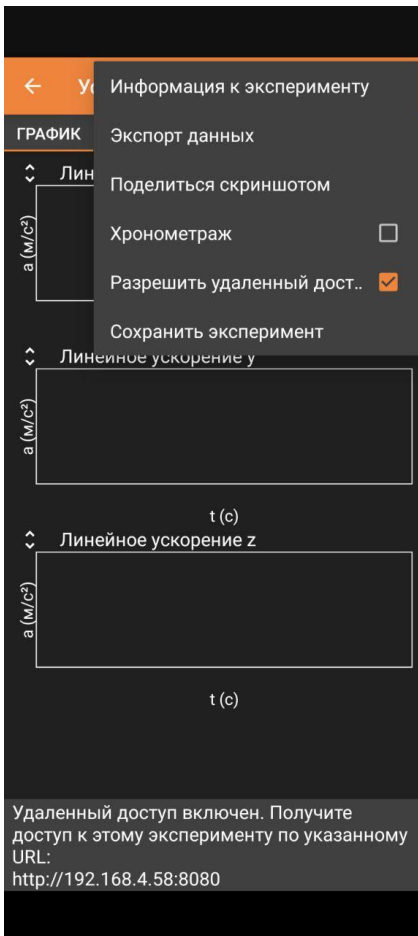
Возможности phyphox: дистанционное управление

Если компьютер находится в одной сети с телефоном, на котором установлено приложение, то получением данных можно управлять удалённо.

Для этого необходимо:

- на телефоне: в параметрах эксперимента разрешить удалённый доступ;
- на компьютере: запустить браузер, ввести в командной строке выданный приложением на телефоне адрес доступа (например, 192.168.1.1:8080) и перейти на страницу управления.

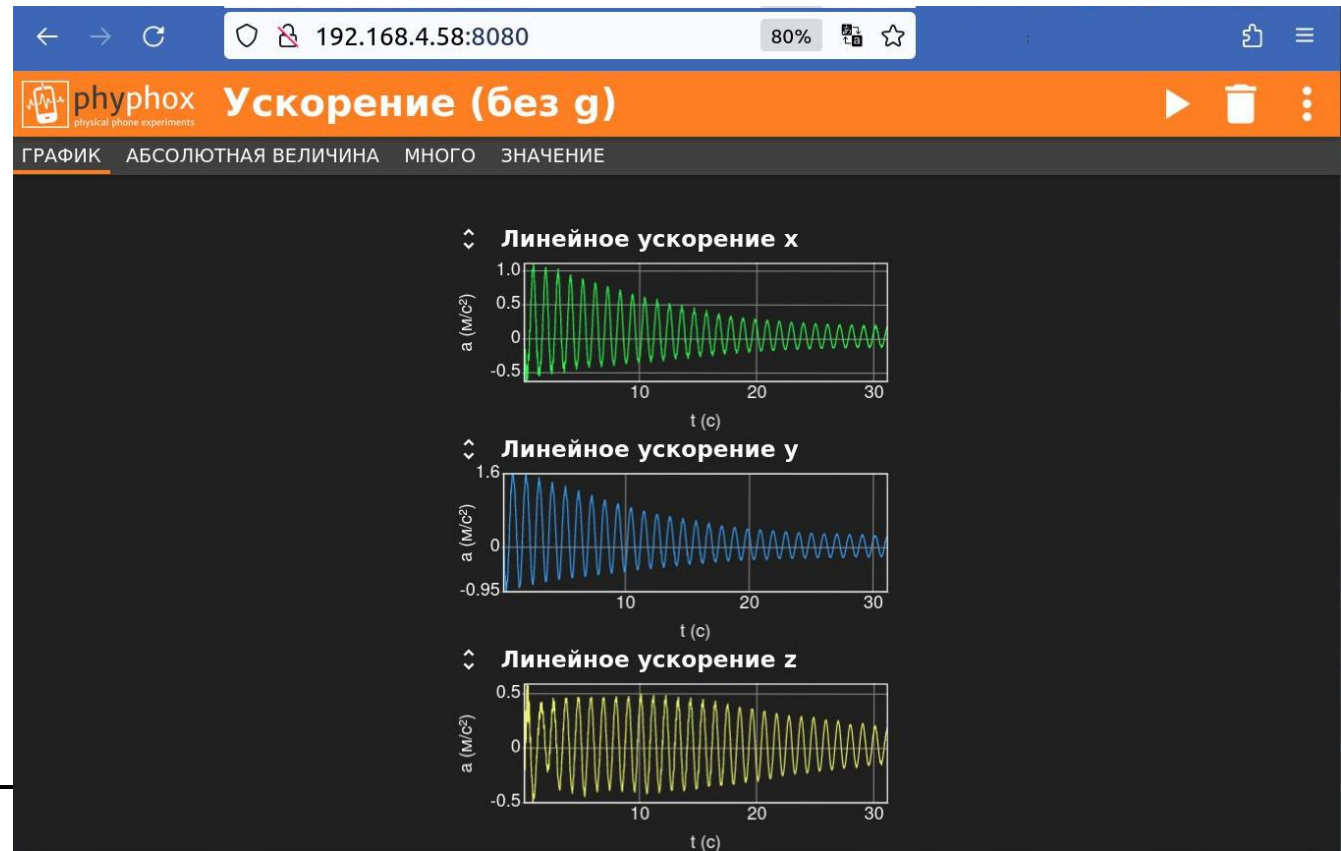
Кроме запуска/остановки эксперимента на этой странице можно загружать данные с датчиков.





Дистанционное управление: затухающие колебания

Пример удалённого управления приложением.



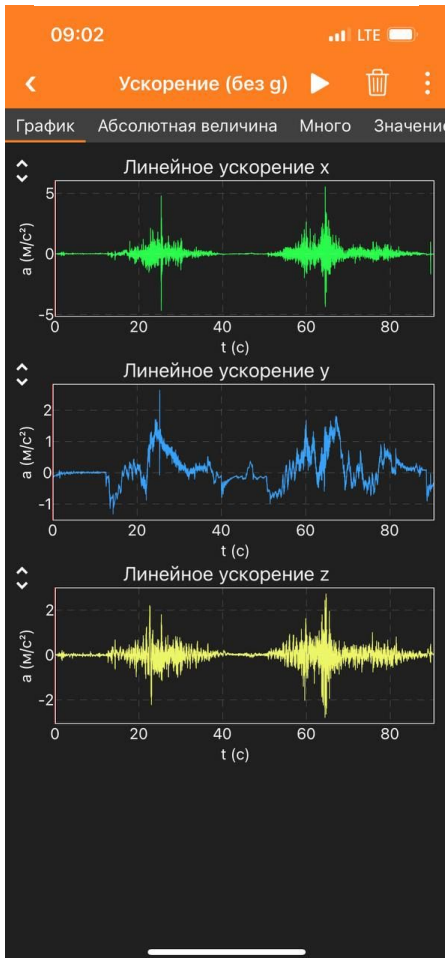


Разгон/торможение автобуса

Смартфон лежал на сиденье автобуса своей длинной стороной (ось Y) по ходу движения.

Синий график (Y) фиксирует стабильные пиковые значения ускорений при разгоне и торможении: при разгоне до 1 м/с^2 , при торможении до 2 м/с^2 .

Зелёный (короткая сторона смартфона, ось X) и жёлтый (ось Z) графики фиксируют пиковые вибрации кресла в процессе движения (они достигают 5 м/с^2).

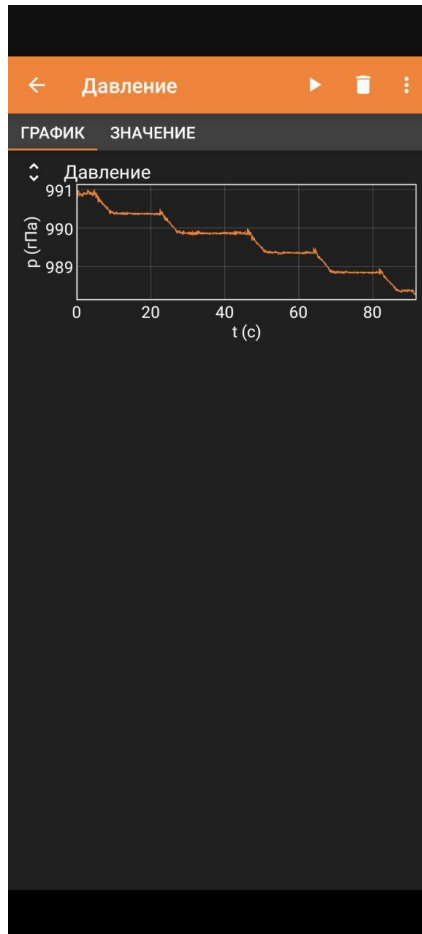




От этажа к этажу

Здесь представлены результаты измерения атмосферного давления при подъеме на лифте физфака.

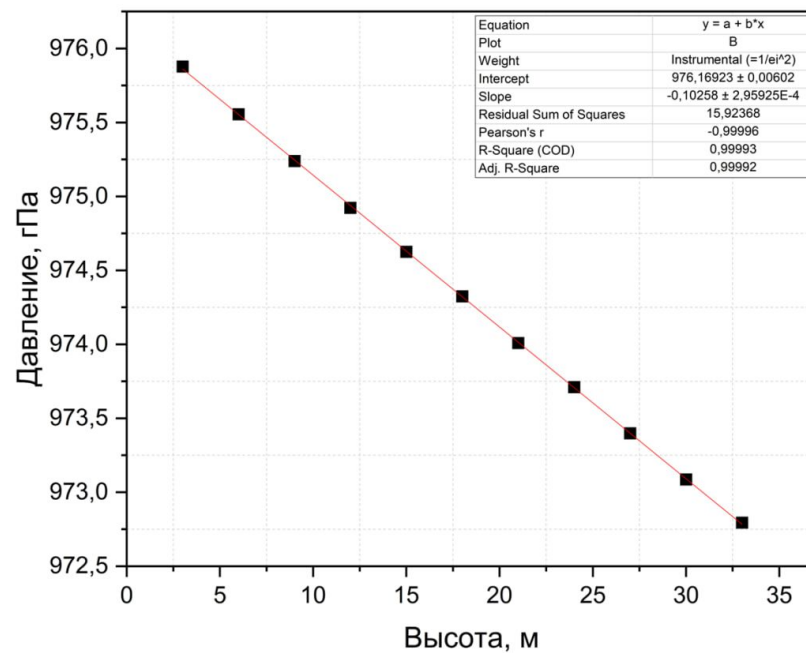
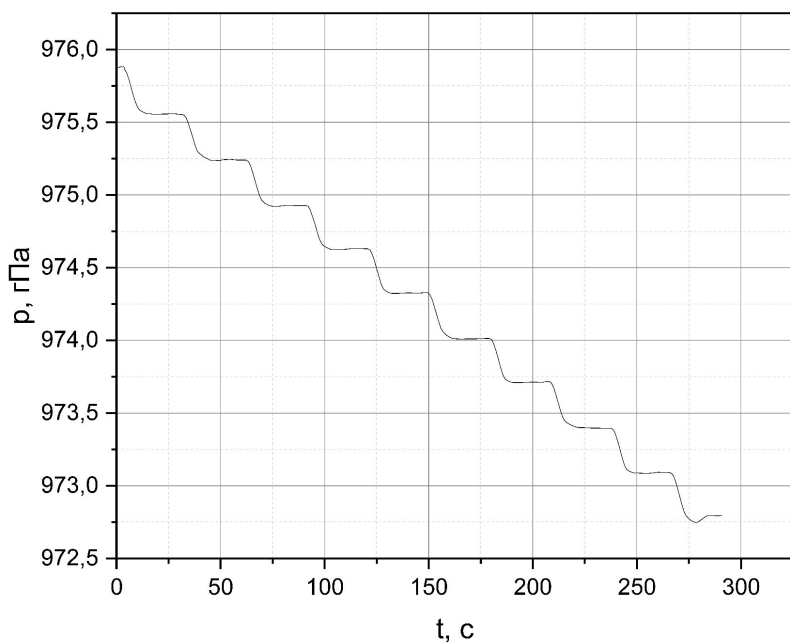
Этаж	p , гПа	Δp , гПа
0	990.897	
1	990.378	0.519
2	989.866	0.512
3	989.355	0.511
4	988.853	0.502
5	988.376	0.477





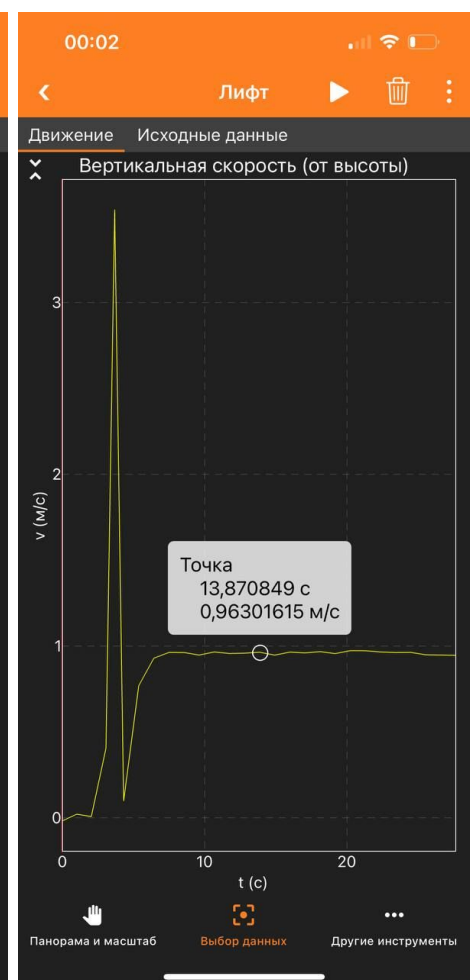
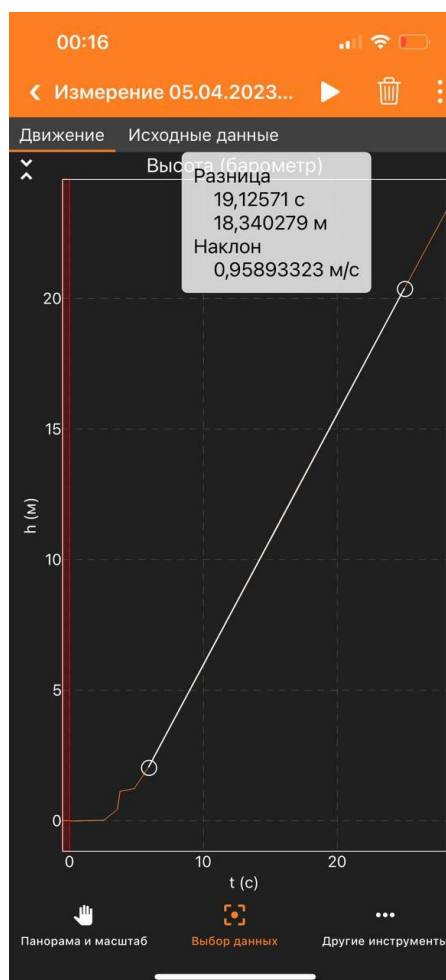
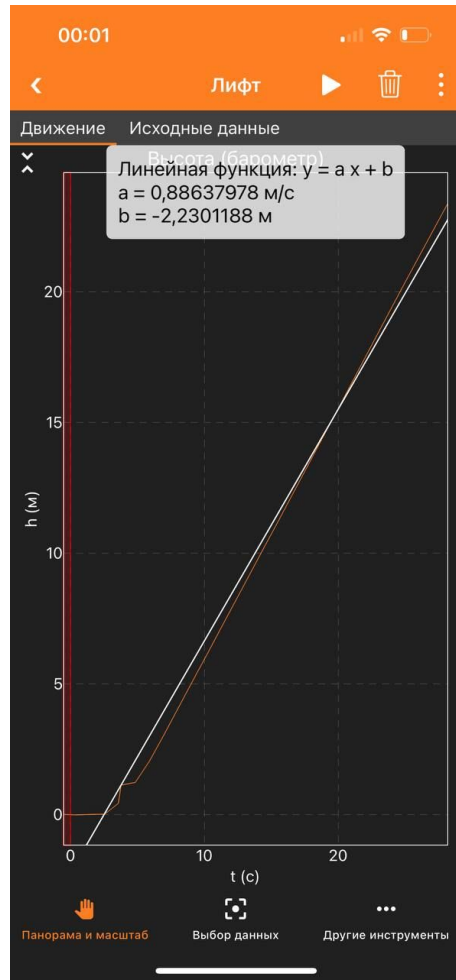
От этажа к этажу

Изменение атмосферного давления при подъеме с 1 на 11 этаж





Линейная регрессия

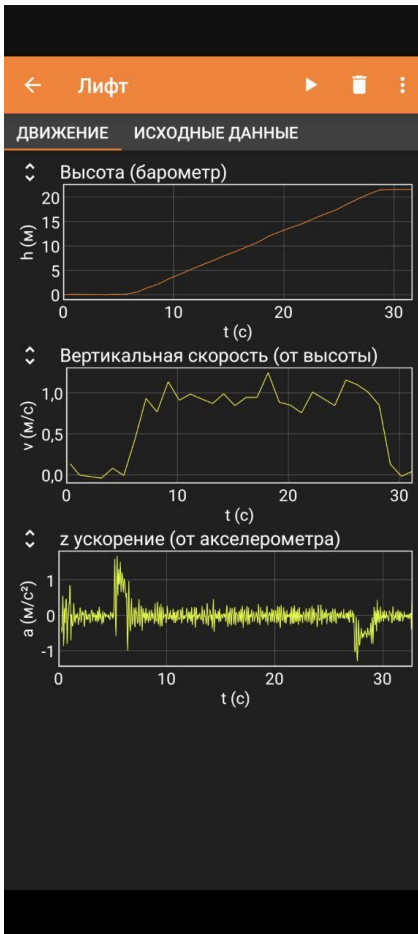




Лифт: совокупность нескольких датчиков

Покатались на лифте с -1 до 5 этажа. Измерены
временные зависимости:

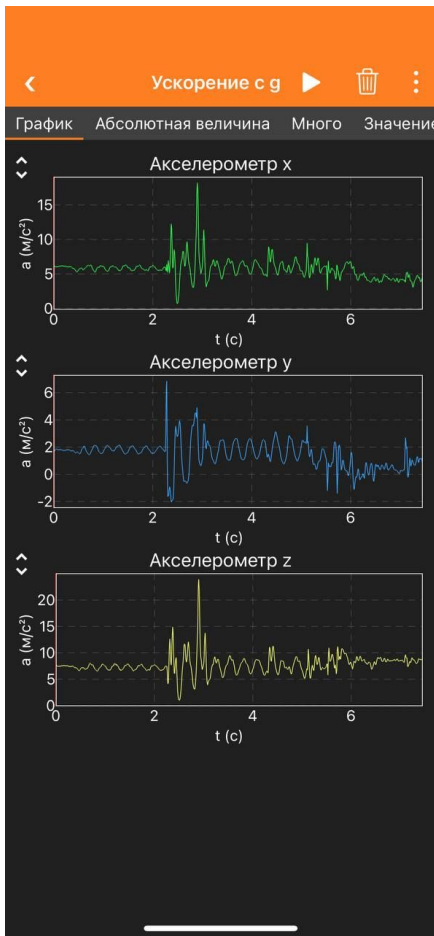
- высоты (барометр);
- вертикальной проекции скорости (барометр);
- вертикальной проекции ускорения (акселерометр).





Машина Атвуда

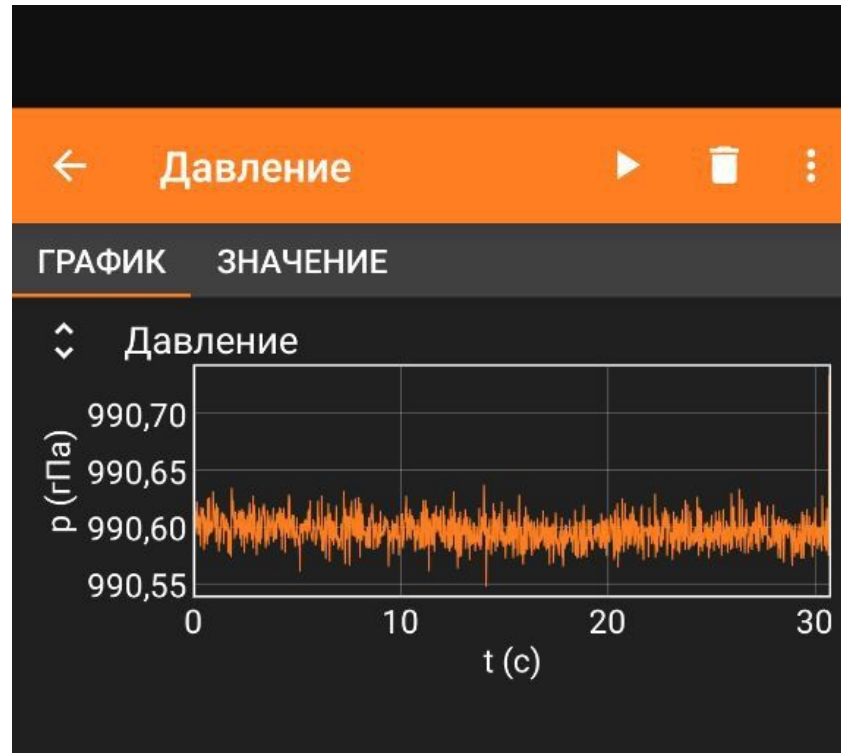
Измеритель трёх проекций ускорения — яркий пример высокочувствительного датчика. Возникающие колебания фиксируются даже для случаев визуально незаметных растяжений нити и свидетельствуют одновременно о её растяжимости и упругих свойствах.





Оценим погрешность...

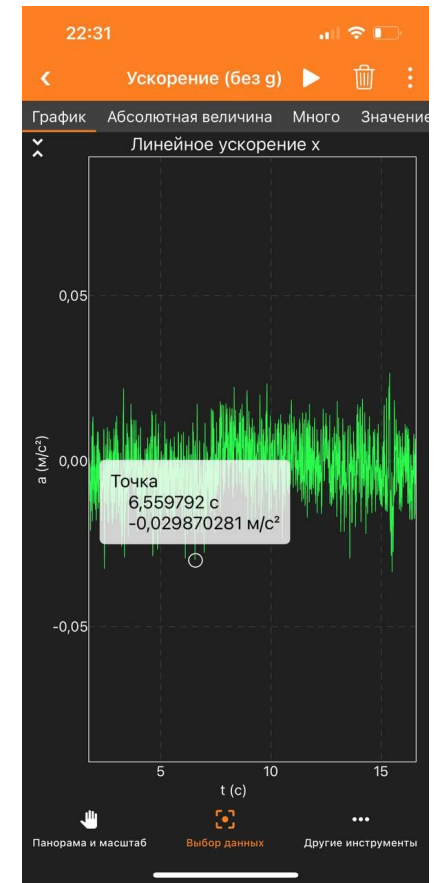
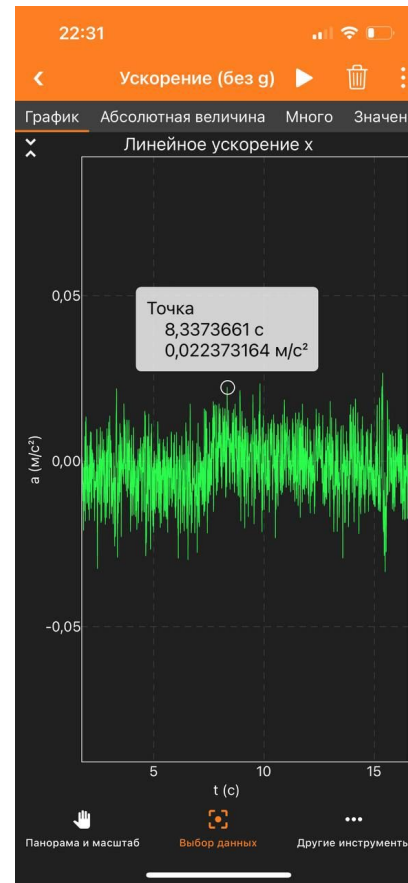
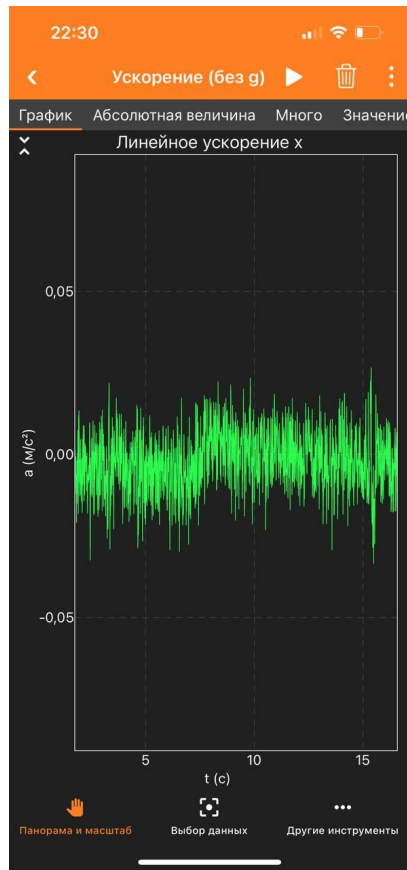
avg 990,5964
rms 0,0129
p-v 0,1861





Оценим погрешность...

avg -0.0024
rms 0.0099
p-v 0.1122





Заключение

Использование phyphox в лабораторном практикуме:

1. повышает интерес к изучаемому предмету;
2. учит навыкам обработки результатов эксперимента и работе с данными;
3. позволяет сократить время проведения лабораторных задач;
4. за счёт высокой чувствительности датчиков и периодичности измерений позволяет обнаруживать вещи, интересные с позиций эксперимента, в частности для оценки погрешностей.

Таким образом, использование смартфона как измерительного прибора может упростить первичный опыт работы с физическим экспериментом и открывает новые возможности для создания интересных задач.



Ссылки

Сайт **phyphox**:



Приложение IOS:



Приложение Android:

