

МЕТОДИКА ВЫКЛАДАНИЯ

МЕТОДИКА ВЫКЛАДАНИЯ ФІЗИКІ

Весті БДПУ. Серыя 3. 2022. № 2. С. 39–42

УДК 53:378.147.091.32

UDC 53:378.147.091.32

ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС НОВОГО ФОРМАТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ СТУДЕНТОВ И ШКОЛЬНИКОВ

DIGITAL LABORATORY COMPLEX OF NEW FORMAT FOR RESEARCH PROJECTS OF STUDENTS AND SCHOOLCHILDREN

В. Р. Соболев,
*доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
физики и методики преподавания
физики Белорусского государственного
педагогического университета
имени Максима Танка;*

Ч. М. Федорков,
*кандидат педагогических наук,
доцент кафедры физики и методики
преподавания физики
Белорусского государственного
педагогического университета
имени Максима Танка;*

Е. М. Жданко,
*магистрант Белорусского
государственного педагогического
университета имени Максима Танка;*

В. И. Стручков,
*заведующий учебной лабораторией
Белорусского государственного
педагогического университета
имени Максима Танка*

V. Sobol,
*Doctor of Physics and Mathematics,
Professor, Head of the Department
of Physics and Methods
of Teaching Physics,
Belarusian State Pedagogical
University named after Maxim Tank;*

Ch. Fedorkov,
*PhD in Pedagogy, Associate
Professor of the Department
of Physics and Methods
of Teaching Physics, Belarusian
State Pedagogical University
named after Maxim Tank;*

E. Zhdanko,
*Master Student, Belarusian
State Pedagogical University
named after Maxim Tank;*

V. Struchkov,
*Head of the Learning
Laboratory, Belarusian State
Pedagogical University
named after Maxim Tank*

Поступила в редакцию 13.05.2022.

Received on 13.05.2022.

Рассматриваются методологические аспекты постановки эмпирического исследования плоского движения системы тел вдоль наклонной плоскости. Существующие образцы так называемых цифровых лабораторий с датчиками-преобразователями аналоговых сигналов использованы для расширения лабораторного эксперимента ввиду возможности оперативного фиксирования и обработки временных интервалов, что необходимо для рассмотрения задач динамики. Представлен вариант модернизированного цифрового лабораторного комплекса для изучения двойного скольжения вдоль наклонной плоскости с электронной регистрацией временных промежутков датчиками, коммутированными с USB портами компьютера.

Ключевые слова: механика, наклонная плоскость, моделирование, скольжение, датчики-преобразователи, ноутбук.

The article considers methodological aspects of setting empirical research of planar motion of a system of bodies along an inclined plane. The existing samples of so-called digital laboratories with indicators-converters of analog signals are used for widening the laboratory experiment due to the possibility of operative fixing and processing the temporal intervals, that is necessary for considering the problems of dynamics. A variant of modernized digital laboratory complex for studying double sliding along an inclined plane with electronic registering of temporal intervals by indicators commuted with USB-ports of a computer.

Keywords: mechanics, inclined plane, modeling, sliding, indicators-converters, laptop.

Введение. Постановка задачи. Исследование механического движения методом наклонной плоскости занимает важное место в лабораторном практикуме средней и высшей школы. Непосредственно описание скольжения одного тела по поверхности другого требует для полного представления процесса привлечение положений и второго, и третьего законов Ньютона относительно результирующей всех сил, корректного применения парадигмы действия и противодействия. В школьной лаборатории при экспериментальном моделировании процессов динамики тел кинематические характеристики обычно сочетают с силовыми. Для исследования прямолинейного ускоренного движения в самом простом приближении принято применять мерную ленту, линейку, секундомер, на основании которых можно получить требуемые значения скорости и ускорения. Система *L-micro* с электронной регистрацией промежутков времени дает возможность более точно определять временные интервалы между событиями и использовать их в рабочих формулах на расчетам заданных параметров. Гораздо большие преимущества при экспериментальном моделировании динамических процессов предоставляют цифровые лаборатории как измерительные комплексы, сочетающие сам эксперимент, систему регистрации с ресурсом интерфейса персонального компьютера, что позволяет, например, временные интервалы не только фиксировать, но и обрабатывать в базах данных.

В работе представлен вариант расширения спектра измеряемых динамических параметров в задачах механики скольжения тел с привлечением разработанного комплекса «Наклонная плоскость». В данном случае тра-

диционная экспериментальная часть схемы расширена для моделирования и исследования процессов перемещения плоских поверхностей тел относительно друг друга. Развитие самого эксперимента отвечает аналитическим устремлениям формулирования более сложных задач движения нескольких тел по наклонной плоскости и в приближении отсутствия трения и при его наличии, при реализации законов сохранения механики и их нарушении, что, в частности, позволяет более детально изучать силы трения. Как известно, даже свободное соскальзывание тела по наклонной плоскости довольно трудно реализовать при качественной регистрации времени движения вдоль заданного отрезка длины. Электронная хронометрия при упомянутом аналого-цифровом преобразовании сигналов позволяет разнообразить саму схему эксперимента, то есть множественные известные текстовые задачи моделировать и решать эмпирически.

Расширенный вариант цифрового измерительного комплекса. Принцип действия. Обсуждение.

Ниже представлена схема расширенного эксперимента, в котором движение тела по плоскости задается под действием дополнительной силы, приложенной через блок к плоскому бруску, который скользит по промежуточной платформе. Промежуточная платформа имеет значительную протяженность и сама способна перемещаться по основной наклонной поверхности. Принципиальная схема комбинированного относительного движения тел – бруска и платформы – в условиях действия сил трения (рисунок 1) явилась основой создания нового экспериментального комплекса.

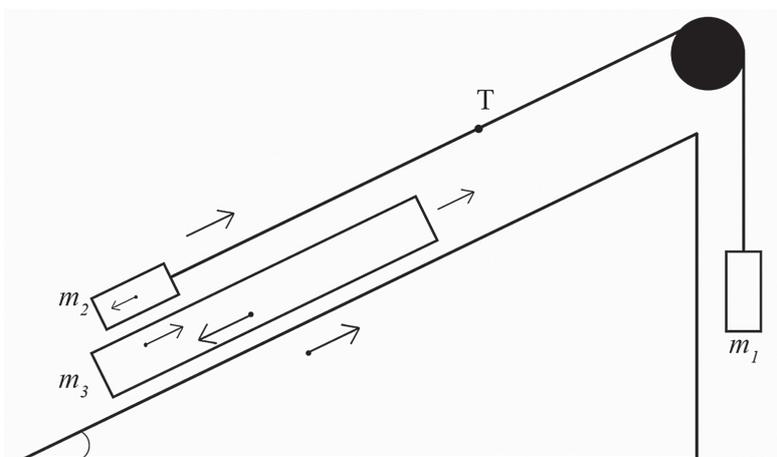


Рисунок 1. – Принципиальная схема движения тел, реализованная в новом лабораторном комплексе для аналитического и эмпирического изучения плоского движения тел в условиях диссипации.

По смыслу стрелки вне поля тел – направление движения, стрелки на поле тел – направление сил трения

В новом формате лабораторной установки и движение бруска относительно платформы и движение самой платформы относительно наклонной плоскости – панели на вертикальном упоре обеспечиваются действием сил гравитации, сил реакций опор, сил трения между поверхностями (рисунок 2).

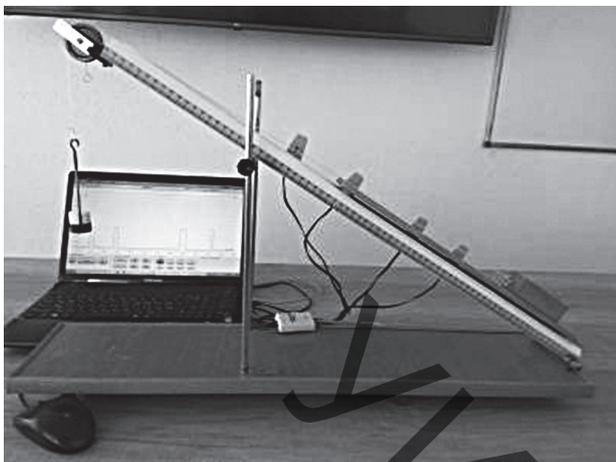


Рисунок 2. – Общий вид нового лабораторного комплекса по изучению плоского движения двух тел по наклонной поверхности при цифровой регистрации временных интервалов

В практическом исполнении блок установки обеспечивает необходимое варьирование угла наклона, для выполнения требования прямолинейности перемещения и брусок (виден над краем мерной шкалы-

линейки) и подвижная платформа (несколько выступает над мерной шкалой) ограничены от бокового сдвига направляющим желобком. Две пары датчиков-преобразователей фиксируются вдоль шкалы-линейки (на рисунке 2 видны на фоне основного упора в нижней части). Датчики могут быть расположены в любом секторе в зависимости от рода рассматриваемой задачи. Временные интервалы прохождения телом заданной дистанции по сигналам датчиков коммутируются на USB порты компьютера.

По существу выполненная установка позволяет реализовать четыре вида экспериментальных задач: два вида для движения платформы (вверх, вниз) и два для движения самого бруска (вверх, вниз). Направление движения элементов системы можно задать, варьируя угол наклона наклонной панели и массы тел.

Изучение движения тел при перемещении платформы вверх (обозначено на схеме, рисунок 1) либо вниз осуществляется соответствующим перемещением пар считывающих датчиков. Как видно, установка по размерам достаточно масштабна, что позволяет использовать ее для коллективного представления явлений в лекционной аудитории.

При проведении эксперимента монитор компьютера отображает временные интервалы в виде отдельных всплесков на временной шкале (рисунок 3).

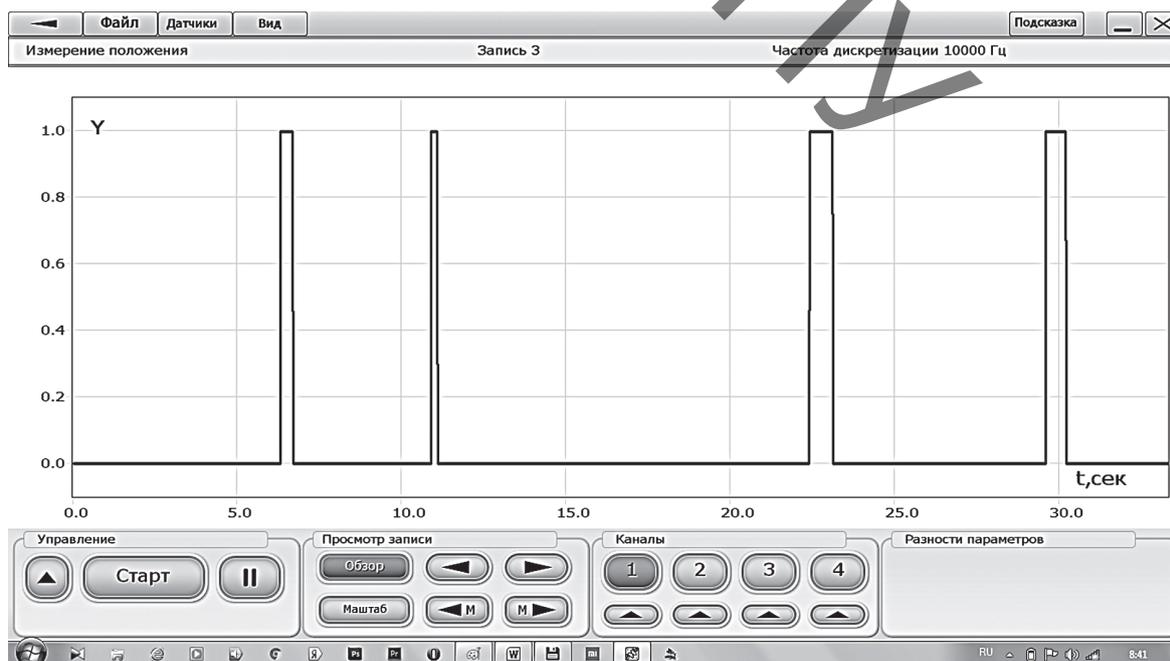


Рисунок 3. – Отображение на мониторе компьютера временных интервалов по результатам обработки сигналов цифровых датчиков

Сам процесс эмпирического исследования осуществляется на основе аналитического построения схемы задачи, включающей описание движения тел в формализме системы уравнений Ньютона. Применяя данные по значениям измеренных временных интервалов, а также известные массы тел, участвующих в движении, не представляет трудности восстановить параметры рассматриваемых процессов, как результат решения обратной задачи механики.

В частности, для ранее представленной схемы движения (рисунок 1) исходная система уравнений динамики выглядит как.

$$m_1 g - T = m_1 a_1$$

$$T - m_2 g \sin \alpha - m_2 g \mu_1 \cos \alpha = m_2 a_2$$

$$\mu_1 m_2 g \cos \alpha - m_3 g \sin \alpha - m_3 g \mu_2 \cos \alpha = m_3 a_3$$

Здесь задача, по сути, содержит ряд неизвестных параметров, включая два коэффициента силы трения скольжения, а также ряд параметров, подлежащих измерению. По смыслу представленной системы уравнений понятно, что при неодинаковости ускорений груза с массой m_1 и бруска m_2 нить принята как растяжимая. По общим канонам число уравнений

должно соответствовать количеству искомым величин.

Вариант движения по рассмотренной системе уравнений показывает, что представленная установка с прецизионной цифровой регистрации интервалов времени позволяет существенно расширить спектр исследований, например вводя дополнительные элементы кинематики и динамики вращательного движения, включая моменты инерции, моменты сил и т. д.

Заключение. Таким образом, возможности рационального сочетания средств метрологии и автоматизации измерений в эксперименте по считыванию и формированию баз данных с технической реализацией комплексного характера движения тел относительно друг друга позволяют существенно расширить спектр экспериментально изучаемых задач механики. Рассмотренная установка может быть применена при проведении лекционных занятий, при выполнении заданий лабораторного практикума студентов с привлечением школьников, при реализации молодежных исследовательских проектов, междисциплинарного типа, когда требуется исследовать задачи и самой механики, и динамику тел при действии сил трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возможности цифровых лабораторий в STEM образовании / В. Р. Соболев [и др.] // Материалы Республиканской научно-практической онлайн-конференции, посвященной 85-летию видного ученого, первого декана физического факультета, доктора педагогических наук, профессора, академика Академии педагогических наук Казахстана Арынгазина Канали Мубараквича, 13–15 мая 2021. – 2021. – С. 199–202.
2. Исаченкова, Л. А. Тетрадь для лабораторных работ по физике для 9 класса / Л. А. Исаченкова, Е. В. Захаревич, А. А. Сокольский. – Минск : Аверсэв, 2019. – 80 с.
3. Сокольский, А. А. Учебное пособие для 9 класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения / Л. А. Исаченкова, А. А. Сокольский, Е. В. Захаревич. – Минск : Народная асвета, 2019. – 208 с.

REFERENCES

1. Vozmozhnosti cifrovyyh laboratorij v STEM obrazovanii / V. R. Sobol' [i dr.] // Materialy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoj onlajn-konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu vidnogo uchenogo, pervogo dekana fizicheskogo fakul'teta, doktora pedagogicheskikh nauk, professora, akademika Akademii pedagogicheskikh nauk Kazahstana Aryngazina Kanapli Mubarakovicha, 13–15 maya 2021. – 2021. – S. 199–202.
2. Isachenkova, L. A. Tetrady dlya laboratornykh rabot po fizike dlya 9 klassa / L. A. Isachenkova, E. V. Zaharevich, A. A. Sokol'skij. – Minsk : Aversev, 2019. – 80 s.
3. Sokol'skij, A. A. Uchebnoe posobie dlya 9 klassa uchrezhdenij obshchego srednego obrazovaniya s russkim yazykom obucheniya / L. A. Isachenkova, A. A. Sokol'skij, E. V. Zaharevich. – Minsk : Narodnaya asveta, 2019. – 208 s.