

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ "ЖИВАЯ ФИЗИКА" И ЦИФРОВОЙ ЛАБОРАТОРИИ "АРХИМЕД"

Введение

В работе рассматривается возможность совместного использования программы Живая Физика (далее кратко – ЖФ) и Цифровой лаборатории «Архимед» (далее – Архимед). Предлагается технология их совместного использования, намечаются основные направления применения. Показано, что при совместном использовании этих двух средств они взаимно дополняют друг друга, что увеличивает возможности использования их в обучении.

Основные возможности ЖФ и Архимеда.

Напомним читателю основные возможности и ограничения двух рассматриваемых средств.

Живая Физика – компьютерный конструктор по «плоской» механике, позволяющий в интерактивном режиме создавать компьютерные модели и запускать их, получая при этом на экране анимированное изображение результатов моделирования. В ЖФ есть, в частности, возможность строить графики каких-либо величин для изучаемых явлений, экспортировать в текстовые файлы результаты моделирования, а также импортировать данные из внешних текстовых файлов (например – полученных в результате натурального эксперимента). Существенным ограничением ЖФ является отсутствие сколько-нибудь развитых средств обработки результатов моделирования. Кроме того, ЖФ «вещь умозрительная», у учащихся нет прямого способа убедиться, что результаты моделирования отражают поведение объектов в реальном мире.

Цифровая лаборатория Архимед – программно-аппаратный комплекс для проведения широкого спектра исследований, демонстраций и лабораторных работ по физике, биологии и химии на базе мобильного карманного персонального компьютера Palm (КПК) и датчиков, которые могут быть подключены к созданной преподавателем или учащимися натурной экспериментальной установке. Сбор данных и их первичная обработка возможны при совместном использовании Измерительного Интерфейса и КПК с установленной программой Image Probe, обеспечивающей сбор и хранение результатов эксперимента в памяти КПК и передачу их на персональный компьютер. Программа MultiLab обеспечивает обработку экспериментальных данных на персональном компьютере. Гибкость обработки, достигаемая таким образом, приводит, однако, к тому, что анализ экспериментальных данных оказывается оторван от момента наблюдения собственно явления. Кроме того, поскольку набор датчиков ограничен, некоторые интересующие нас величины вообще не могут быть измерены в ходе эксперимента.

Все модели, создаваемые в ЖФ являются, в современной терминологии, компьютерными моделями. В ходе дальнейшего изложения мы, однако, будем различать собственно компьютерные модели (когда поведение модели определяется результатами компьютерных расчетов) и модели, управляемые экспериментальными данными. Говоря о поведении последних, мы иногда будем для простоты изложения говорить прямо о поведении натурального объекта.

Возможные цели совместного использования ЖФ и Архимеда

Главная цель совместного использования программы ЖФ и лаборатории Архимед – преодоление недостатков, присущих каждому из этих средств, с помощью возможностей другого средства. Это, однако, слишком общая цель, и она распадается на ряд подцелей, которые мы и перечислим.

- Динамическая визуализация с помощью ЖФ данных, полученных в натурном эксперименте.
Такая визуализация позволяет анализировать данные в динамике, наблюдая одновременно и изменение какой-то величины и поведение модели, управляемой этими данными. (В предельном случае собственно модель может отсутствовать, визуализация сведется при этом к динамическому построению графика.)
- Сравнение поведения компьютерной модели с поведением реального объекта.
При этом мы создаем в ЖФ компьютерную модель какого-либо физического объекта и сравниваем ее поведение с поведением натурального объекта, точнее – модели, управляемой данными натурального эксперимента. Это позволяет оценить достоверность компьютерной модели – либо для того, чтобы убедиться в качестве работы самой программы ЖФ, либо для того, чтобы оценить, насколько верно мы моделируем этот натуральный объект.
- Извлечение при помощи компьютерной модели из экспериментальных данных новых величин (зависимостей), которые были недоступны прямому измерению в натурном эксперименте.
Есть целый ряд величин и зависимостей, которые могут быть извлечены из данных натурального эксперимента только косвенно. Конечно, такое извлечение всегда можно выполнить, не прибегая к возможностям ЖФ, а просто обрабатывая данные, полученные с помощью Архимеда. Однако такая обработка может потребовать много времени, которого всегда так не хватает на уроке. Использование ЖФ позволяет иногда, просто передвигая ползунок регулятора на экране, получить нужные сведения, опираясь на совпадение поведения компьютерной модели и натурального объекта.
- Использование MultiLab как средства для обработки данных ЖФ.
Поскольку программа MultiLab обладает возможностями анализа данных, гораздо более развитыми, чем ЖФ, мы можем, передав в нее из ЖФ результаты компьютерного моделирования, провести необходимый анализ.

Можно заметить, что предлагаемый список несимметричен, три его пункта предусматривают передачу данных из Архимеда в ЖФ, и только один – в обратном направлении. Это связано с тем, что несимметричны сами возможности рассматриваемых средств. ЖФ может управлять поведением объектов на экране, используя внешние данные, а Архимед снабжен только датчиками, но лишен исполнительных механизмов, которые позволяли бы управлять натурным экспериментом. В случае появления в составе Архимеда таких устройств, список возможностей совместного использования его с ЖФ стал бы, похоже, заметно симметричнее. Мы могли бы, к примеру, использовать компьютерную модель как управляющую часть натурной экспериментальной установки.

Пример совместной работы ЖФ и Архимеда

Попробуем показать, как можно достичь перечисленных целей, на некотором учебном примере. Он не предназначен для непосредственного использования на уроке, но зато позволяет увидеть все вышеперечисленные направления.

Создадим экспериментальную установку, в которой тело, подвешенное на пружине, совершает колебания. Запишем с помощью датчика дистанции график колебаний этого тела.



Рис. 1 Вид установки.

Проведя синхронизацию Палма с настольным компьютером, мы получим текстовый файл с результатами эксперимента. После передачи данных в программу MultiLab ее экран приобретет следующий вид (Рис. 2):

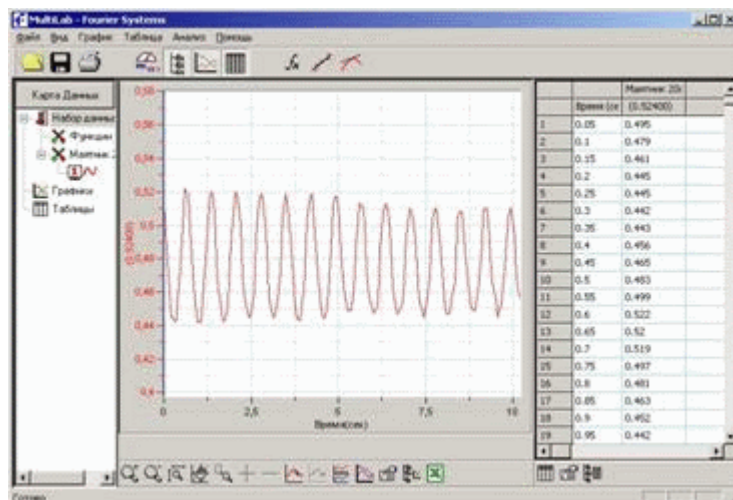


Рис. 2 Окно программы MultiLab с данными эксперимента.

Если данные нас устраивают, можно этот же файл передать в ЖФ. Если же нам нужно провести какую-либо их обработку, то ее следует проводить в MultiLab. В нашем случае удобно сделать так, чтобы моменту времени $t = 0$ соответствовало нахождение груза в крайнем верхнем положении.

Вырежем нужный участок графика, передадим выбранные данные в таблицу Excel и сохраним результаты в текстовый файл.

Передача экспериментальных данных в ЖФ

Теперь создадим в ЖФ модель нашей экспериментальной установки. Тело, которое будет моделировать груз, закрепим якорем и создадим для него регулятор Y-координаты. Подключим этот регулятор к созданному в MultiLab файлу с данными.

Теперь при запуске эксперимента в ЖФ мы увидим, что движение груза на экране точно воспроизводит движение груза в экспериментальной установке (см. Рис.3). Это позволяет нам изучать экспериментальные данные, одновременно наблюдая явление, которое они отображают.

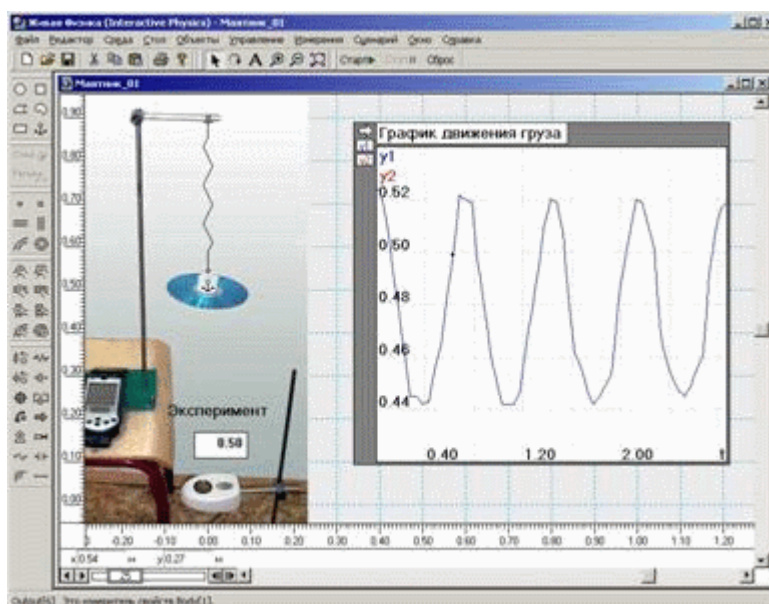


Рис. 3 Окно программы ЖФ с визуализацией экспериментальных данных.

Компьютерная модель и ее достоверность

Теперь добавим в эксперимент ЖФ собственно компьютерную модель груза на пружине, пользуясь известными нам параметрами натурной установки. Зададим для красного груза массу, равную массе груза в натурном эксперименте, упругость пружины, на которой он подвешен – равную измеренной упругости «натурной» пружины.

Начальные координаты груза и деформацию пружины также определим исходя из начальных данных натурного эксперимента. Результат моделирования – на Рис.4

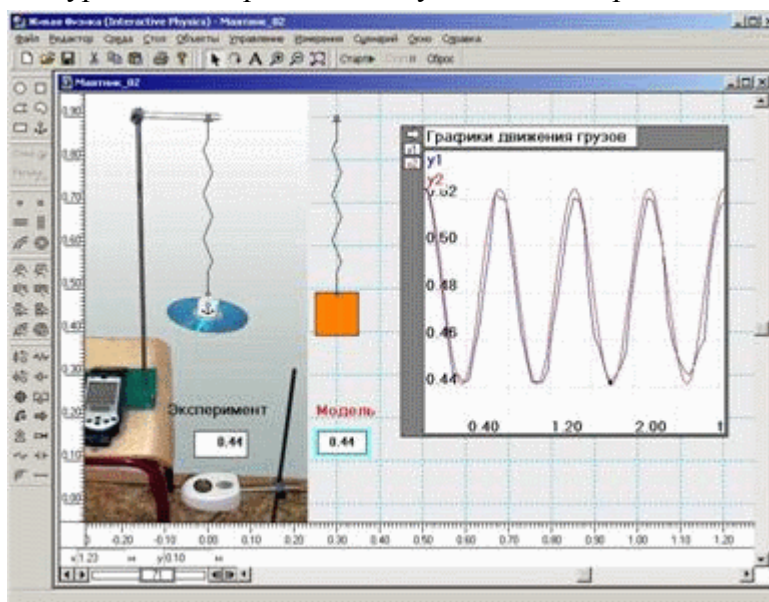


Рис. 4 Окно программы ЖФ с данными натурного и компьютерного экспериментов.

Мы видим, что график движения тела, полученный в результате компьютерного моделирования, с точностью до небольших погрешностей совпадает с графиком, полученным для эксперимента натурного. Таким образом, мы убедились в достоверности нашей компьютерной модели.

Получение с помощью ЖФ информации, отсутствующей в экспериментальных данных.

В натурном эксперименте есть данные о координатах тела, но отсутствуют данные о его скорости. Их можно извлечь из двух источников. Начнем с извлечения этих данных из компьютерной модели. Создадим для модельного груза измеритель скорости. Одновременно, включим для него показ вектора скорости. Мы теперь увидим, и на графике и на собственно изображении тела, как меняется скорость груза в процессе колебаний. Следует сказать, что есть и второй способ получения данных о скорости тела. Воспользуемся тем, что программа MultiLab позволяет получить производную от набора данных. После получения производной мы можем подключить к еще одному регулятору ЖФ новый полученный текстовый файл и сравнить график производной от координаты, полученной в ходе натурального эксперимента и скорости смоделированного маятника. Результат выполнения описанных здесь действий – на Рис. 5.

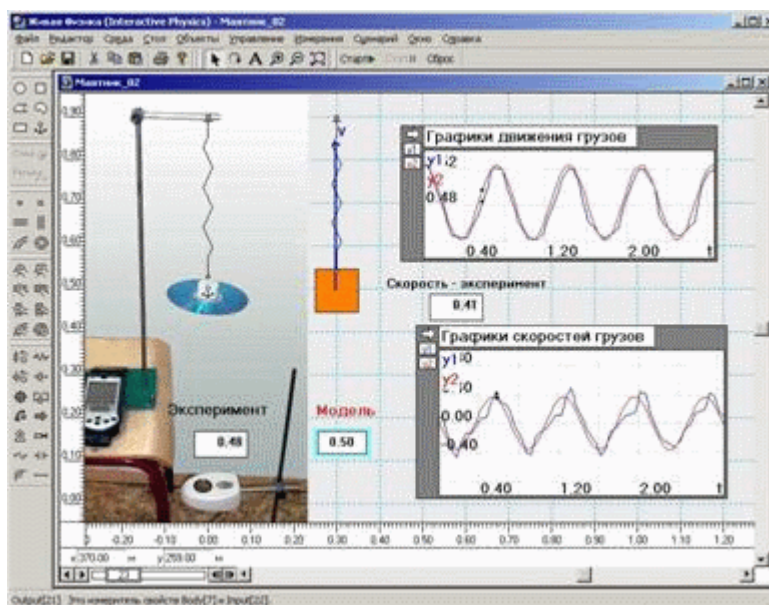


Рис. 5 Вывод скоростей тел в ЖФ.

При запуске эксперимента ЖФ видно, что полученные двумя способами данные достаточно хорошо совпадают. С другой стороны, видно, что погрешность производной, полученной по экспериментальным данным, довольно велика, и изучать график скорости колеблющегося тела заметно удобнее по результатам компьютерного моделирования.

Обработка с помощью программы MultiLab данных, полученных в ЖФ.

Продолжим теперь сравнение поведения маятника в натурном эксперименте и его компьютерной модели, созданной в ЖФ. Включим в эксперимент ЖФ данные, соответствующие более длительному отрезку времени. Мы увидим, что колебания натурального маятника являются затухающими, а созданная нами компьютерная модель этого не передает.

Добавим к пружине маятника демпфер, который обеспечит затухание колебаний. Запустив теперь нашу модель, мы получим график затухающих колебаний. Коэффициент демпфирования, соответствующий наилучшему совпадению поведения двух маятников нетрудно подобрать в ЖФ вручную.

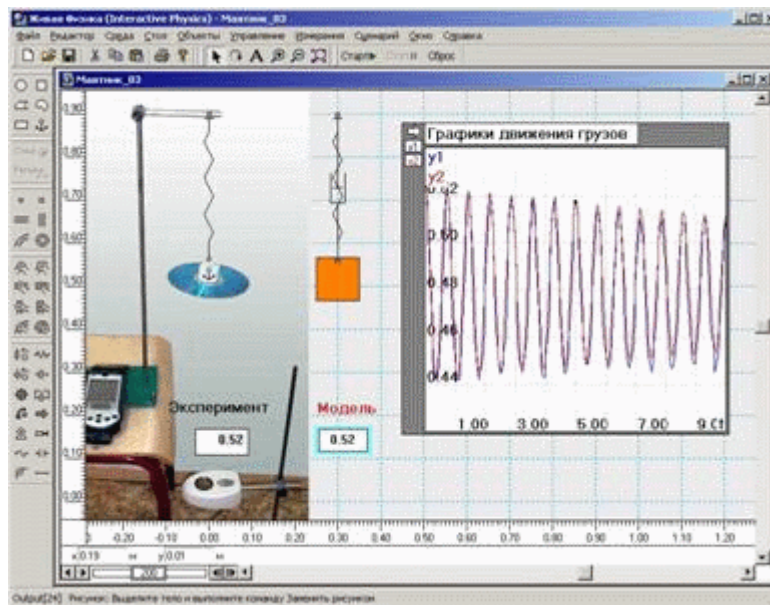


Рис. 6 Модель маятника после добавления демпфера.

Предположим, что мы хотим исследовать, каким законом описывается это затухание. Результаты натурального эксперимента анализировать не очень легко, так как они, особенно при малой амплитуде колебаний, искажены погрешностями измерения. Кроме того, достаточно трудно провести серию экспериментов, в которых величина демпфирования будет изменяться нужным образом.

Поэтому мы продолжим изучение затухающих колебаний на компьютерной модели. В ЖФ легко получить необходимые графики, но нет развитых средств для их анализа. Но в MultiLab есть «Мастер анализа», который мы и можем применить в этом случае.

Передадим график в MultiLab, построим огибающую графика и запустим Мастер анализа. Попытка аппроксимировать эту огибающую удастся только в том случае, если мы выберем для аппроксимации экспоненциальную функцию. Ее параметры могут быть затем достаточно легко связаны с параметрами маятника.

Технология работы

В этом разделе будут описаны некоторые технологические тонкости, которые необходимо учитывать при обмене данными между программами.

Как подключить данные из Архимеда в ЖФ?

Передача данных из Архимеда в ЖФ облегчается тем, что ЖФ относительно терпима к формату файла данных. Достаточно вырезать из файла данных, созданного на Палме заголовок и проследить, чтобы общее количество чисел в нем не превышало предельного значения, доступного для ЖФ – 4080. Но при этом мы, скорее всего, получим значительный «пустой» участок в начале эксперимента. Этот участок придется каждый раз проигрывать при запуске ЖФ. Чтобы не включать в эксперимент ЖФ ненужные данные, можно поступить следующим образом. Открыть полученный на Палме файл с помощью MultiLab, отрезать лишний начальный и конечный участки, и сохранить полученный скорректированный данные как текстовый файл, передав их в Excel. За подробностями обратитесь к руководству по MultiLab [1] и экранной справке по Excel. Теперь создадим в ЖФ нужный регулятор, подключенный к компьютерной модели. Как это сделать – подробно описано в руководстве к ЖФ [2].

Как передать данные из ЖФ в MultiLab?

MultiLab, в отличие от ЖФ, читает заголовок файла данных, получаемого с Палма, и использует полученные из этого заголовка сведения при представлении и обработке данных. Точнее, она пытается это сделать, и, если сведения в заголовке не соответствуют ожиданиям программы, то результаты могут оказаться весьма странными. Поскольку формат этого (Палмовского) заголовка не совпадает с форматом заголовка данных, создаваемого ЖФ, следует предпринять некоторые действия по коррекции получаемого в ЖФ файла.

Вот пример строки заголовка файла данных, имеющего две колонки:

Время в секундах У-координата, от -10 до 10 м

Обратите внимание, что после слов «в секундах» должен стоять знак табуляции. Этим же знаком должны быть отделены заголовки следующих колонок, если они нужны.

Сам файл, создаваемый ЖФ, имеет расширение .dta. Для того чтобы MULTILAB без дополнительных усилий «увидел» его, измените расширение файла на .txt. Теперь команда MultiLab «Файл» -> «Импорт из Palm» позволит вам открыть созданный файл данных.

Ошибка чтения данных в ЖФ и способ ее «обхода».

В ходе работы выявилась ошибка программы ЖФ, проявляющаяся в том, что при чтении данных из текстового файла оно фактически начинается не с нулевого кадра, а с первого. При этом движение тела, к примеру, которое мы хотим заставить в ЖФ отображать движение натурального тела, будет отставать на один кадр от времени, моделируемого программой. Для того чтобы минимизировать влияние этой ошибки можно либо сдвинуть при помощи редактирования файла данных все столбцы, кроме столбца времени, на одну строку вверх, либо закрепить движущиеся тела компьютерной части модели так, чтобы их движение началось не с нулевого, а с первого кадра. Для тел, которые начинают движение с нулевой скоростью, это можно сделать, например, закрепив их заклепкой, в свойствах которой нужно задать, что она существует при условии $\text{frame}() \leq 1$ и является «измеримой». Для тел, которые в начальном состоянии имеют линейную или угловую скорость, отличную от нуля, придется придумывать аналогичную комбинацию из поршней и моторов.

Заключительные замечания

Хотя ЖФ и представляет собой конструктор по механике, не следует думать, что возможность совместного использования ЖФ и Архимеда ограничивается механическими экспериментами. Возможность визуализации экспериментальных данных вообще не зависит от того, получены ли они в эксперименте по механике, по электричеству или же по биологии. Например, если мы получили с помощью Архимеда данные опыта по разряду конденсатора, то, передав их в ЖФ, мы можем создать на экране компьютера «осциллограф», который будет отображать этот процесс, причем частоту развертки такого осциллографа легко сделать заметно меньшей, чем та, которая осуществима у выпускаемых для школы осциллографов. Точно так же могут быть визуализированы, причем в динамике, данные и любого другого эксперимента.

Тот факт, что для многих немеханических по своей природе явлений, может быть создана механическая модель, также расширяет возможности совместного применения ЖФ и Архимеда.

Хотя и было подчеркнуто, что возможности ЖФ по обработке данных куда скромнее, чем возможности MultiLab, некоторую обработку она выполнять все-таки может. Так, недавно, на web-странице производителя ЖФ появилось описание приема, который позволяет выполнить средствами ЖФ интегрирование какого-либо ряда значений. При совместном использовании ЖФ и Архимеда следует отдельно продумывать вопрос о том, средствами какой их программ необходимая обработка данных может быть выполнена с наименьшими затратами времени и наиболее понятно для учащихся.

В последних версиях ЖФ появилась возможность использовать «сценарии» – программы на специальной версии языка Visual Basic. Эти программы могут управлять работой самой ЖФ. Представляется возможным написание сценариев, которые автоматизируют часть рутинной работы по организации взаимодействия ЖФ и MultiLab.

ЖФ умеет взаимодействовать не только с текстовыми файлами, содержащими численные данные. Команда «Связь с внешним приложением» позволяет создавать эксперименты, взаимодействующие в режиме реального времени с программами типа Excel или MATLAB, позволяющими выполнять куда более изощренную обработку данных, чем это можно сделать в MultiLab. Включение таких «посредников» сулит еще большие возможности в совместном использовании Архимеда и ЖФ. Это, однако, вопрос, далеко выходящий за пределы данной статьи.

Литература

1. Цифровая лаборатория «Архимед». Методические материалы к цифровой лаборатории по физике. М.: ИНТ, б.г.
2. Живая Физика™: Руководство пользователя, – М.: ИНТ, б.г.