

# Аттестационная работа

Слушателя курсов повышения квалификации по программе:  
«Проектная и исследовательская деятельность как способ  
формирования метапредметных результатов обучения в  
условиях реализации ФГОС»

Полуяхтова Альберта Валерьевича

*Фамилия, имя, отчество*

МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №22»

города Калуги

*Образовательное учреждение, район*

**На тему:  
Методическая разработка учебного  
исследования «Исследование падения  
различных тел в воздухе»**

● **Краткая характеристика СОШ:** Средняя общеобразовательная школа №22 г.Калуги. Школа развивается и создает систему учебно-исследовательской деятельности, включающую в себя Научное общество учащихся «Эврика»; Школу юного ученого, привлекающую для обучения детей основам исследовательской деятельности ученых и преподавателей ВУЗов Калужской области, а также ученых ИСРО РАО; 2 федеральных инновационных площадки: ФИП начальной школы совместно с Институтом деятельностной педагогики и ФИП основной школы совместно с ИСРО РАО по развитию естественнонаучной грамотности учащихся; участвует в программе «Учитель для России», привлекая к работе в школе лучших выпускников ведущих ВУЗов страны.

● **Жанр работы:** методическая разработка учебного исследования «Исследование падения различных тел в воздухе», предлагаемого учащимся 9-11 классов в рамках элективного курса «Экспериментальная физика»;

- **Формы занятий курса:** групповая работа с проблемным изложением нового материала, самостоятельная исследовательская работа (наблюдения, практикум) в малых группах или индивидуально, индивидуальная работа с информационными источниками, семинар или конференция с представлением результатов работы в виде презентации;
- **Цель и задачи работы:** формирование исследовательских умений
  - - умение видеть проблемы;
  - - умение ставить вопросы;
  - - умение выдвигать гипотезы;
  - - умение наблюдать;
  - - умения и навыки проведения экспериментов;
  - - умение делать выводы и умозаключения;

## План проведения исследования:

- 1. Наблюдение явления: падение тела, получение графика зависимости координаты от времени и его интерпретация (объяснение).
- 2. Построение графика скорости и формулировка проблемы: почему скорость и ускорение падающего тела меняется? Как это происходит?
- 3. Гипотеза: изменяющаяся сила сопротивления воздуха является причиной изменения ускорения.
- 4. Следствия из гипотезы, которые можно проверить экспериментально: сила сопротивления зависит от скорости (как?).
- 5. Эксперимент и интерпретация, объяснение его результатов с учетом погрешностей измерения.

Рассмотрим эти этапы более подробно с использованием реальных экспериментов и результатов.

# 1. Наблюдение явления

- Визуальное наблюдение падения тела в воздухе с небольшой высоты необходимо сопровождать вопросами о том, как меняется скорость тела и его ускорение. Так как ответить на эти вопросы учащиеся не могут, то они должны сделать очень важный вывод о том, что наблюдение падения тел необходимо проводить с использованием приборов, т.е. наблюдение совмещать с измерением.
- Для этого используется соответствующая установка ЦЛ «Архимед», включающая датчик расстояния на высоте около 2,5 метров, АЦП Trilink, программу MultiLab, которая строит график зависимости координаты тела от времени. Программа MultiLab позволяет получать данные в табличном и графическом виде.

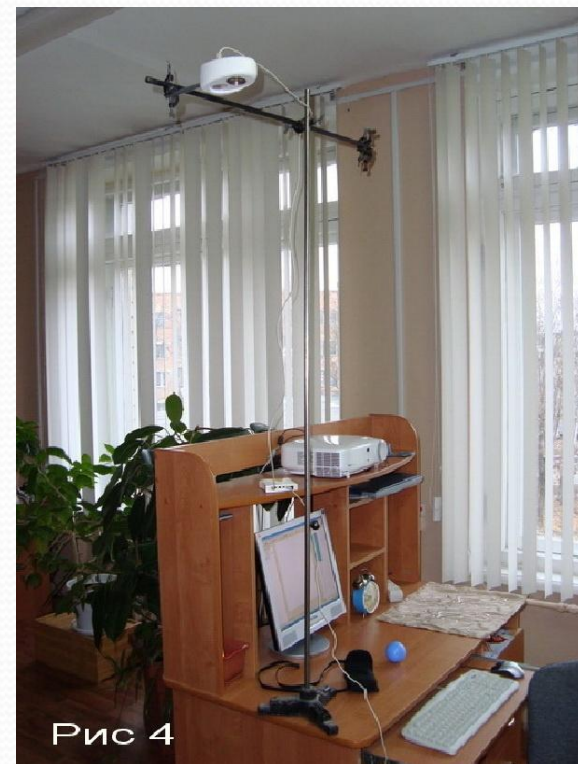


- Таблицу можно экспортировать в программу Excel и проводить ее дальнейшую обработку. График можно обрабатывать и в самой программе MultiLab. Обработка с помощью компьютера позволяет сразу увидеть результат и значительно увеличивает скорость и возможности анализа полученных данных. Это помогает учащимся глубже разобраться в изучаемом явлении.



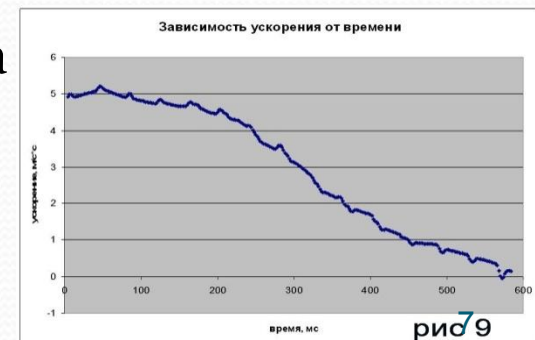
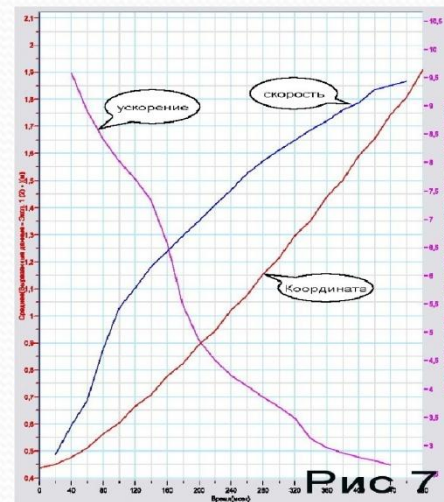
- Затем тела отпускают с высоты около 2 метров под датчиком расстояния. Наблюдают падение в воздухе тел разных размеров, массы, с разной высоты.

Полученные графики зависимости координаты от времени должны привести учащихся к выводу, что падение тела не является равномерным (так как это не прямая линия). Возникает вопрос, а является ли оно равноускоренным, как об этом пишут в учебниках? Чтобы это определить, необходим следующий этап.



## 2. Построение графика скорости и формулировка проблемы.

- Учащиеся приходят к выводу, что надо определить, как меняется скорость и ускорение во времени. С помощью функции «Производная» в программе MultiLab получаем таблицы и графики зависимости скорости от времени и ускорения от времени. Для более тщательного анализа данные MultiLab экспортируем в программу Excel, где строим точечные графики зависимости скорости и ускорения от времени. Из графиков видно, что скорость нелинейно растет и затем не меняется, а ускорение уменьшается до нуля. Изучая графики, учащиеся должны сделать следующие выводы: это движение с переменным ускорением, причем сменяется равномерным. Значит, движение тела в воздухе нельзя считать равноускоренным. Отсюда возникает **проблема** – почему именно так меняются скорость и ускорение?



### 3. Гипотеза

- Для решения проблемы учащимся необходимо построить **модель явления** с использованием необходимых законов и формул.
- Силы, действующие на тело при падении: сила тяжести  $F_{тяж}$ , сила Архимеда  $F_{арх}$  и сила сопротивления воздуха  $F_{сопр}$ .  $ma = F_{тяж} - F_{арх} - F_{сопр}$ .
- Для определения силы тяжести используем взвешивание тела. При взвешивании тела в воздухе сила реакции опоры  $N = F_{тяж} - F_{арх}$ . Вес тела  $P = N$ . Тогда  $P = F_{тяж} - F_{арх}$ .  $P - F_{сопр} = ma$ . Ускорение  $a$  меняется, значит должна меняться  $F_{сопр}$ .
- Формулируем **гипотезу**: причиной изменения ускорения является переменная  $F_{сопр}$ . При уменьшении ускорения тела сила сопротивления увеличивается. Когда движение становится равномерным (ускорение равно нулю), сила сопротивления численно становится равной весу тела при взвешивании,  $F_{сопр} = P$ .



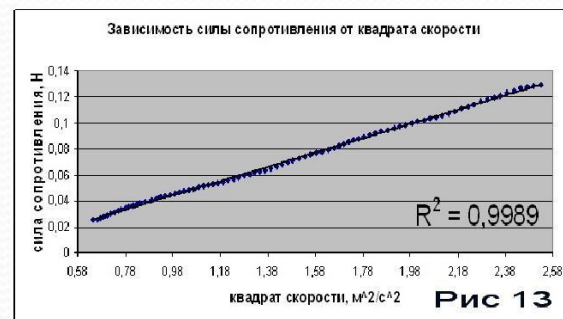
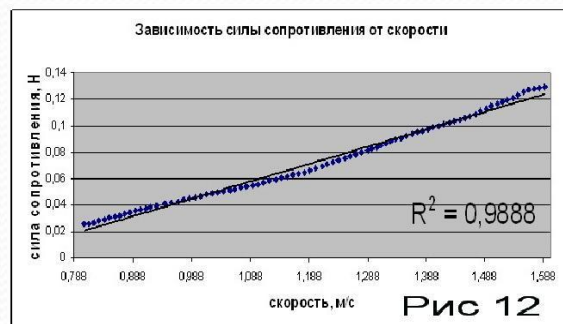
## 4. Следствия гипотезы

- Далее учащимся необходимо сформулировать следствия, которые могут быть проверены экспериментально. Так как скорость тоже увеличивается, то предполагаем, что  $F_{\text{сопр}}$  зависит от скорости. Но как? Воспользуемся известными соотношениями из учебников физики. Сила сопротивления при малых скоростях зависит от скорости  $F_{\text{сопр}} = kv$ , при больших скоростях – от квадрата скорости  $F_{\text{сопр}} = kv^2$ . Но какую скорость считать большой или малой, а значит, какую формулу применять? Это можно определить только экспериментально.
- Чтобы определить зависимость силы от скорости, необходимо сначала определить силу сопротивления  $F_{\text{сопр}} = P - ma$ .
- Для определения вида зависимости силы сопротивления от скорости необходимо определить эту зависимость для трех случаев: для средней части движения, для предельной скорости падения и для начала движения. Необходимо, чтобы учащиеся сами пришли к необходимости рассмотрения этих трех случаев. Тогда это будет результатом предвидения на основе полученных результатов.
- Лучше начинать с решения первой задачи – для средней части движения.

## Возможное решение задачи для средней части движения:

- Для изучения зависимости силы от скорости и от квадрата скорости учащиеся строят линейные тренды для двух графиков  $F(v)$  и  $F(v^2)$ , сравнивают квадраты коэффициента корреляции ( $R^2$ ) и по тому, который из них ближе к единице, определяют, какой из полученных трендов точнее описывает зависимость. Это один способ решения задачи.
- Для большей достоверности можно использовать еще один способ. Находим отношения сил в разные моменты времени. Так как среда одна и тела одни и те же, то коэффициенты сопротивления воздуха сокращаются. Подставив полученные из эксперимента данные, мы узнаем, какое из отношений – скоростей или квадратов скоростей – ближе к отношению сил и отсюда выясним, какая зависимость более точно описывает движение тела. Данный способ позволяет не вычислять коэффициент сопротивления воздуха.
- Два способа дополняют друг друга и повышают достоверность результата.

- Учащимися было получено, что в 86% опытов коэффициент корреляции тренда квадратичной зависимости оказался выше. На рисунках 12 и 13 представлены примеры сравнения трендов.
- Также было получено, что в 96% случаев отношения квадратов скоростей оказались ближе по значению к отношению сил, чем отношения скоростей.
- Учащиеся делают вывод, что более вероятна зависимость  $F_{\text{сопр}} = kv^2$ .
- Учащиеся должны понимать, что полученные результаты верны только в определенных границах. В данной работе это тела весом до 0,55 Н, расстояния до 2,5 м, скорости от 1,5 м/с до 4,5 м/с. Но очень важно научить ребят «заглянуть» за границы опыта, представить, что же будет за ними. Для этого и предназначены вторая и третья задачи.



## Возможное решение второй задачи – при предельной скорости падения:

- Путем беседы приводим учащихся к выводу, что для решения этой задачи необходимо взять одно и то же тело и, меняя его вес, добиться его падения с ускорением, близким нулю. При этом  $F_{\text{сопр}} = P$ . Отличие от первой задачи в том, что здесь сравниваются предельные  $F_{\text{сопр}} = P$  для одного тела с разным весом. Аналогично определяем, какая из зависимостей более точно описывает движение тела.
- Учащимся необходимо понять, что с ростом скорости увеличивается сила сопротивления до тех пор, пока не станет равной весу тела. При этом скорость достигнет предельной величины и станет постоянной.

- Но расстояние 2,5 м в опыте не позволяет достичь такой скорости, поэтому необходимо либо увеличить расстояние, но только до 6 м, так как это предельное расстояние для датчика расстояния, либо уменьшить вес тела, чтобы оно быстро достигало предельной скорости падения. Тогда, подбирая опыты, в которых ускорение будет близким к нулю, можно определить силу сопротивления, равную в этом случае весу тела.
- Для этого можно использовать одно и то же тело (фильтр, конус), а вес менять с помощью пластилина. Величину силы сопротивления при равномерном падении тела в воздухе узнаем, просто измеряя вес тела!
- Учащимися было получено, что при предельной скорости падения отношение квадратов скоростей ближе по значению к отношению сил, чем отношение скоростей в 94% случаев.

## Возможное решение задачи для начала движения:

- Если взять начальные точки движения и построить графики зависимости  $F_{\text{сопр}}$  от скорости и от квадрата скорости и соответствующие им линейные тренды последовательно для трех, четырех, пяти и т.д. точек, то можно уловить, с какой точки коэффициент корреляции тренда квадратичной зависимости становится больше. Так можно оценить скорость, начиная с которой меняется характер зависимости силы от скорости.
- Необходимо привести учащихся к выводу, что данный метод является лишь оценочным, но он позволяет понять, что с ростом скорости изменяется сам характер причин, вызывающих силу сопротивления, отсюда и изменение характера зависимости силы сопротивления от скорости. Это хороший метод для понимания сложного строения воздушной среды и сложности законов, описывающих ее поведение.

# Определение погрешностей измерения

- При проведении эксперимента учащиеся должны понять, что любая физическая величина измеряется с погрешностью. В данном случае измеряемые величины – вес тела, его координата, скорость, ускорение и сила Архимеда. Представленная исследовательская задача учит применению различных формул для расчета погрешности измерений.
- Общие знания об оценке погрешностей учащиеся получают на соответствующих занятиях курса, а необходимые для обработки формулы выбирают в процессе анализа конкретной экспериментальной задачи.
- Координату тела, скорость и ускорение учащиеся определяют по графику – это единичное измерение величины, поэтому используется приборная относительная погрешность, которая составляет 1%.
- Вес тела определяется с помощью датчика силы. Так как производится многократное измерение величины силы, то вступают в силу статистические закономерности. Поэтому определение погрешности веса служит для обучения методам вычисления случайной погрешности. В нашем случае  $\varepsilon_p = 2\%$ .
- Определение погрешности силы сопротивления позволяет научить учащихся методам вычисления погрешности косвенного измерения. В наших условиях  $\varepsilon_F = 3\%$ .

# Заключение

- Таким образом, можно сделать **вывод**, что данная учебно-исследовательская работа позволяет решать одновременно целый комплекс вышеперечисленных учебных задач.
- К работе можно привлечь большое количество учащихся, каждый из которых может провести опыты с телами разной формы, размера и веса.
- Особо хочется подчеркнуть, что в данной работе эксперимент используется и при постановке проблемы, и при проверке гипотезы. И это очень важно для формирования у учащихся представления об экспериментальном познании природы. Также необходимо отметить, что, так как тела могут быть использованы разной формы, размера, веса, то опыт с каждым таким телом неповторим. Значит, для каждого учащегося эта задача будет с неизвестным заранее решением. Поэтому она с полным правом может считаться исследовательской. Именно это дает возможность каждому ученику развивать свои исследовательские умения и творчески подходить к решению такой, казалось бы, на первый взгляд простой