

*Водопьян Григорий Моисеевич*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКА РАССТОЯНИЙ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИЙ ПО МЕХАНИКЕ В 9 КЛАССЕ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

В предыдущей статье (см. журнал N1) мы описали возможности датчика расстояния Distance SM и универсального интерфейса, которые входят в компьютерную физическую лабораторию фирмы Philip Harris (Великобритания). В этой статье мы постараемся описать несколько демонстрационных и лабораторных экспериментов, в которых использование этих приборов, с нашей точки зрения, методически оправдано.

Речь пойдет об экспериментах, предусмотренных программой по физике в 9 классе средней школы, которые мы предлагаем поставить на стандартном оборудовании школьного кабинета физики, а новое качество появляется за счет эффективного использования датчика расстояния и обработки результатов эксперимента с помощью программы Datadisc Pro.

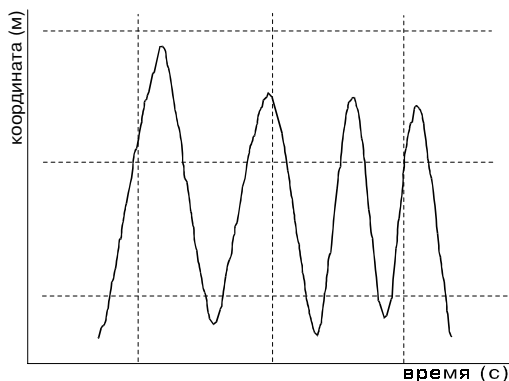


рис. 1

грамму обработки результатов измерений Datadisc PRO (программа Datadisc PRO поставляется вместе с компьютерной физической лабораторией Philip Harris).

Учитель берет излучатель датчика расстояния в руку и просит кого-нибудь из учеников пройти по проходу между партами по направлению к нему или от него. Направив излучатель на ученика, легко убедиться в том, что датчик “видит” движение объекта. Об этом можно судить по цифровому табло датчика расстояния.

После этого с помощью программы Datadisc PRO учитель легко сможет записать

### Первая демонстрация возможностей датчика расстояния

Подготовить восприятие учеников к совершенно новому для них прибору можно очень простым и эффектным экспериментом - записать движение одного из них!

Для этого достаточно подключить датчик расстояния к универсальному интерфейсу, а его, в свою очередь, к компьютеру и запустить про-

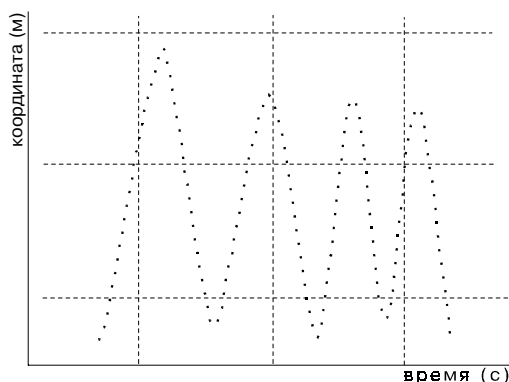


рис. 2

движение ученика. На экране монитора моментально появится график (рис. 1), по которому легко узнаются изменения направления и скорости движения.

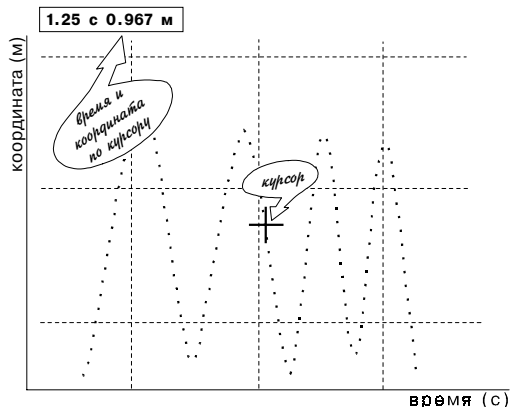


рис. 3

Если к моменту демонстрации вы уже объяснили классу понятие мгновенной скорости, то можете по полученным экспериментальным данным вычислить зависимость скорости ученика от времени, воспользовавшись соответствующей командой программы Datadisk Pro (рис. 4), которая умеет проводить численное дифференцирование.

Конечно, при этом надо учитывать тот факт, что на результат измерения оказывают влияние шумы электронной схемы датчика расстояния и интерфейса, поэтому график координаты получается в виде кривой с резкими

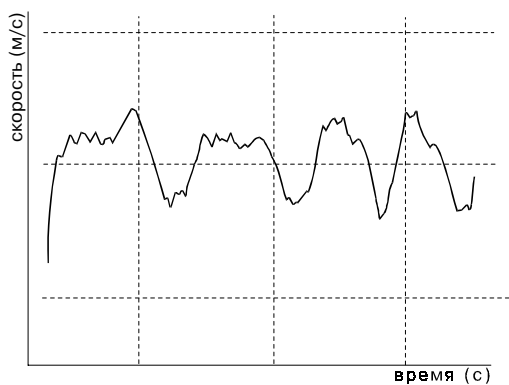


рис. 5

Датчик производит измерения в определенные моменты времени, поэтому для понимания дальнейшего учитель должен продемонстрировать классу экспериментальные точки (рис. 2). Каждая точка на графике соответствует определенному расстоянию до движущегося объекта.

Полезно обратить внимание класса на то, что соответствующие координата и момент времени высвечиваются в левом верхнем углу экрана (рис. 3).

Полученные данные учитель может продемонстрировать классу и в виде таблицы (рис. 4).

Номер	Вх 1 Координата n	Время
0	1.19	0с
1	1.19	0.037с
2	1.18	0.074с
3	1.17	0.112с
4	1.16	0.149с
5	1.16	0.186с
6	1.15	0.223с
7	1.14	0.260с
8	1.13	0.297с
9	1.13	0.335с
10	1.12	0.372с
11	1.11	0.409с
12	1.10	0.446с
13	1.10	0.483с
14	1.09	0.520с
15	1.08	0.558с
16	1.07	0.595с
17	1.07	0.632с
18	1.06	0.669с
19	1.05	0.706с

рис. 4

изломами. Для вычисления скорости, вам с помощью программы Datadisk PRO, нужно провести численное дифференцирование полученных данных, выполнение этой операции над экспериментальной кривой даст большую погрешность для скорости. Но с этим можно успешно справиться с помощью специальных команд программы.

### Запись равномерного движения

Во время объяснения понятия равномерного движения на уроке физики в 7-м классе

необходимо его записать. Запись обычно осуществляется следующим образом: на самоходную тележку устанавливается капельница с подкрашенной водой, тележка движется вдоль полосы бумаги, капельки падают на полосу на определенном расстоянии друг от друга. Этот след и является записью движения тележки. Мы предлагаем другой способ проведения этого эксперимента.

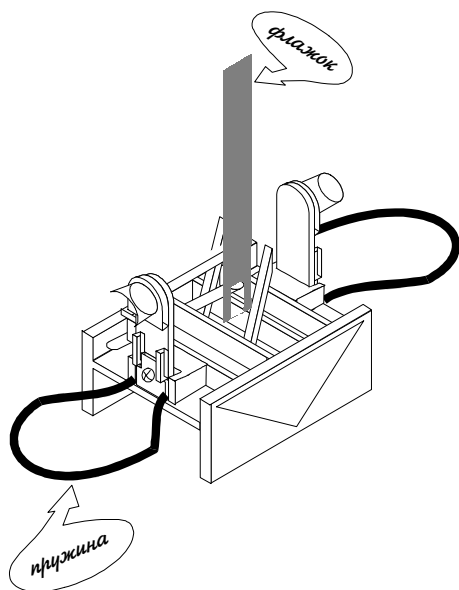


рис. 6

SM мог “видеть” тележку (рис. 6).

Затем излучатель датчика крепится на штативе, который необходимо установить на расстоянии 30 - 50 см от края скамьи. Излучатель датчика направляется так, чтобы посланный сигнал попадал во “флажок” тележки в любой точке скамьи. Этого добиться очень легко.

Запустив программу Datadisc PRO и толкнув тележку, на экране монитора мы за несколько секунд получаем график движения (рис. 7).

Теперь учитель может с помощью курсора пройти по полученной кривой и вместе с учениками обсудить соответствие графика движения и наблюдаемого процесса. Координаты точки графика, на которой установлен курсор, будут отображаться в верхнем левом углу экрана.

После того, как выполнены все вышеперечисленные операции, можно продемонстрировать классу таблицу измерений координаты движения

Для того чтобы узнать скорость движения тележки, учитель может не проводить непонятную для учеников процедуру численного дифференцирования, а просто воспользоваться еще одной замечательной возможностью программы Datadisc Pro. Дело в том, что она позволяет вычислить градиент в любой точке графика, который и будет практически равен мгновенной скорости движения тележки. После этого программа будет вычислять скорость движения в той точке графика, на которую наведен курсор. Значения скорости

Продемонстрировать и записать равномерное движение можно, используя скамью и малую тележку из комплекта ПДЗМ (Прибор для демонстрации законов механики), а также датчик расстояния и программу Datadisc Pro.

Основными частями ПДЗМ являются моно-рельс, набор тележек, воздуходувка, которая создает для них воздушную подушку и, как следствие, малое трение во время движения.

Для успешного проведения демонстрации нужна небольшая специальная подготовка. Учителю необходимо изготовить из картона или полоски жести легкий “флажок” размерами 2x15 см и прикрепить его к штырьку малой тележки. Этот “флажок” необходим для того, чтобы датчик Distance

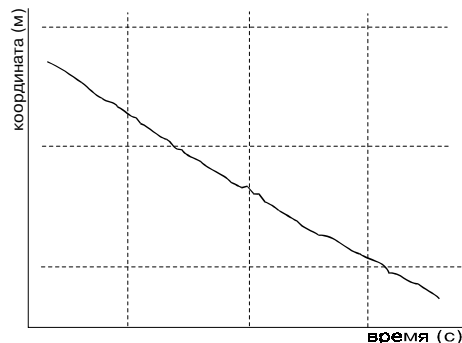


рис. 7

будут показываться в левом верхнем углу экрана.

В 9 классе учитель может выполнить этот же эксперимент, когда начнет изучать

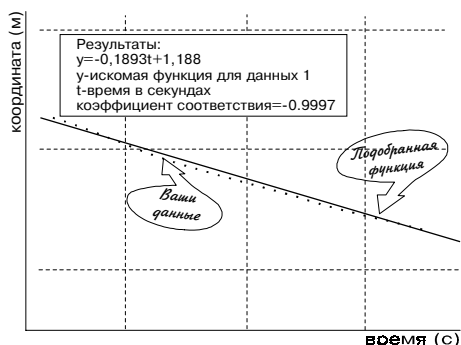


рис. 8

равномерное движение. Программа позволяет по полученным данным подобрать с некоторой погрешностью функциональные зависимости координаты и скорости от времени (аппроксимирующие функции). Datadisc PRO представляет на выбор четыре вида функциональных зависимостей:

- линейную,
- экспоненциальную,
- логарифмическую,
- квадратичную.

Из них надо выбрать ту, которая визуально наиболее подходит для экспериментальной кривой или предсказывается теоретическим рассуждением.

В данном случае, согласно теории, следует остановить выбор на линейной зависимости. Программа выведет на экран зависимость координаты от времени и коэффициент соответствия, по которому можно судить о расхождении аппроксимирующей функции и экспериментальных данных (рис. 8).

**Запись равноускоренного движения.**

**Вычисление мгновенной скорости и ускорения.**

Записать равноускоренное движение можно, используя то же оборудование, что и в предыдущем эксперименте, но скамью установить под углом в 1 или 3 градуса к горизонту, как это описано в инструкции к ПДЗМ. Все остальные действия такие же, как и описанные выше.

На экране монитора будет рисоваться график движения тележки (рис. 9), напоминающий несколько соединенных между собой парабол.

Программа Datadisc Pro позволяет исследовать

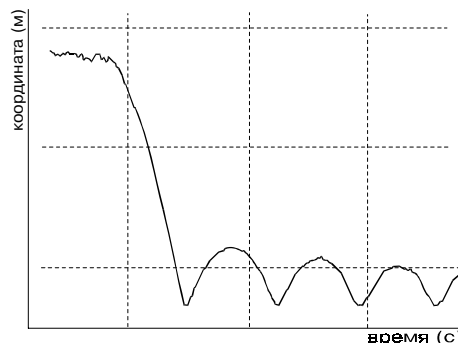


рис. 9

только часть полученных данных. В данном эксперименте для дальнейшего исследования нужна только часть параболы. По этим данным программа подбирает аппроксимирующую функцию зависимости координаты от времени.

Результат вычислений будет представлен на экране формулой и построенной по ней кривой (рис. 10).

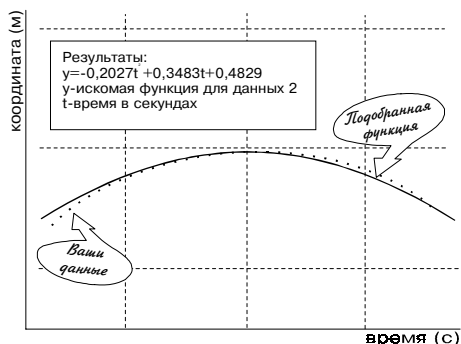


рис. 10

Как мы уже отмечали, программа Datadisc Pro позволяет провести численное дифференцирование экспериментальных данных, поэтому очень легко получить график скорости и подобрать по нему

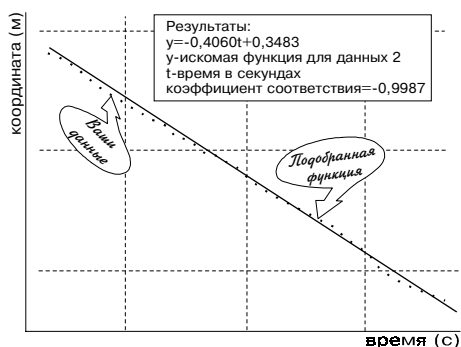


рис. 11

соответствующую аппроксимирующую функцию.

Компьютер вычислит ее постоянные коэффициенты, покажет формулу и нарисует график (рис. 11).

По этим формулам легко определить ускорение и сравнить его в дальнейшем с результатом теоретического расчета по формуле  $a = g \sin \alpha$

Полученные экспериментальные данные позволяют обсудить с учениками понятие мгновенной скорости и ускорения. Для этого можно использовать график координаты, на котором вы можете последовательно выделять уменьшающиеся участки

и вычислять скорость, поделив изменение координаты на время.

Измерение ускорения свободного падения

В лабораторный практикум по физике в 9 классе входит несколько работ по измерению ускорения свободного падения. Практически в них различными способами измеряется время падения тела.

Датчик расстояния и программа Datadisk Pro позволяют провести очень простой эксперимент по измерению ускорения свободного падения.

Идея метода понятна из предыдущей лабораторной работы: с помощью датчика и программы записать движение свободно падающего тела. По полученным экспериментальным точкам подобрать аппроксимирующую квадратичную функцию зависимости координаты тела от времени и по коэффициенту при члене второго порядка определить ускорение.

Проводится эксперимент очень просто. Излучатель датчика крепится на высоте 1,5-2 м от пола на универсальном штативе. В качестве “свободно падающего тела” можно выбрать любой предмет с отражающей поверхностью не менее 100 см<sup>2</sup>. Под излучателем, на полу, надо положить что-нибудь мягкое, например, обычную тряпку, сложенную в несколько слоев. Она нужна для того, чтобы погасить звук удара падающего предмета, который будет использоваться в эксперименте.

Один ученик подносит выбранный предмет под излучатель датчика на расстояние 40-50 см, а другой в это время запустит процесс измерения. После этого можно просто отпустить предмет и за время его падения датчик успеет 10-15 раз измерить координату тела. Результаты измерений координаты падающего тела можно увидеть на мониторе в виде графика (рис. 12).

После этого надо удалить те части графика, которые не относятся к свободному падению. Для

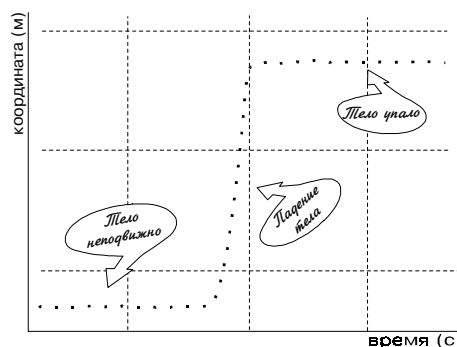


рис. 12

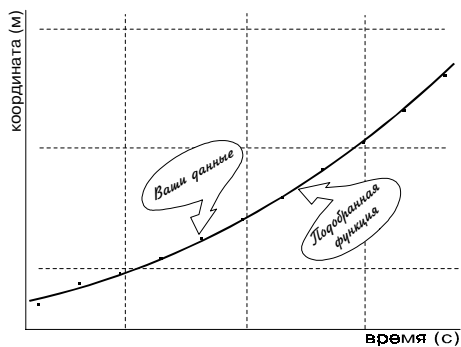


рис. 13

дальнейшей обработки достаточно выделить только среднюю часть процесса падения предмета: точек 8-10. По этим точкам программа подберет аппроксимирующую квадратичную функцию зависимости координаты тела от времени, покажет формулу, построит по ней кривую, напишет погрешность, с которой она соответствует экспериментальным данным (рис. 13).

Совпадение экспериментального результата с известным значением ускорения свободного падения получается очень хорошим для школьных условий. Учитывая простоту и наглядность метода измерения, можно утверждать, что такая постановка эксперимента одна из лучших в школьной практике.

Продемонстрировать на уроке гармонические колебания пружинного или нитяного маятников достаточно просто. Гораздо труднее записать зависимость координаты и скорости от времени. Если запись координаты еще поддается традиционным решениям, то демонстрация изменения скорости и ускорения - достаточно сложная задача.

Мы предлагаем записать гармонические колебания очень простым способом с помощью датчика расстояния и программы Datadisk Pro.

Для проведения эксперимента собирается обычная установка для демонстрации колебаний пружинного маятника.

Подвесить пружину необходимо так, чтобы колебания происходили на высоте 60-70 см от основания штатива, а на стол под грузом положить

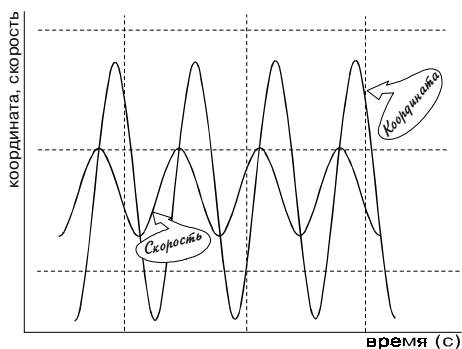


рис. 15

излучатель датчика расстояния.

После этого можно возбудить колебания маятника и запустить процесс измерения.

На экране монитора будет рисоваться график зависимости координаты маятника от времени (рис. 14).

Теперь можно попросить программу проинтегрировать координату по времени и показать график скорости маятника. На экране будет хорошо виден сдвиг по фазе между скоростью и координатой (рис. 15).

Программа Datadisk Pro поможет вам продемонстрировать классу зависимость скорости маятника от его координаты (фазовая траектория маятника, рис 16.) .

Получить график зависимости ускорения маятника от времени также просто, как и скорости. На экране будет видно, что ускорение и координата

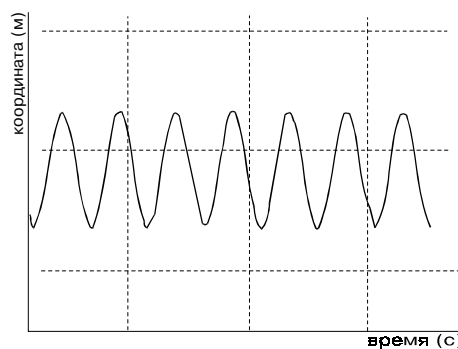


рис. 14

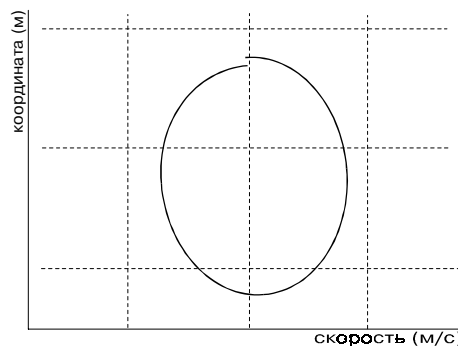


рис. 2

изменяются практически в противофазе (рис. 17).

Нельзя ожидать, что сдвиг по фазе между координатой и ускорением маятника будет точно равен  $\pi$ , поскольку в системе существует вязкое трение.

Описанный эксперимент можно предложить на практикуме в 9 или 11 классах. Целью работы будет определение связи между периодом колебаний, массой груза и жесткостью пружины.

Можно исследовать малые колебания нитяного маятника с помощью датчика расстояния. В этом случае датчик должен располагаться сбоку от маятника, в плоскости его колебаний на расстоянии 70-80 см от положения равновесия при амплитуде колебаний 10-15 см.

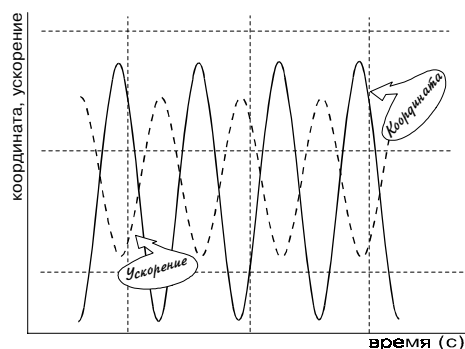


рис. 17

### Заключение

Мы описали некоторые традиционные эксперименты по механике в 9 классе. Использование датчика расстояния Distance SM и программы Datadisk Pro, с нашей точки зрения, не только существенно облегчает их проведение, но и дает учителю физики новые возможности на уроке.

НАШИ АВТОРЫ

*Водопьян Григорий Моисеевич,  
заместитель директора  
Международной школы общего  
образования, методист РУЦИО.*