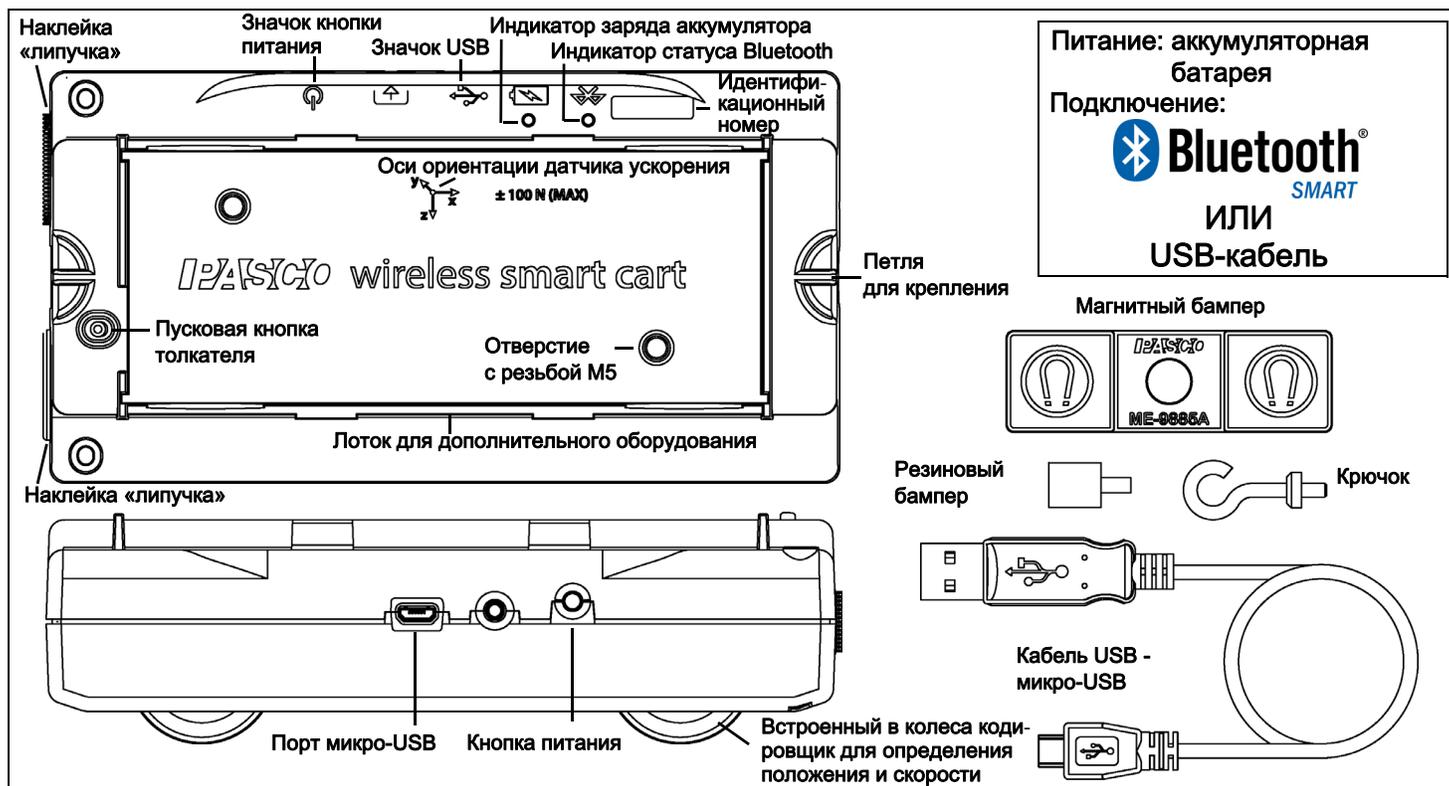


# Беспроводная Smart-тележка по динамике

ME-1240 (Красная) / ME-1241 (Синяя)



## Оборудование

В комплект входит	Артикул
Беспроводная Smart-тележка по динамике PASCO	ME-1240 или ME-1241
Магнитный бампер	ME-9885A
Крючок	
Резиновый бампер	
Кабель USB - микро-USB (1 метр)	

## Требуется

Программное обеспечение	Для сведений
Программное обеспечение для сбора данных PASCO	<a href="http://www.pasco.com">www.pasco.com</a>

Посетите страницу веб-сайта PASCO

[www.pasco.com/software](http://www.pasco.com/software)

для помощи в выборе подходящего программного обеспечения PASCO и для проверки наличия последних его версий.

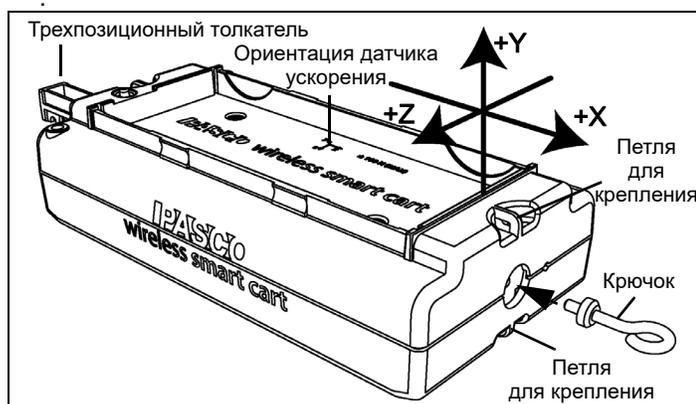
## Введение

Беспроводная Smart-тележка по динамике PASCO является комбинированным беспроводным и USB устройством с возможностью подключения к компьютерам и планшетам через Bluetooth® (версии 4.2 или новее), а также может подключаться к компьютерам и к зарядному устройству через кабель USB (в комплекте). Корпус Smart-тележки изготовлен из крепкого композитного пластика, имеет трехпозиционный пружинный толкатель и колеса с очень низким коэффициентом трения. Внутри тележки находятся встроенные датчики, измеряющие силу, положение, скорость и ускорение в трех степенях свободы.

Также в Smart-тележку встроен чувствительный элемент типа гироскопа, позволяющий измерять параметры вращательного движения. Smart-тележка может производить измерения на специальной дорожке для опытов по динамике или вне ее, а также передавать данные измерений по беспроводной связи. Для облегчения идентификации Smart-тележки выполняются в красном и в синем цвете.

Лоток для дополнительного оборудования сверху Smart-тележки подходит для любых принадлежностей, разработанных для тележек PASCO. Габаритные размеры Smart-тележек идентичны размерам других тележек PASCO, поэтому их можно использовать на любых специальных дорожках PASCO. Smart-тележки можно складировать вместе с другими тележками PASCO, масса одной тележки составляет примерно 0,250 килограмма (250 грамм). На обоих торцах тележки сверху и снизу находятся петли для крепления, а на одном из торцов две наклейки из «липучки» для неупругих столкновений. К отверстию с резьбой на противоположном «липучкам» торце Smart-тележки прикручиваются магнитный бампер, резиновый бампер и специальный крючок.

Встроенные датчики измеряют силу в диапазоне от -100 ньютона (Н) до +100 Н, ускорение от -16g до +16g ( $g = \pm 9,8 \text{ м/с}^2$ ), а также угловую скорость до  $\pm 245$  градусов в секунду (dps). Они также измеряют силу, приложенную к тележке в обоих направлениях вдоль оси X, и ускорение в трех направлениях (X, Y и Z). Программное обеспечение для сбора данных PASCO может отображать результирующее ускорение. Кодированные колеса Smart-тележки измеряют движение до максимальной скорости 3,0 метра в секунду с разрешением 0,2 миллиметра (мм). Положительное направление движения совпадает с направлением оси X на рисунке, показывающем направления осей ориентации датчика ускорения



Smart-тележка разработана с учетом оптимизации времени работы от аккумулятора. Поскольку каждая Smart-тележка имеет уникальный идентификацион-

ный номер устройства, возможно одновременно подключать несколько тележек к одному компьютеру или планшету.

Smart-тележка разработана компанией PASCO (Калифорния) и изготовлена в Китае.

## Программное обеспечение для сбора данных

### PASCO Capstone



- Mac OS X
- Windows

### SPARKvue



- Mac OS X
- Windows
- iOS
- Android
- Chromebook

Посетите страницу веб-сайта PASCO

[www.pasco.com/software](http://www.pasco.com/software)

для помощи в выборе подходящего программного обеспечения PASCO и для проверки наличия последних его версий.

## Интерактивная справка

Сведения о сборе, отображении и анализе данных см. в справочной системе программ SPARKvue и PASCO Capstone.

- В программе SPARKvue кнопку **HELP** (?) для вызова справочной системы можно увидеть на любом из экранов программы, включая домашний.
- В программе PASCO Capstone для вызова справочной системы выберите пункт **PASCO Capstone Help** в главном меню **Help**, или нажмите **F1**.

## Bluetooth® Совместимость

Посетите страницу веб-сайта PASCO

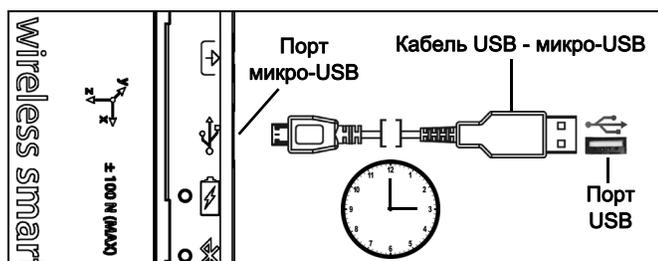
[www.pasco.com/wireless](http://www.pasco.com/wireless)

для получения последней информации о совместимости с Bluetooth SMART.

Платформа	Совместимость с Bluetooth SMART
iOS	iPad 3 и новее iPhone 4S и новее iPod touch 5 и новее
SPARK Element	Все модели
Android	Android 4.3 и новее
Chromebook	Chrome OS (требуется адаптер PS-3500*)
Mac OS X	Модели, представленные не раньше июля 2011 года*
Windows	Windows 7 и новее (требуется адаптер PS-3500*)

+ Дополнительные сведения об адаптере PS-3500 и моделях с Mac OS X см. в Приложении А.

### Начальный этап: зарядка аккумулятора



- Подключение кабеля:** подключите разъем микро-USB кабеля к порту микро-USB беспроводной Smart-тележки, а разъем USB к **порту USB** или к USB **зарядному устройству**, такому как зарядная станция PASCO PS-3501. Процесс зарядки начнется автоматически. Контроллер заряда, расположенный внутри Smart-тележки, самостоятельно отключается при полной зарядке. Индикатор заряда аккумулятора во время процесса зарядки светится желтым цветом, а когда аккумулятор заряжен, начинает светиться зеленым. Аккумулятор частично заряжен на заводе. Время начальной зарядки может составлять от трех часов и более, в зависимости от источника питания и состояния аккумулятора.

### Включение и выключение

Для включения Smart-тележки нажмите и удерживайте кнопку питания до тех пор, пока светодиодные индикаторы не начнут мигать. Для выключения Smart-тележки нажмите и удерживайте кнопку питания до тех пор, пока светодиодные индикаторы не прекратят мигать. Беспроводная Smart-тележка по динамике автоматически переходит в спящий режим после нескольких минут отсутствия активности, если она ни к чему не подключена, и через гораздо больший

промежуток времени отсутствия активности, если подключена.

### Светодиодные индикаторы

Светодиодные индикаторы статуса Bluetooth и заряда аккумулятора работают следующим образом в зависимости от типа подключения:

#### При беспроводном подключении по Bluetooth:

Индикатор Bluetooth	Статус
Мигает красным	Готов к подключению
Мигает зеленым	Подключен

Индикатор заряда	Состояние
Мигает красным	Разряжен

#### При подключении кабелем к USB порту:

Индикатор Bluetooth	Статус
ВЫКЛ.	--
ВЫКЛ.	--

Индикатор заряда	Состояние
Светит желтым	Зарядка
Светит зеленым	Заряжен

#### При подключении кабелем к USB зарядному устройству:

Индикатор Bluetooth	Статус
Мигает красным	Готов к подключению
Мигает зеленым	Подключен

Индикатор заряда	Состояние
Светит желтым	Зарядка
Светит зеленым	Заряжен

Посетите страницу веб-сайта PASCO:

[www.pasco.com/software](http://www.pasco.com/software)

для помощи в выборе подходящего программного обеспечения и для проверки наличия последних его версий.

## Настройка программного обеспечения

### SPARKvue

Сведения о настройке программы см. в справочной системе программы SPARKvue:

- В программе SPARKvue для вызова справочной системы нажмите кнопку «HELP» () на любом из экранов программы, включая домашний.

#### Подключение беспроводной Smart-тележки к планшету или компьютеру через Bluetooth

- В программе SPARKvue выберите значок Bluetooth () , чтобы открыть список **беспроводных устройств** (Wireless Devices). Устройства в списке **беспроводных устройств** упорядочены по близости к планшету или компьютеру. Выберите Smart-тележку с номером в формате XXX-XXX, соответствующим тому, что написан на ее корпусе. Нажмите **Done (Готово)**. На **домашнем экране** программы под названием Smart-тележки появится список измерений.

#### Подключение беспроводной Smart-тележки к планшету или компьютеру с помощью кабеля USB - микро-USB

- Подключите разъем микро-USB кабеля из комплекта к порту микро-USB на корпусе Smart-тележки. Другой конец кабеля подключите к USB порту компьютера или к USB-разветвителю, подключенному к компьютеру.

#### Обнуление (тарирование) Smart-тележки

Перед началом эксперимента данные измерений, передаваемые встроенными датчиками силы и ускорения могут быть не нулевыми, в то время как в действительности и сила и ускорение равны нулю. Это совершенно нормальное явление, которое корректируется обнулением (или тарированием) датчиков в программах для сбора данных PASCO. Сведения об обнулении встроенных датчиков см. в Приложении В.

#### Сбор данных

- На **домашнем экране** программы SPARKvue выберите пункт измерения необходимой величины из списка под названием датчика. Появится диаграмма зависимости значения измеряемой величины от времени.
- Для начала сбора данных нажмите кнопку **Старт** () в левом нижнем углу окна программы SPARKvue.

## PASCO Capstone

Сведения о настройке программы см. в справочной системе программы PASCO Capstone:

- В программе **PASCO Capstone** для вызова справочной системы выберите пункт **PASCO Capstone Help** в главном меню **Help**, или нажмите **F1**.

#### Подключение беспроводной Smart-тележки к планшету или компьютеру через Bluetooth

- В программе PASCO Capstone выберите пункт **Hardware Setup** (Настройка оборудования) в палитре инструментов «Tools». В списке устройства упорядочены по близости к планшету или компьютеру. Выберите Smart-тележку с адресом, соответствующим номеру в формате XXX-XXX, написанному на ее корпусе.

#### Подключение беспроводной Smart-тележки к планшету или компьютеру с помощью кабеля USB - микро-USB

- Подключите разъем микро-USB кабеля из комплекта к порту микро-USB на корпусе Smart-тележки. Другой конец кабеля подключите к USB порту компьютера или к USB-разветвителю, подключенному к компьютеру.

#### Обнуление (тарирование) датчика силы

Перед началом эксперимента данные измерений, передаваемые встроенными датчиками силы и ускорения могут быть не нулевыми, в то время как в действительности и сила и ускорение равны нулю. Это совершенно нормальное явление, которое корректируется обнулением (или тарированием) датчиков в программах для сбора данных PASCO. Сведения об обнулении встроенных датчиков см. в Приложении В.

#### Сбор данных

- В программы PASCO Capstone выберите любой из вариантов отображения из быстрых шаблонов в главном окне или из палитры инструментов **Display** (Отображение). Для выбора отображаемого измерения нажмите кнопку **<Select Measurement>** (Выбрать измерение).
- Нажмите кнопку **Record** (Запись) для начала сбора данных.

#### Устранение неисправностей беспроводной Smart-тележки по динамике PASCO

- Если беспроводная Smart-тележка потеряла подключение по Bluetooth и не подключается вновь, воспользуйтесь кнопкой питания. Нажмите и кратковременно **удерживайте** кнопку, пока светодиодные индикаторы не начнут мигать по оче-

реди, а затем отпустите кнопку. Запустите Smart-тележку обычным способом.

- Если Smart-тележка потеряла связь с программным обеспечением компьютера или приложением на планшете, попробуйте перезапустить программу или приложение. Если проблема не решается, нажмите и удерживайте кнопку питания в течение 10 секунд, а затем отпустите ее. Запустите Smart-тележку обычным способом.
- Выключите Bluetooth, а затем включите его вновь. Повторите попытку.

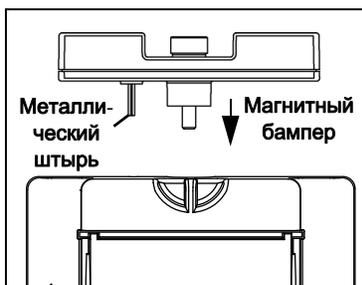
## Настройка оборудования

### Присоединение бамперов и крючка

Вкрутите в отверстие с резьбой на переднем торце Smart-тележки бампер или специальный крючок.

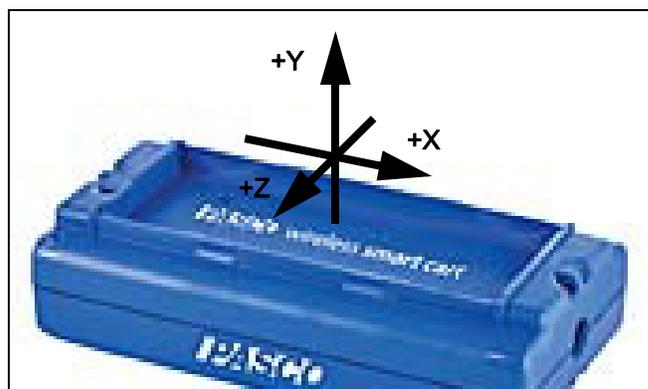


Магнитный бампер имеет металлический штырь, который вставляется в маленькое отверстие, расположенное сбоку от отверстия с резьбой на переднем торце Smart-тележки. Штырь обеспечивает правильную ориентацию крепления магнитного бампера.



### Ориентация чувствительности датчика ускорения

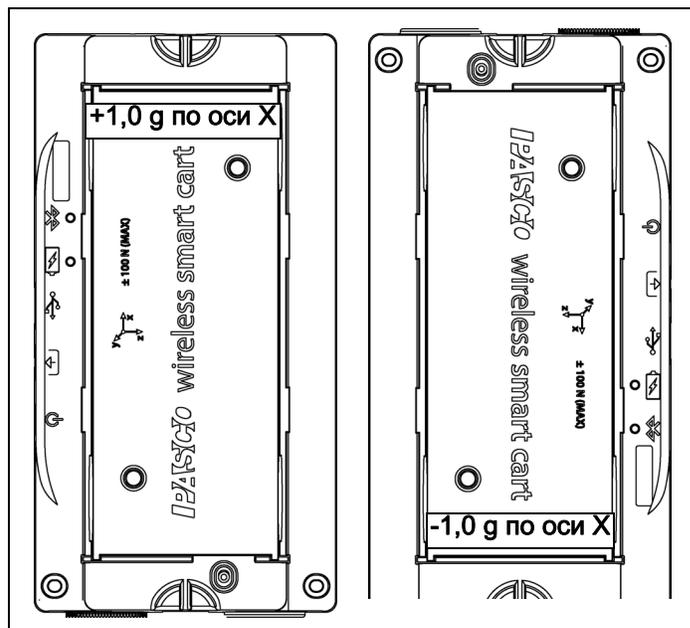
Датчик ускорения внутри Smart-тележки ориентирован таким образом, что направления максимальной его чувствительности совпадают с указанными направлениями ускорения по осям X-Y-Z.



В данной ориентации ось X направлена вдоль длинной стороны Smart-тележки, ось Y перпендикулярна верхней поверхности Smart-тележки. Ось Z перпендикулярна длинной стороне Smart-тележки и параллельна верхней поверхности тележки.

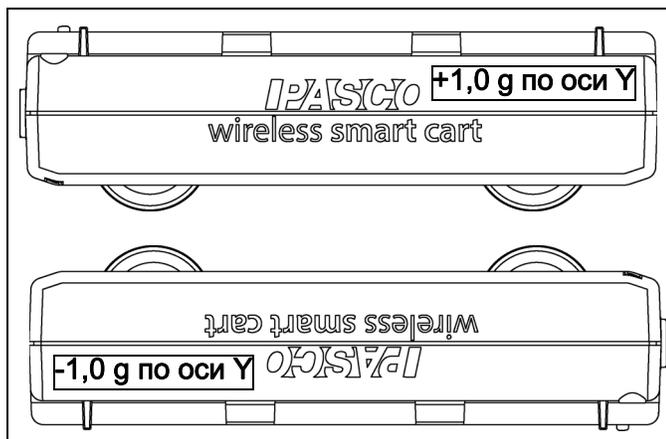
### Тест вывода данных Smart-тележки с использованием ускорения свободного падения

Запустите программное обеспечение для сбора данных PASCO. Если держать Smart-тележку так, чтобы ось X, нарисованная сверху на корпусе тележки указывала вертикально вверх, датчик ускорения по оси X будет показывать +1,0 g. Если перевернуть Smart-тележку наоборот, чтобы ось X указывала вертикально вниз, датчик ускорения по оси X будет показывать -1,0 g (где «g» – ускорение свободного падения).

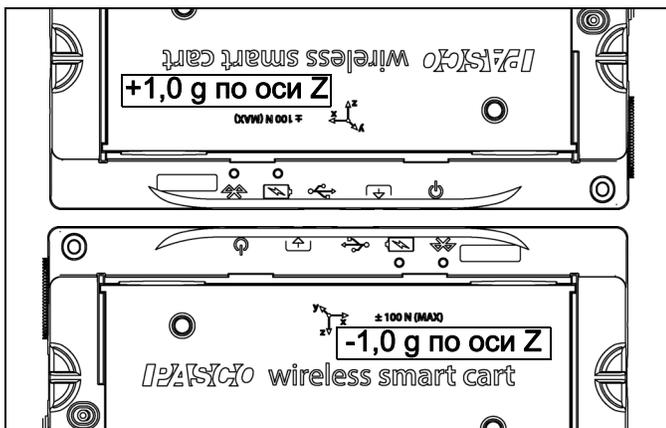


Если держать Smart-тележку горизонтально и лотком для дополнительного оборудования вверх, датчик ускорения по оси Y будет показывать 1,0 g. Если перевернуть тележку и поставить горизонтально лот-

ком вниз, датчик ускорения по оси Y будет показывать  $-1,0$  g.



Если держать Smart-тележку на боку так, чтобы ось Z, нарисованная сверху на корпусе тележки указывала вертикально вверх, датчик ускорения по оси Z будет показывать  $1,0$  g. Если перевернуть Smart-тележку на другой бок, чтобы ось Z указывала вертикально вниз, датчик ускорения по оси Z будет показывать  $-1,0$  g.



## Дополнительное оборудование для Smart-тележки

Для помощи в выборе дополнительного оборудования для Smart-тележки посетите страницу веб-сайта

[www.pasco.com/products](http://www.pasco.com/products)

и выберите тележки и дорожки из семейств продуктов.

### Дополнительное оборудование:

- Дополнительный вентилятор
- Дополнительная баллистическая тележка

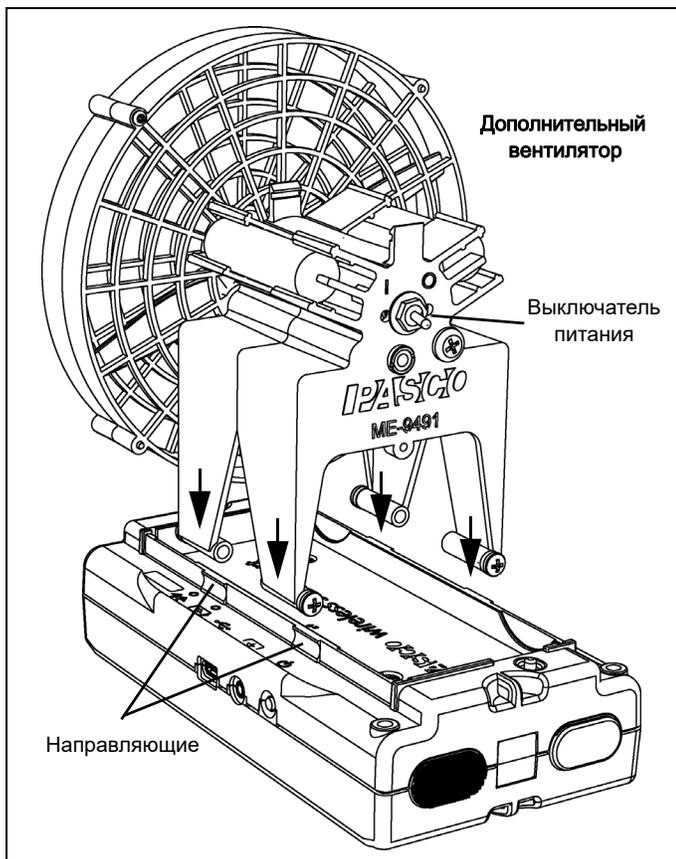
- Грузы для тележек PASCO
- Компактный груз для тележки
- Набор пружин
- Стопор для дорожки для опытов по динамике (2 шт.)
- Ножки для дорожки для опытов по динамике (пара)
- Кронштейн для изучения столкновений
- Генератор/Привод механических колебаний
- Дорожка PAStrack для опытов по динамике
- Дуговые секции дорожки PAStrack
- Устройство для наклона дорожек PAStrack
- Классические дорожки для опытов по динамике (1,2 м и 2,2 м)

### Системы

- Система для опытов по динамике со Smart-тележками 1,2 м
- Система для опытов по динамике со Smart-тележками 2,2 м

### Крепление дополнительного вентилятора на Smart-тележку

- Защелкните боковые ножки дополнительного вентилятора в направляющие ниши на боках лотка для дополнительного оборудования Smart-тележки.



случае постоянного использования на максимальной частоте сбора данных аккумулятор Smart-тележки обеспечит работу в течение всего дня без дополнительной подзарядки.

### Продление срока службы аккумулятора

Одним из факторов, влияющих на срок службы аккумулятора, является температура хранения. Поэтому не храните Smart-тележку в слишком холодных или слишком жарких условиях.

### Устранение неисправностей

Если индикатор заряда аккумулятора мигает красным, подключите Smart-тележку к порту USB или к зарядному устройству USB при помощи кабеля, входящего в комплект.

Если аккумулятор Smart-тележки не будет заряжаться, возможно его необходимо будет заменить. Для сведений о замене аккумулятора свяжитесь со службой технической поддержки.

### Рекомендуемые эксперименты

Практически в любых экспериментах, требующих измерения силы, ускорения, прямолинейного или вращательного движения, можно использовать Smart-тележки ME-1240 или ME-1241. Посетите страницу веб-сайта PASCO

[www.pasco.com/products/lab-manuals](http://www.pasco.com/products/lab-manuals)

для получения дополнительных сведений об экспериментах.

### Калибровка датчиков

Smart-тележка откалибрована на заводе. Проведение калибровки не является необходимым, особенно, если чаще приходится измерять величину изменения силы, ускорения или скорости движения, а не их абсолютные значения. Тем не менее, датчики можно откалибровать. Подробные сведения см. в Приложении С.

### Аккумулятор

Аккумулятор Smart-тележки частично заряжен на заводе. Если индикатор заряда аккумулятора мигает красным, подключите устройство к порту USB или к зарядному устройству USB при помощи кабеля, входящего в комплект.

### Работа от аккумулятора

Время работы от аккумулятора является важным фактором, делающим устройство простым и всегда готовым к использованию, поэтому беспроводные продукты PASCO рассчитаны на длительную работу от аккумулятора. Например, Smart-тележка автоматически отключается после нескольких минут отсутствия активности для экономии заряда.

Время работы между зарядками Smart-тележки варьируется в зависимости от частоты сбора данных. Устройство может непрерывно работать от 11 часов на высоких частотах сбора данных до 70 часов на малых частотах.

При обычном использовании в классах или лабораториях одной зарядки датчика обычно хватает на работу от недели до месяца, а иногда даже дольше, поскольку датчик обычно используется лишь небольшую часть рабочего дня. В самом экстремальном

## Технические характеристики

Параметр: сила	Значение
Диапазон	±100 ньютон (Н)
Разрешение	0,1 Н
Точность	±1%
Максимальная скорость сбора данных	500 замеров в секунду
Частота сбора данных в пакетно-монополюсном режиме*	5000 Гц (в течение 1 секунды)

\*При работе в пакетно-монополюсном режиме другие датчики будут

Параметр: положение	Значение
Разрешение	±0,2 мм
Параметр: скорость	Значение
Максимальная скорость	±3 м/с
Максимальная скорость сбора данных	100 замеров в секунду

Параметр: ускорение	Значение
Диапазон	±16g ( $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ )
Максимальная скорость сбора данных	500 замеров в секунду

отключены.

## Дальность Bluetooth подключения

30 м (без препятствий)

## Техническая поддержка

Для получения технической поддержки по любому продукту PASCO обращайтесь в компанию PASCO:

Адрес: PASCO scientific  
10101 Foothills Blvd.  
Roseville, CA 95747-7100, США

Телефон: +1 916 462 8384  
(международный)  
8700-772-8700 (в США)

Веб-сайт: [www.pasco.com/support](http://www.pasco.com/support)

Электронная почта: [support@pasco.com](mailto:support@pasco.com)

Данное Руководство будет периодически обновляться. Чтобы скачать последнюю версию этого Спра-

вочное руководство, зайдите на страницу веб-сайта PASCO

[www.pasco.com/manuals](http://www.pasco.com/manuals)

и введите артикул (ME-1240 или ME-1241) в строке поиска.

## Запасные части

Для получения информации о запасных частях, обратитесь в службу технической поддержки:

Кабель USB A - микро-USB

Крючок

Резиновый бампер

Магнитный бампер (ME-9885A)

### Ограниченная гарантия

Описание гарантийных обязательств в отношении продукта см. в каталоге PASCO. Дополнительные сведения см. на странице [www.pasco.com/legal](http://www.pasco.com/legal)

### Авторское право

Это *Справочное руководство* PASCO scientific защищено авторскими правами. Некоммерческим образовательным учреждениям предоставляется разрешение на воспроизведение настоящего руководства в любой его части, при условии, что копии будут использоваться исключительно в лабораториях и учебных классах этих организаций и не будут распространяться на коммерческой основе. Воспроизведение на других условиях без письменного согласия компании PASCO scientific запрещено. Версия: 4/16.

### Товарные знаки

PASCO, PASCO scientific, PASCO Capstone, PASPORT и SPARKvue являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками компании PASCO scientific в США и (или) других странах. Все остальные наименования брендов, продукции или услуг являются или могут быть товарными знаками или знаками обслуживания и соответственно используются для идентификации продукции или услуг их владельцев. Дополнительные сведения см. на странице [www.pasco.com/legal](http://www.pasco.com/legal).

### Заявление Федеральной комиссии связи США

Данное цифровое устройство класса А соответствует Правилам ФКС в части 15. Его эксплуатация должна отвечать следующим двум условиям: (1) данное устройство не может оказывать опасного воздействия и (2) данное устройство должно принимать любое входящее воздействие, включая помехи, вызывающие нежелательные эффекты.

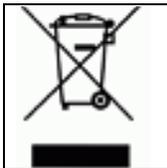
### Заявление CE

Данное устройство протестировано и соответствует базовым требованиям и иным положениям применяемых Директив ЕС.

### Инструкции по утилизации по окончании срока службы продукта

Данное электронное устройство подлежит утилизации и вторичной переработке в соответствии с правилами, которые зависят от конкретной страны и региона. Ответственность за утилизацию электронного оборудования в соответствии с местными экологическими законами и нормами, гарантирующими защиту здоровья и окружающей среды, возлагается на конечного пользователя. Сведения о пунктах сбора отработанного оборудования для переработки можно получить в местной службе по утилизации и переработке отходов или в месте приобретения продукта.

Символ ЕС WEEE (отходы электрического и электронного оборудования) на продукте или его упаковке (справа) указывает, что этот продукт не подлежит утилизации в стандартном контейнере для отходов.



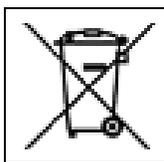
#### Инструкции по утилизации батарей

Батареи содержат химикаты, которые при утечке в атмосферу могут нанести ущерб здоровью человека и окружающей среде. Батареи должны собираться для переработки отдельно и утилизироваться на полигоне по утилизации опасных материалов согласно национальному и местному законодательству вашей страны. Сведения о месте утилизации отработанных батарей для переработки можно получить в местной службе по утилизации или у представителя продавца продукта.

Используемые в этом продукте литий-полимерные (Li-Poly) аккумуляторные батареи маркируются международными знаками, которые указывают на необходимость их отдельного сбора и утилизации.



Li-Poly



## Приложение А: Bluetooth<sup>SM</sup> Совместимость

Посетите страницу веб-сайта PASCO

[www.pasco.com/wireless](http://www.pasco.com/wireless)

для получения последней информации о совместимости с Bluetooth SMART.

Платформа	Совместимость с Bluetooth SMART
iOS	iPad 3 и новее iPhone 4S и новее iPod touch 5 и новее
SPARK Element	Все модели
Android	Android 4.3 и новее
Chromebook	Chrome OS (требуется адаптер PS-3500*)
Mac OS X <sup>1</sup>	Модели, представленные не раньше июля 2011 года
Windows	Windows 7 и новее (требуется адаптер PS-3500*)

\*PS-3500 USB Bluetooth 4.0 адаптер позволяет одновременно подключить до трех Bluetooth SMART устройств, таких как беспроводные устройства PASCO, к компьютерам с операционной системой Windows, хромбукам и старым компьютерам Macintosh.



ПРИМЕЧАНИЕ: USB Bluetooth 4.0 адаптер PS-3500 – это единственный адаптер, который мы можем в настоящее время рекомендовать. Сейчас доступны многие другие Bluetooth 4.0 адаптеры, но данный адаптер был разработан специально для работы с Bluetooth SMART датчиками.

<sup>1</sup>Для проверки совместимости с протоколом Bluetooth компьютеров Mac выполните следующие действия:

- Щелкните по символу  (яблоко) в верхнем меню.
- Выберите пункт *About This Mac*
- Нажмите кнопку *More Info...*
- Нажмите кнопку *System Report...*
- В боковой панели слева в раскрывающемся списке *Hardware* выберите подпункт *Bluetooth*
- Просматривайте появившийся справа список, пока не увидите строку «LMP Version».

- Если ваш Mac поддерживает Bluetooth SMART, справа от параметра «LMP Version» вы увидите **0x6**. (Если там вы увидите цифры меньше, чем **0x6**, это значит, что в этом компьютере более старая версия Bluetooth. Вам понадобится USB Bluetooth 4.0 адаптер PS-3500.)

<sup>1</sup>Компьютеры Mac Mini и MacBook Air были оснащены поддержкой Bluetooth SMART в 2011 году. Поддержка данного протокола в MacBook Pro была введена в 2012 году. Mac Pro, дебютировавший в декабре 2013 года, уже имел поддержку Bluetooth SMART.

**ИСКЛЮЧЕНИЕ:** Перед обновлением операционной системы вашего компьютера Macintosh с версией LMP «0x4», которому требуется USB Bluetooth 4.0 адаптер **PS-3500**, на операционную систему **El Capitan** (Mac OS X 10.11.x) обратитесь за инструкциями в техническую поддержку PASCO.

### Что такое Bluetooth SMART®?

Bluetooth SMART (также известный как Bluetooth с низким энергопотреблением или Bluetooth версии 4.0) – это последняя версия протокола стандарта беспроводной связи, созданного производителем телекоммуникационного оборудования Ericsson в 1994 году. Это энергоэффективная и удобная для применения версия протокола Bluetooth, разработанная для Интернета вещей (IoT).

## Приложение В: обнуление (тарирование) датчиков

### Обнуление (тарирование) Smart-тележки

Перед началом эксперимента данные измерений, передаваемые встроенными датчиками силы и ускорения могут быть не нулевыми, в то время как в действительности и сила и ускорение равны нулю. Это совершенно нормальное явление, которое корректируется обнулением (или тарированием) датчиков в программах для сбора данных PASCO.

Актуальные сведения о тарировании Smart-тележки см. в справочной системе программы SPARKvue:

- В программе SPARKvue для вызова справочной системы нажмите кнопку «HELP» () на любом из экранов программы, включая домашний.

В программе SPARKvue процесс обнуления датчиков беспроводной Smart-тележки начинается на домашнем экране ()

1. Для обнуления датчика силы выберите пункт **Force** (Сила) в списке измерений на домашнем

экране, чтобы открыть диаграмму зависимости силы от времени.

- На экране диаграммы нажмите значок **Experiment Tools** (Инструменты для опыта) (  ), чтобы открылось окно **Experiment Tools** (Инструменты для опыта).
- В окне **Experiment Tools** (Инструменты для опыта) нажмите **Configure Sensor** (Настроить датчик), чтобы открыть окно **Sensor Configuration** (Настройка датчика).
- В окне **Sensor Configuration** (Настройка датчика) нажмите кнопку **Edit Sensor Properties** (Редактировать свойства датчика), чтобы открыть меню **Edit Sensor Properties** (Редактировать свойства датчика).
- Меню **Edit Sensor Properties** (Редактировать свойства датчика) предоставляет два варианта для выбора:
  - Smart Cart Force Sensor (Датчик силы Smart-тележки)**
  - Smart Cart Acceleration Sensor (Датчик ускорения Smart-тележки)**
- Выберите **Smart Cart Force Sensor** (Датчик силы Smart-тележки), чтобы открыть окно **Edit Sensor Properties** (Редактировать свойства датчика).
- Меню **Edit Sensor Properties** (Редактировать свойства датчика) предоставляет два варианта для выбора под заголовком **Tare Sensor** (Тарировать датчик):
  - Zero Sensor Automatically On Start** (Обнулять датчик автоматически при запуске):
  - Zero Sensor Now (Обнулить датчик сейчас)**
- В окне **Edit Sensor Properties** (Редактировать свойства датчика) выберите **Zero Sensor Automatically On Start** (Обнулять датчик автоматически при запуске) для того, чтобы датчик обнулялся каждый раз при запуске сбора данных. Выберите **Zero Sensor Now** (Обнулить датчик сейчас) для обнуления датчика вручную.
- Нажмите **OK** внизу окна для возвращения к экрану диаграммы.

Для обнуления датчика ускорения вернитесь на **Домашний экран** (  ). (ПРИМЕЧАНИЕ: Может появиться сообщение с просьбой о сохранении данных.)

- Для обнуления **Датчика ускорения Smart-тележки** выберите любой из пунктов измерения ускорения на **Домашнем экране**, чтобы открыть диаграмму зависимости силы от времени.
- На экране диаграммы нажмите значок **Experiment Tools** (Инструменты для опыта) (  ), чтобы открылось окно **Experiment Tools** (Инструменты для опыта).
- Выполните те же действия, что и для обнуления датчика силы.

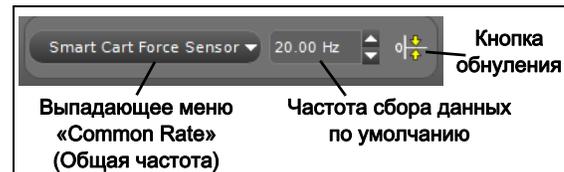
Актуальные сведения о тарировании Smart-тележки см. в справочной системе программы PASCO Capstone:

- В программе **PASCO Capstone** для вызова справочной системы выберите пункт **PASCO Capstone Help** в главном меню **Help**, или нажмите **F1**.

В программе PASCO Capstone существует два варианта обнуления беспроводного датчика силы.

Первый вариант – использовать кнопку **обнуления**:

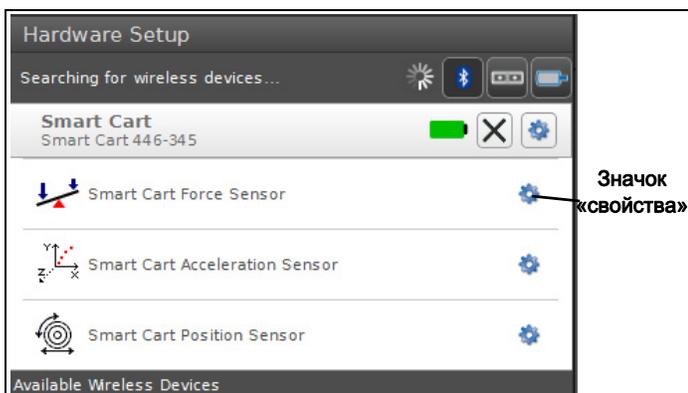
- Выберите **Smart Cart Force Sensor** (Датчик силы Smart-тележки) в выпадающем меню **Common Rate** (Общая частота) в нижней панели на экране и нажмите кнопку **Обнуления**. Это установит показания датчика на ноль.



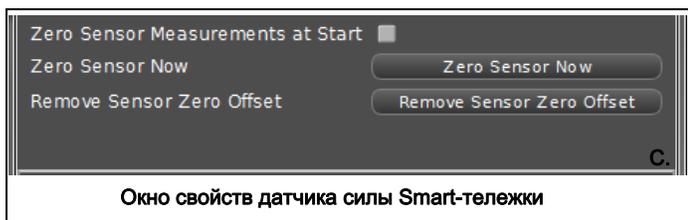
- Повторите те же действия для обнуления **Датчика ускорения Smart-тележки**, если это необходимо.

Второй вариант – это воспользоваться окном настройки свойств датчика:

- Щелкните значок **Hardware Setup** (Настройка оборудования) в панели инструментов **Tools**, чтобы открыть окно **Hardware Setup**.



- Щелкните по значку «свойства» справа от **Smart Cart Force Sensor** (Датчика силы Smart-тележки), чтобы открыть окно **Properties** (Свойства).
- В окне **Properties** (Свойства) выберите один из трех предлагаемых вариантов и нажмите **OK** внизу окна, чтобы закрыть его.



- Zero Sensor Measurements at Start** – обнулять показания датчика силы перед началом сбора данных.
  - Zero Sensor Now** – Обнулить датчик сейчас. Работает точно так же, как кнопка обнуления.
  - Remove Sensor Zero Offset** – Отменить обнуление датчика. Возвращает беспроводной датчик силы в предыдущее состояние.
- Повторите те же действия для обнуления Датчика ускорения Smart-тележки, если это необходимо.

## Приложение С. Калибровка

Smart-тележка откалибрована на заводе, поэтому проведение калибровки не является необходимым, особенно, если чаще приходится измерять величину изменения силы, а не ее абсолютное значение. Тем не менее, ее датчики можно откалибровать.

### Подготовка к калибровке

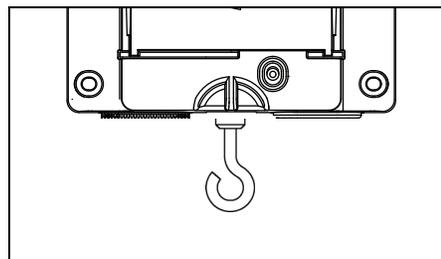
Для калибровки понадобятся грузы общей массой 1 килограмм, вкручиваемый крючок, шнурок, а также штатив с горизонтальным стержнем для удерживания Smart-тележки. Необходимо подключить датчик

Smart-тележки к компьютеру или планшету и запустить программу для сбора данных (например, SPARKvue).

### Калибровка в программе SPARKvue

Сведения о калибровке см. в справочной системе программы SPARKvue:

- В программе SPARKvue для вызова справочной системы нажмите кнопку "HELP" (?) на любом из экранов программы, включая домашний.
- Вкрутите крючок в отверстие с резьбой Smart-тележки.
  - Привяжите шнурок к двум петлям для крепления на торце со стороны толкателя Smart-тележки и подвесьте тележку за образовавшуюся петлю на горизонтальный стержень штатива.



- Нажмите кнопку «Experiment Tools» (Инструменты для опыта) (X).
- Откроется окно **Experiment Tools** (Инструменты для опыта).
- Нажмите кнопку **Calibrate Sensor** (Калибровать датчик).
- Откроется окно **Calibrate Sensor: Select Measurement** (Калибровка датчика: выбор измерения).
- Выберите **датчик** для калибровки, нажав кнопку в поле **Sensor** (Датчик).
- Нажмите кнопку **Calibration Type** (Тип калибровки) и выберите нужный тип калибровки. (В данном случае выберите **2-point** (По двум точкам).)
- Нажмите **Next** (Дальше).
- Откроется окно **Calibrate Sensor: Enter Values** (Калибровка датчика: ввод значений).
- Подвесьте груз массой 1 килограмм на крючок.

9. Сила тяжести тянет груз в отрицательном для тележки направлении с силой -9,8 ньютон (Н). В разделе **Calibration Point 1** (Точка калибровки 1) введите в поле **Standard Value** (Стандартное значение) известное значение силы (то есть -9,8).
10. В разделе **Calibration Point 1** (Точка калибровки 1) нажмите кнопку **Read From Sensor** (Считать с датчика).
  - Значение, измеренное датчиком, появится в поле **Sensor Value** (Значение датчика).
11. Снимите груз массой 1 килограмм с крючка. Теперь результирующая сила равна нулю Н.
12. В разделе **Calibration Point 2** (Точка калибровки 2) введите в поле **Standard Value** (Стандартное значение) второе известное значение силы (то есть 0).
13. В разделе **Calibration Point 2** (Точка калибровки 2) нажмите кнопку **Read From Sensor** (Считать с датчика).
  - Второе значение, измеренное датчиком, появится в поле **Sensor Value** (Значение датчика).
14. Нажмите **OK**.

### Калибровка в программе PASCО Capstone

Сведения о калибровке см. в справочной системе программы PASCО Capstone:

- В программе **PASCО Capstone** для вызова справочной системы выберите пункт **PASCО Capstone Help** в главном меню **Help**, или нажмите **F1**.
1. Вкрутите крючок в отверстие с резьбой Smart-тележки.
  2. Привяжите шнурок к двум петлям для крепления на торце со стороны толкателя Smart-тележки и подвесьте тележку за образовавшуюся петлю на горизонтальный стержень штатива.
  3. Выберите пункт **Calibration** (Калибровка) (  ) в палитре инструментов **Tools**.
  4. Выберите измерение, калибровку которого нужно произвести: **Force Measurement**.
  5. Нажмите **Next** (Дальше).
  6. Выберите тип калибровки: **Two Standards (2 point)** (По двум точкам).
  7. Нажмите **Next** (Дальше).

8. Подвесьте груз массой 1 килограмм на крючок.
9. Результирующая сила, действующая на датчик равна -9,8 Н. Введите это значение в текстовое поле **Standard Value** (Стандартное значение).
10. Когда показания в поле **Current Value** (Текущее значение) стабилизируются, нажмите **Set Current Value to Standard Value** (Установить текущее значение в качестве стандартного).
11. Нажмите **Next** (Дальше).
12. Снимите груз массой 1 килограмм с крючка. Второе значение силы равно нулю Н.
13. Введите известное значение силы (то есть 0) в текстовом поле **Standard Value** (Стандартное значение).
14. Когда показания в поле **Current Value** (Текущее значение) стабилизируются, нажмите **Set Current Value to Standard Value** (Установить текущее значение в качестве стандартного).
15. Нажмите **Next** (Дальше).
16. Нажмите **Finish** (Завершить).

### Теоретические основы калибровки

Одной из функций программного обеспечения сбора данных PASCО является преобразование потока необработанных данных датчика в калиброванные данные, которые вы видите на диаграмме, в таблице и других видах отображения. Если не откалибровать датчик самостоятельно, программное обеспечение использует калибровку по умолчанию, которая загружается при подключении датчика.

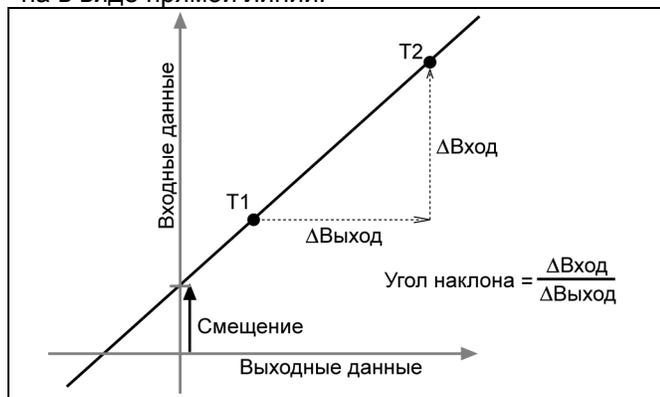
Можно сказать, что программа принимает исходные данные, а выводит данные откалиброванные. При выполнении калибровки, программа переопределяет линейное уравнение, согласно которому необработанные входные данные преобразуются в откалиброванные выходные данные. Линейная функция имеет вид:

Входные данные = Угол наклона x Калиброванный выход + Смещение

Или:

Калиброванный выход = (Входные данные - Смещение)/Угол наклона

Такая функция может быть графически представлена в виде прямой линии.



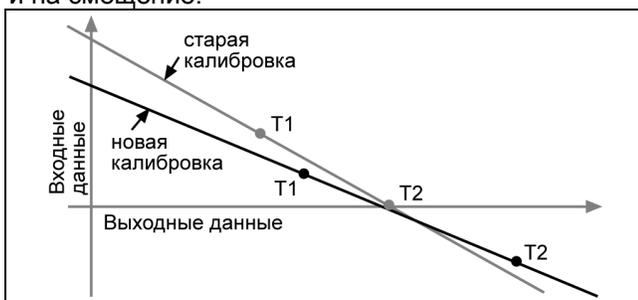
Две точки T1 и T2 определяют линию. В процессе калибровки по двум точкам, каждая точка переустанавливается, привязывая известное стандартное значение (например, температуры ледяной воды) к входным данным, передаваемым датчиком при измерении этого стандартного значения. При калибровке по одной точке только одна из точек переустанавливается пользователем.

## Типы калибровки

Существует три типа калибровки: по двум точкам, изменение угла наклона по одной точке и смещение по одной точке. Калибровка любого из этих типов может быть выполнена как для одного датчика, так и одновременно для нескольких одинаковых датчиков. Однако для каждого конкретного датчика программа автоматически выберет наиболее подходящий тип калибровки в качестве настройки по умолчанию.

### По двум точкам

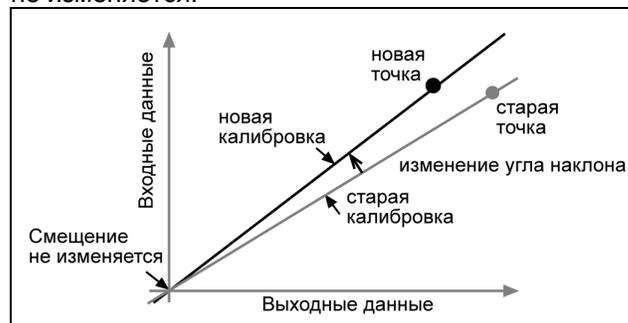
При данном типе калибровки происходит переустановка двух точек, определяющих новую прямую. Этот тип калибровки влияет как на угол наклона, так и на смещение.



### Изменение угла наклона по одной точке

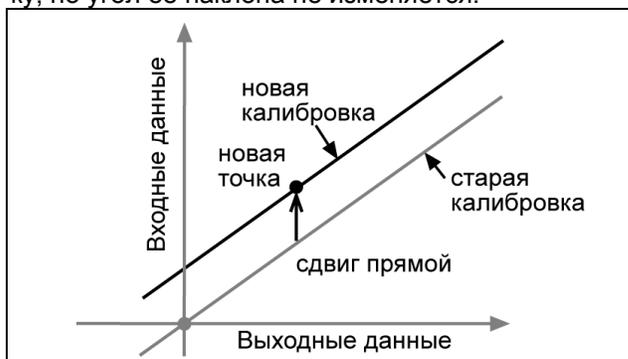
При данном типе калибровки происходит переустановка только одной точки. Угол наклона прямой изменяется, поскольку она проходит теперь через но-

вую точку, а точка пересечения прямой оси (Y) не изменяется.



### Смещение по одной точке

При данном типе калибровки также происходит переустановка только одной точки. Прямая перемещается, поскольку она проходит теперь через новую точку, но угол ее наклона не изменяется.



Калибровка смещения обычно применяется для согласования датчиков. Из-за различий между зондами, один из них может постоянно завышать показания относительно другого. Обычно эта разница бывает незначительной. Тем не менее, калибровка смещения может использоваться для приведения показаний разных датчиков к очень близкому соответствию.