

Санкт-Петербургский государственный университет
Кафедра вычислительной физики

Монахов В.В., Кожедуб А.В.

**Разбор заданий Интернет-олимпиады школьников по физике,
2009-2014 годы**

Учебно-методическое пособие

Санкт-Петербург

2016 г.

Утверждено на заседании кафедры вычислительной физики

Рецензент: доктор физ.-мат. наук, профессор С.Л.Яковлев

В.В.Монахов, А.В.Кожедуб, Разбор заданий Интернет-олимпиады школьников по физике, 2009-2014 годы. - СПб, СПбГУ, 2016, 67 с.

Пособие предназначено для учащихся средней школы из 7-11 классов. В нём разбирается выполнение заданий Интернет-олимпиады школьников по физике, основанных на использовании моделей виртуальных лабораторий.

Также может быть использовано учителями физики, студентами-физиками, изучающими предмет «Педагогика», и студентами педагогических вузов для подготовки школьников к олимпиадам по физике.

© В.В.Монахов, А.В.Кожедуб, 2016

Оглавление

<i>Общие принципы создания заданий</i>	5
1. Пример заданий олимпиады 2009-2010 года	6
1.1. Дистанционный этап олимпиады 2009-2010 г., 9 класс. Модель: Задача Архимеда (30 баллов).....	6
3. Пример заданий олимпиады 2009-2010 года	8
3.1. Дистанционный этап олимпиады 2009-2010 г., 8 класс. Модель: Тележка на наклонном рельсе — определить среднюю скорость с помощью дюймовой линейки (22 балла).....	8
2.2. Очный тур олимпиады 2009-2010 г., 11 класс. Модель: Определите температуру воды в стаканах и массу кубика льда (30 баллов).....	13
2.3. Очный тур олимпиады 2009-2010 г., 11 класс. Модель: Определите типы и параметры электрических элементов (34 балла).....	15
3. Пример заданий олимпиады 2010-2011 года	20
3.1. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 7 и 8 классы. Модель: Рычаг и тела (20 баллов)..	20
3.2. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 7 и 8 классы. Модель: Тележка на горизонтальном рельсе - проблема с датчиком скорости (10 баллов).....	22
3.3. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 11 класс. Модель: Пружинная пушка (20 баллов)	24
3.4. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 11 класс. Модель: Четыре резистора (20 баллов)	29
3.5. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 11 класс. Модель: Теплоемкость и температура кипения неизвестной жидкости (20 баллов).....	33
4. Пример заданий олимпиады 2011-2012 года	44
4.1. Очный тур олимпиады 2011-2012 г., 7 и 8 классы. Модель: Длина трассы (15 баллов)	44
4.2. Очный тур олимпиады 2011-2012 г., 11 класс. Модель: Цилиндр на рельсе (10 баллов)	50
4.3. Очный тур олимпиады 2011-2012 г., 11 класс. Модель: Чёрный ящик – многополюсник (15 баллов).....	53
5. Пример заданий олимпиады 2012-2013 года	59
5.1. Очный тур олимпиады 2012-2013 г., 11 класс. Модель: Фонарь, зеркало и колодец (15 баллов).....	59
6. Пример заданий олимпиады 2013-2014 года	66
6.1. Очный тур олимпиады 2013-2014 г., 11 класс. Модель: Модель: Коленчатая труба с газом и поршнями (15 баллов).....	66

Общие принципы создания заданий

Для получения правильного представления о способностях и интересах учащихся в олимпиадах по физике необходимы как теоретические, так и экспериментальные (практические, лабораторные) задания. При проведении массовых олимпиад (например, районных олимпиад в Санкт-Петербурге, Москве или других крупных городах, либо начальных туров региональных олимпиад) в обычном варианте давать экспериментальные задания нереалистично – на тысячи человек не хватит ни однотипного оборудования, ни необходимых площадей, ни персонала, обслуживающего это оборудование (сборку, настройку, наблюдение за правильностью использования). Например, в Санкт-Петербурге экспериментальный тур имеется возможность проводить только для учащихся, хорошо выступивших на теоретическом городском туре олимпиады. В интернет-варианте проблема решается с помощью моделей, имитирующих реальный эксперимент.

Основная проблема проведения в таком виде практических (лабораторных) туров олимпиад по физике заключается в достижении максимального правдоподобия модели реальности. Проведение экспериментальных работ с нашей точки зрения отличается от решения теоретических задач тем, что в реальной системе:

- Существует очень большое количество вариантов возможных действий пользователя, причём заранее трудно предсказать, какая последовательность приведёт к правильным результатам.
- Имеется гораздо большее число параметров эксперимента, чем в явном виде задано в условии. Например, существует большое количество (неопределённое) внешних факторов с заранее неизвестными значениями. Так, в механических системах существует трение, параметры которого неизвестны, вибрации, неровности поверхности и т.п. В электрических системах имеются помехи, паразитные ёмкости и индуктивности, и т.п.
- Значения всех величин известны (или могут быть измерены) с конечной и часто не очень большой точностью.
- Требуется самостоятельный выбор учащимся необходимых для исследования инструментов, а также конструирование системы (расположение элементов механической конструкции, электрической схемы и т.д.). Поэтому программное обеспечение должно быть программой-конструктором, дающим возможность собирать из отдельных элементов нужную систему.
- Для каждого участника должен генерироваться псевдослучайным образом уникальный набор параметров системы, чтобы исключить “списывание”.
- Должна существовать автоматическая проверка правильности решения по каждому введенному ответу для того, чтобы участник мог переделать задание и повторно отослать результаты (с начислением штрафных баллов за каждую повторную отсылку отчета – чтобы исключить возможность нахождения ответов путем перебора).

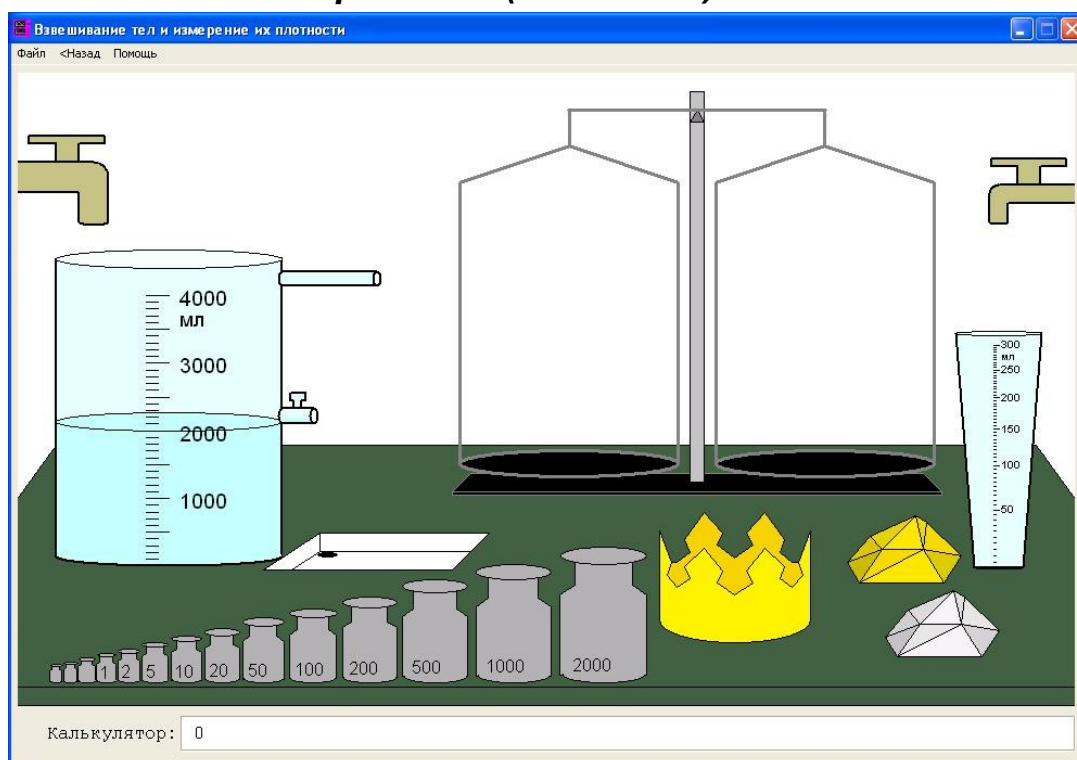
В связи с этим нами был разработан ряд моделей, обеспечивающих реализацию основных элементов “экспериментальных” олимпиадных заданий.

Как уже говорилось, при экспериментальном решении задач учащимся необходимо собрать экспериментальную установку: механическую конструкцию, электрическую схему и т. д., а также выбрать необходимые для исследования инструменты.

Проиллюстрируем наш подход на примере нескольких моделей Интернет-олимпиады разных лет.

1. Пример заданий олимпиады 2009-2010 года

1.1. Дистанционный этап олимпиады 2009-2010 г., 9 класс. Модель: Задача Архимеда (30 баллов)



Задание: В некотором царстве, в некотором государстве вы являетесь придворным мудрецом. К вам пришёл царь и сказал, что дал ювелиру изготовить корону из драгоценного металла. Но, как ему кажется, ювелир подмешал в корону некоторое количество дешёвого металла.

Итак, вам даны: слиток драгоценного металла золотистого цвета, слиток дешевого металла по цвету похожего на серебро и корона. Определите плотности этих тел и рассчитайте, сколько процентов (по массе) драгоценного металла содержится в короне. Полученные результаты занесите в отчет и отправьте на сервер.

Массу округлять до единиц, плотность - до сотых, проценты - до десятых. Пример округления: 0,605 можно округлять до 0,60 или 0,61.

Сначала необходимо найти массы короны и слитков путём взвешивания на весах. Затем – определить их объёмы. Для этого требуется с помощью крана до верха заполнить большой мерный сосуд, и определить, какое количество жидкости выльется наружу при погружении в этот сосуд тел. В результате можно найти плотность короны и каждого из слитков. После чего учащийся должен вывести формулу, показывающую как зависит плотность короны от количества и плотности составляющих её металлов. С использованием этой формулы можно вычислить процентное содержание драгоценного металла.

Данное задание является вариацией на тему легенды об Архимеде и властители Сиракуз Гиероне Втором. У драгоценного и дешевого металлов разная плотность, поэтому для прямоугольного слитка легко определить, сколько в нём драгоценного металла (золота), а сколько дешевого (в легенде – серебра). Проблема заключалась в том,

что корона была сложной формы. Архимед решил эту проблему с помощью погружения короны в жидкость и наблюдения, какой объём жидкости она вытеснит.

Работа состоит из нескольких этапов:

- Узнать массу неподписанных грузов.
- Определить массу “серебряного” и “золотого” слитков.
- Определить их объём и по массе и объёму плотность.
- Определить массу короны.
- Определить её объём и по массе и объёму плотность.

Имеется несколько “подводных камней”:

- Узнать объём тела можно путём его погружения в большой мерный сосуд и считывания показаний по шкале. Однако такие измерения дадут очень низкую точность.
- Более точно измерить объём тела можно путём его погружения в большой мерный сосуд в случае, если вода налита доверху. При этом вода выливается через верхнюю трубку, и её можно собрать в малый мерный сосуд. По рискам в этом сосуде объём можно измерить точнее.
- Самым точным способом измерения объёма тела является измерение веса вылившейся воды.

И так далее.

В результате надо будет ввести:

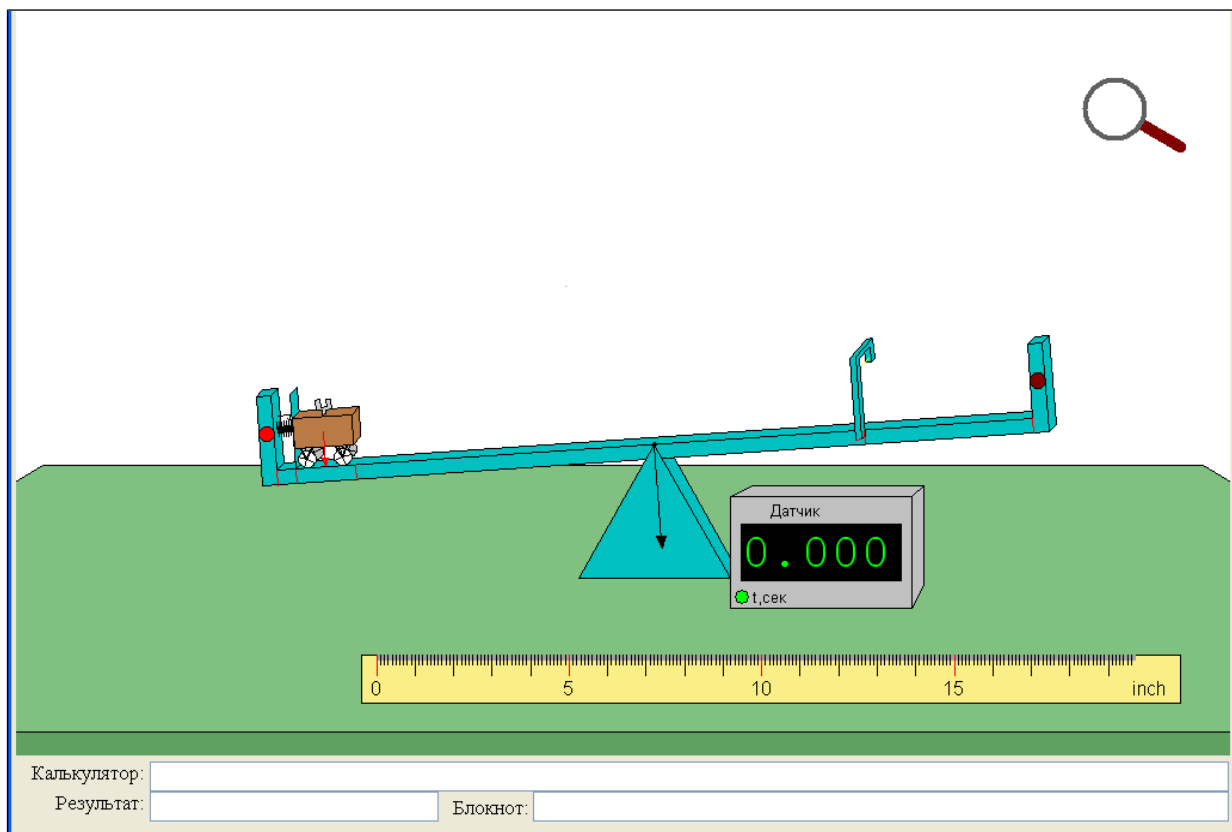
- Массы неподписанных грузов.
- Массу, объём и плотность серебряного и золотого слитков.
- Массу, объём и плотность короны.
- Процентное содержание золота и серебра в короне.

По каждому из выполненных пунктов по мере выполнения заданий может отсылаться отчёт и, соответственно, вестись протокол на сервере. При этом программа сообщает участвующему в олимпиаде об уровне выполнения задания (правильные ли значения параметров введены в соответствующие пункты отчёта по выполнению задачи).

3. Пример заданий олимпиады 2009-2010 года

3.1. Дистанционный этап олимпиады 2009-2010 г., 8 класс.

Модель: Тележка на наклонном рельсе — определить среднюю скорость с помощью дюймовой линейки (22 балла)



Тележка установлена на наклонный рельс. Она автоматически закрепляется электромагнитом на краях рельса. Щелчок мыши по красной кнопке включает или выключает электромагнит на соответствующем крае рельса. При отпусканнии электромагнита тележка выталкивается пружиной. Датчик измеряет время движения тележки, прошедшее после её выталкивания пружиной. Линейка размечена в дюймах, а не в сантиметрах, 1 дюйм = 2,54 см.

Определите:

1. Координату центра тележки в момент полного распрямления пружины.
2. Время движения от момента полного распрямления пружины до прохождения центром тележки точки с координатой 21.2 см.
3. Среднюю скорость тележки при прохождении 31.3 см пути после момента полного распрямления пружины.

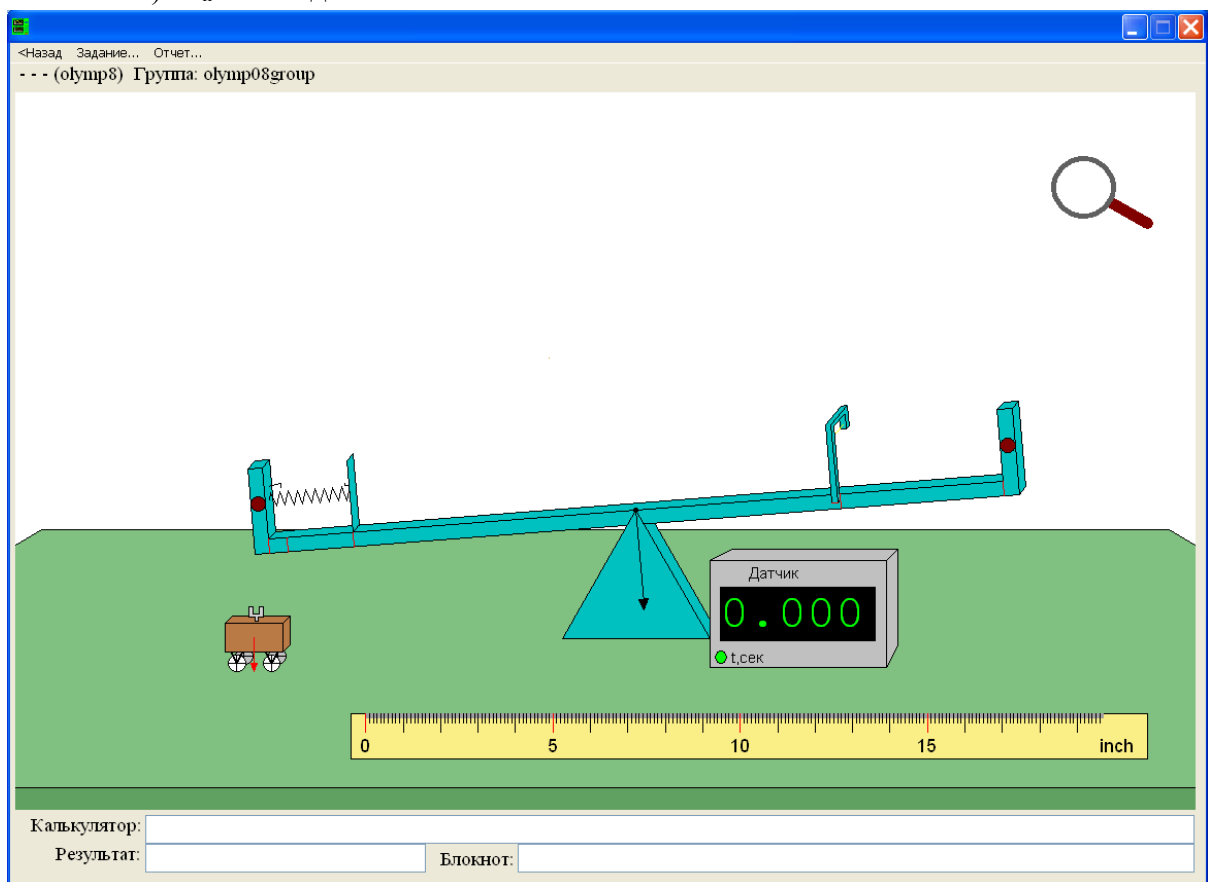
Координаты отсчитываются вдоль оси, расположенной параллельно рельсу. За начало системы координат выберите поверхность левой стенки рельса, к которой прикреплен пружина. Координату определите с точностью до сотых, остальные величины - с точностью до тысячных, и отошлите результаты на сервер. В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр. Оптический датчик срабатывает при прохождении в области датчика центра тележки, помеченного красной стрелкой (пересечении светового луча датчика флажком

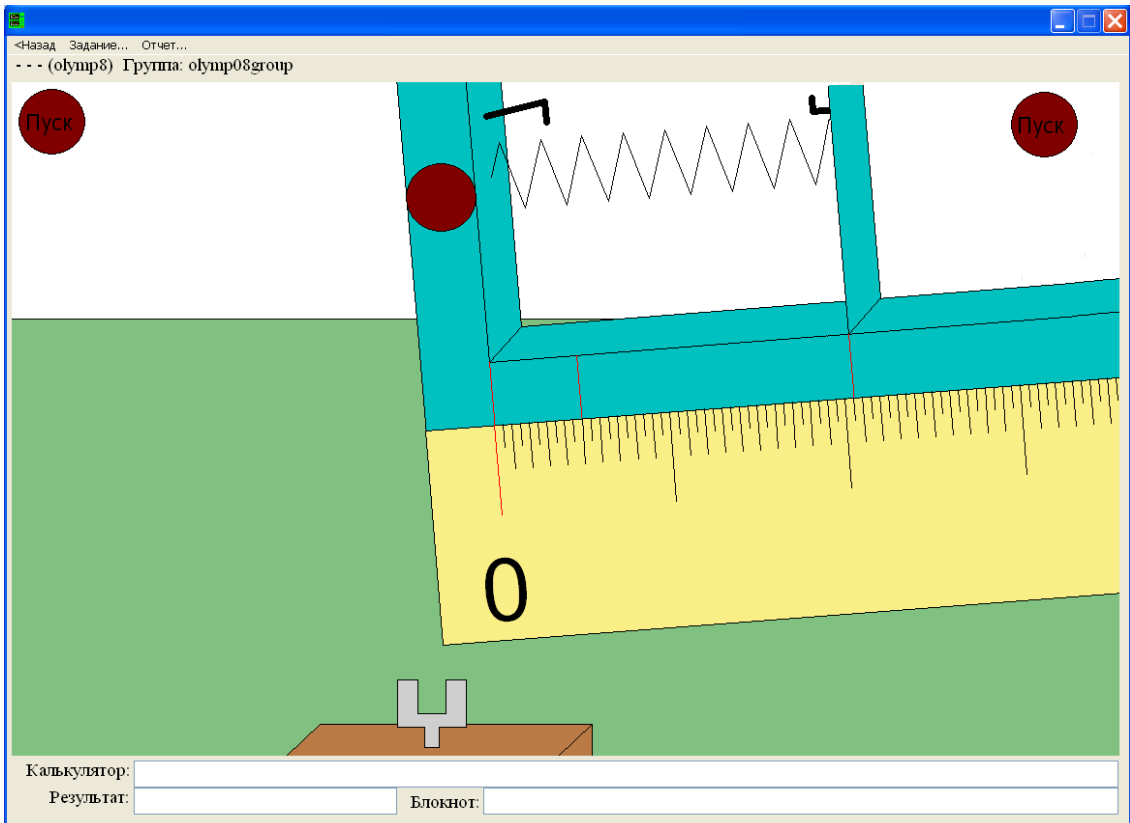
тележки). Положение ворот с оптическими датчиками можно изменять при помощи мыши. Массы гирь указаны в граммах. Ускорение свободного падения считайте равным 9.8 м/с^2 . Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе нужный участок экрана. Щелчок мышью в любом месте экрана (кроме линейки) возвращает первоначальный масштаб.

Линейку можно перемещать и вращать, в том числе при использовании увеличительного стекла. Перемещение линейки осуществляется при хватании её за центральную часть, вращение - при хватании за края. Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер назначается по одному штрафному баллу.

Решение

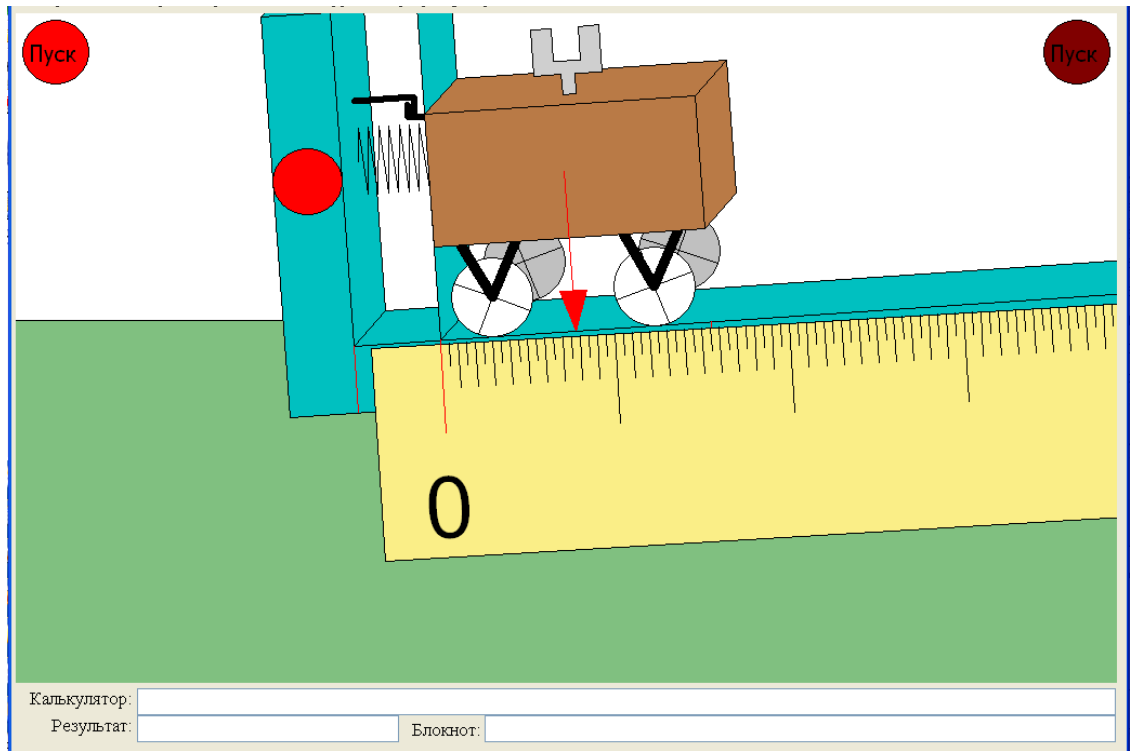
- Определяем координату тележки в момент полного распрямления пружины.
- Измеряем координату конца пружины при ее полном распрямлении (см. рисунки ниже): $X_{п} = 2.05 \text{ д.}$





- необходимо снять тележку с рельса, нажать на кнопку “Пуск”, отпускающую пружину, и воспользоваться линейкой и увеличительным стеклом для измерения координаты.

- Измеряем расстояние от края пружины до центра тележки (см. рис. ниже): $d = 0.8$ д.



Возможен и другой способ измерения – измерить длину тележки, стоящей на столе, и разделить пополам. Либо просто измерить расстояние от края тележки до её центра.

- Определяем координату центра тележки в момент полного распрямления пружины:

$$X_r = (X_n + d) * 2.54 = (2.05 + 0.8) * 2.54 = 7.24 \text{ см.}$$

- Определяем время движения тележки от момента полного распрямления пружины до прохождения центром тележки точки с координатой 21.2 см.

- Определяем необходимую по условию задачи координату в дюймах:

$$X = 21.2 / 2.54 = 8.35 \text{ д.}$$

- Устанавливаем оптические ворота в точку с координатой 8.35 д.

- Измеряем время движения тележки: $t = 0.222 \text{ с.}$

- Определяем среднюю скорость тележки при прохождении 31.3 см пути после момента полного распрямления пружины.

- Определяем координату точки конца пути тележки:

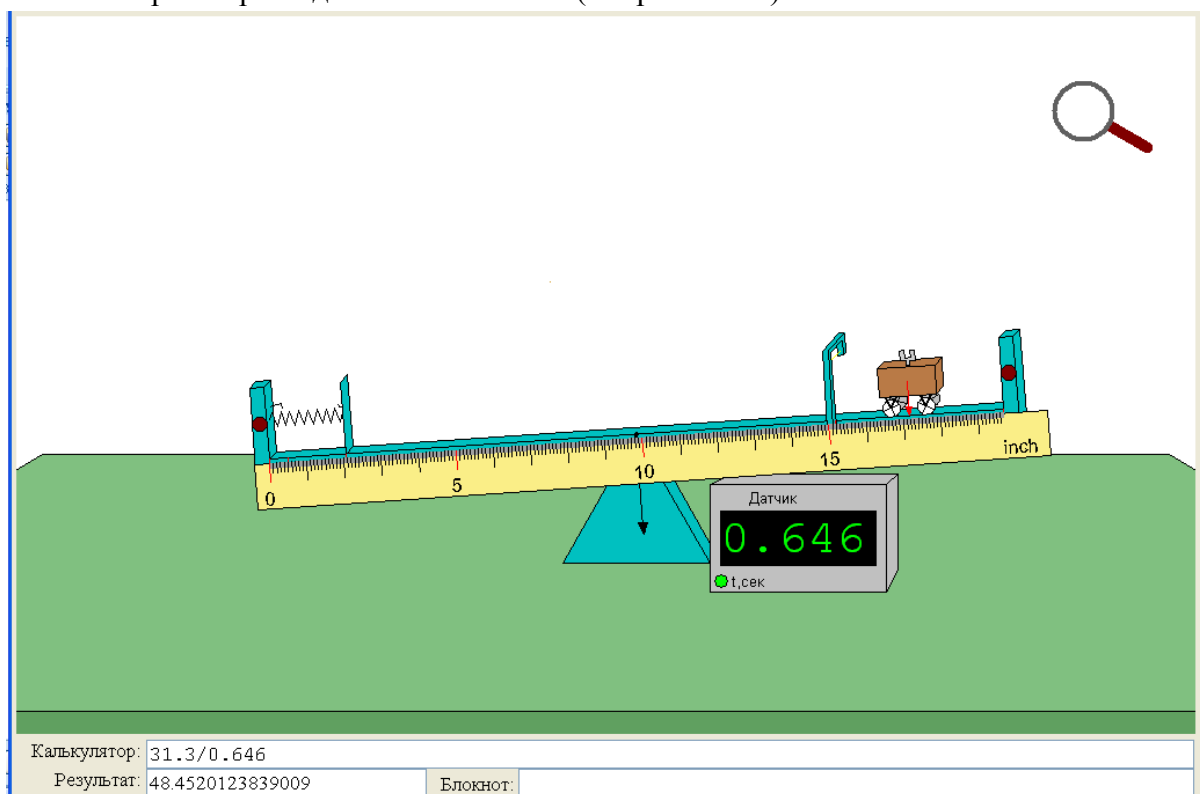
$$X_{\text{кп}} = L + X_r = 7.24 + 31.3 = 38.54 \text{ см.}$$

- Переводим значение координаты в дюймы:

$$X_{\text{кп}} = 38.54 / 2.54 = 15.2 \text{ д.}$$

- Устанавливаем оптические ворота в точку с координатой 15.2 д.

- Измеряем время движения тележки (см. рис. ниже): $t = 0.646 \text{ с.}$



- Рассчитываем среднюю скорость тележки:

$$V_{\text{cp}} = 31.3 / 0.646 = 0.484 \text{ м/с.}$$

- Подставляем полученные результаты в форму отчета и отправляем на сервер для проверки. Результаты проверки показаны ниже.

Отчет

Название	Ответ	Результат	Баллы
Координата тележки в момент полного распрямления пружины (см)	7.24	Правильно	4
Время движения тележки до точки с заданной координатой (с)	0.222	Правильно	8
Средняя скорость тележки (м/с)	0.484	Правильно	10
За текущую попытку :			22

Message from webpage

Молодец, Александр, правильно!

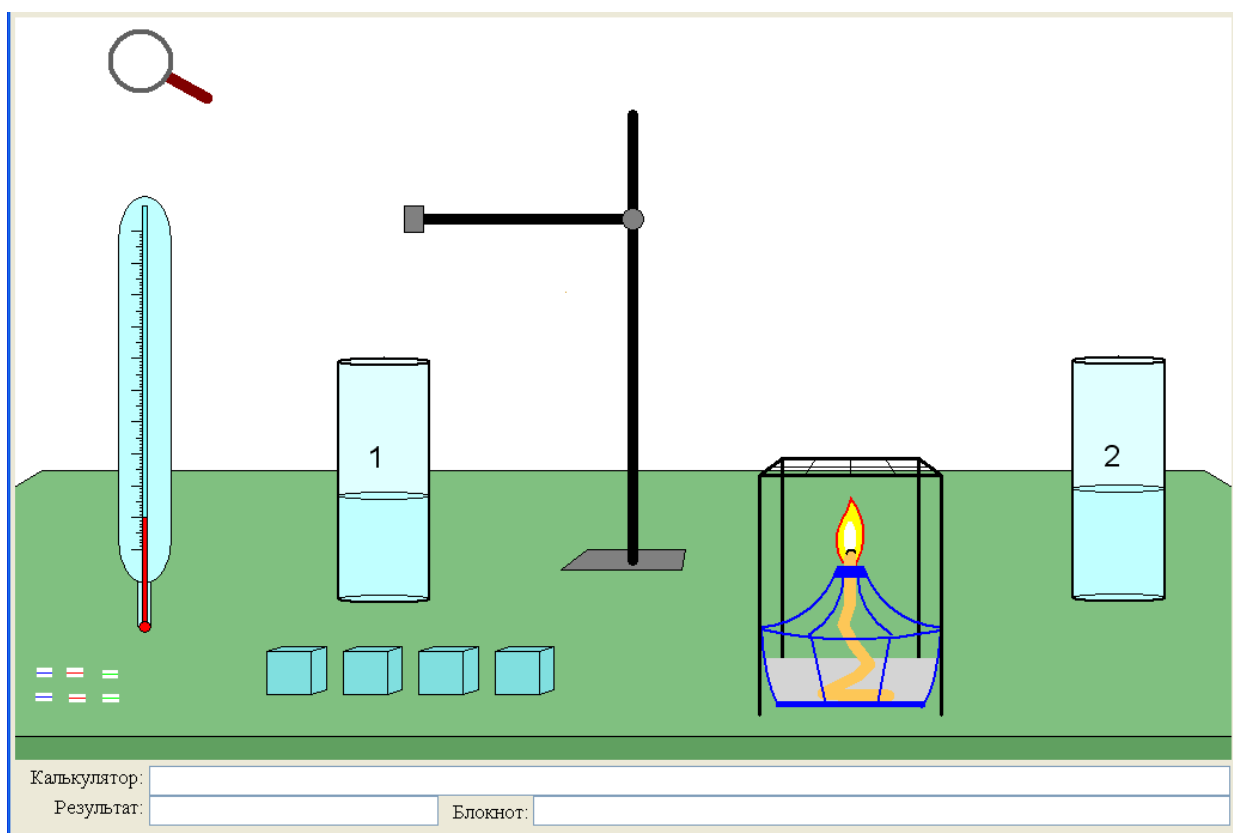
Очистить Закрыть

Основные проблемы и “подводные камни”:

- Необходимо догадаться о том, каким образом вычислить координату центра тележки в момент полного распрямления пружины по тем величинам, которые возможно непосредственно измерить.
- Необходимо очень аккуратно проводить измерения и не сбиться при отсчётах по шкале линейки.
- Необходимо во всех необходимых измерениях правильно переводить дюймы в сантиметры и наоборот.
- Необходимо догадаться о том, каким образом определить время движения тележки от момента полного распрямления пружины до прохождения центром тележки точки с заданной координатой.
- Необходимо правильно вывести все формулы.

Для восьмого класса данное задание оказалось очень сложным, из 2718 участников в полном объёме с ним справилось 38, причём половина из них только со второй или третьей попытки.

2.2. Очный тур олимпиады 2009-2010 г., 11 класс. Модель: Определите температуру воды в стаканах и массу кубика льда (30 баллов).



Имеется два стакана с водой, четыре одинаковых кубика льда, спиртовка и градусник с самодельной неподписанной шкалой. Также имеется шесть разноцветных наклеек, которые можно закреплять на градуснике. Объём воды в первом стакане равен 180 см^3 , во втором 179 см^3 .

Определите температуру воды в каждом из стаканов, а также массу одного кубика льда. Ответы вводите с точностью до десятых. Плотность воды считайте равной 1 г/см^3 , удельная теплота плавления льда равна 335 кДж/кг , теплоёмкость воды равна $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$. Начальная температура льда равна 0°C . Время в модельном эксперименте ускорено, чтобы не приходилось ждать слишком долго, а происходящие процессы изображаются идеализированно - можно пренебречь теплоёмкостью стаканов и обменом тепла между водой и окружающей средой во всех случаях, кроме того, когда стакан с водой находится на спиртовке. Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе любой выбранный участок экрана, после чего щелчок мышью в любом месте экрана возвращает первоначальный масштаб.

Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается по одному штрафному баллу.

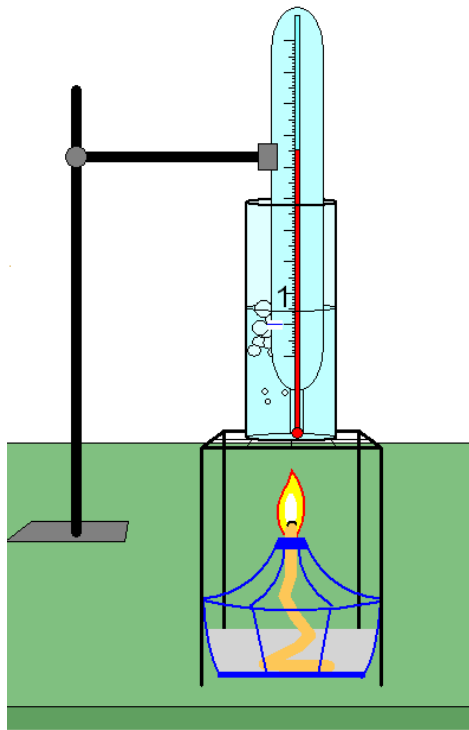
Решение

1. Измеряем температуры. Вначале измеряем необходимые для решения задачи температуры по имеющейся шкале термометра. Градуировку термометра лучше произвести позднее, так как неясно, сколько кубиков льда потребуется, чтобы снизить температуру воды в стакане до 0°C .

- Первоначальная температура воды в стакане 1 составила 44,5 делений.
- Первоначальная температура воды в стакане 2 составила 68 делений.
- Температура воды в стакане 1 после таяния 1-го кубика льда составила 31,5 делений.
- Температура воды в стакане 1 после таяния 2-го кубика льда составила 21 деление.
- Температура воды в стакане 1 после опускания 3-го кубика льда составила 20 делений, при этом значительная часть кубика плавает в воде.

2. Градуируем термометр.

- По имеющейся шкале термометра 0 °С соответствует 20 делений шкалы. Именно в этом месте укрепляем наклейку.
- Устанавливаем стакан 1 на спиртовку. Лед в стакане тает, через некоторое время вода начинает кипеть. Закрепляем вторую наклейку напротив деления 130, так как напротив этого деления расположен столбик термометра при кипении воды.



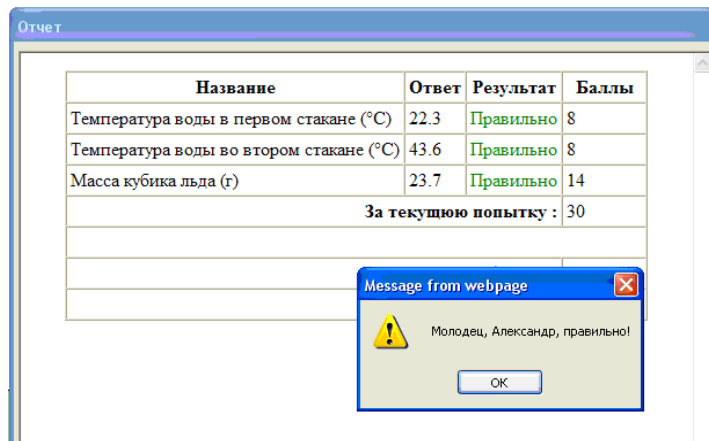
- Определяем цену деления шкалы термометра:
 $100 / (130 - 20) = 0,909 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{дел.}$
- Определяем температуры.
- Первоначальная температура воды в стакане 1:
 $(44,5 \text{ дел.} - 20 \text{ дел.}) * 0,909 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{дел.} = 22,3 \text{ } ^\circ\text{C.}$
- Первоначальная температура воды в стакане 2:
 $(68 \text{ дел.} - 20 \text{ дел.}) * 0,909 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{дел.} = 43,6 \text{ } ^\circ\text{C.}$
- Температура воды в стакане 1 после таяния 1-го кубика льда:
 $(31,5 \text{ дел.} - 20 \text{ дел.}) * 0,909 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{дел.} = 10,5 \text{ } ^\circ\text{C.}$
- Определяем массу кубика льда.

Используя уравнение теплообмена между водой в сосуде 1 и кубиком льда, рассчитываем массу кубика льда

$$M_{\text{л}} = C \cdot m_{\text{в}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) / \lambda, \text{ где } m_{\text{в}} = \rho \cdot V_1$$

$$M_{\text{л}} = 4200 \cdot 1000 \cdot 180 \cdot 10^{-6} \cdot (22,3 - 10,5) / 335 \cdot 10^3 = 0,0237 \text{ кг} = 23,7 \text{ г.}$$

- Подставляем полученные результаты в форму отчета и отправляем на сервер для проверки.



Основные проблемы и “подводные камни”:

- Необходимо догадаться о том, каким образом градуировать градусник, и для какой цели служат наклейки.
- Следует очень аккуратно проводить измерения и считывать показания со шкал.
- Желательно сначала измерять значение для 0°C, и только затем для 100°C. Иначе имеющегося количества кубиков льда может не хватить для охлаждения воды до 0°C. Хотя и в случае обратной последовательности действий возможно охлаждение воды до 0°C – следует подождать, пока не выкипит значительная часть воды.
- Для достижения температуры 0°C следует выбрать стакан, температура воды в котором меньше. Иначе имеющегося количества кубиков льда может не хватить для охлаждения воды до 0°C.

Всего 42 участника очного тура (из 1400 лучших участников из общего числа 9800) полностью справились с заданием, причём только 13 из них – с первого раза.

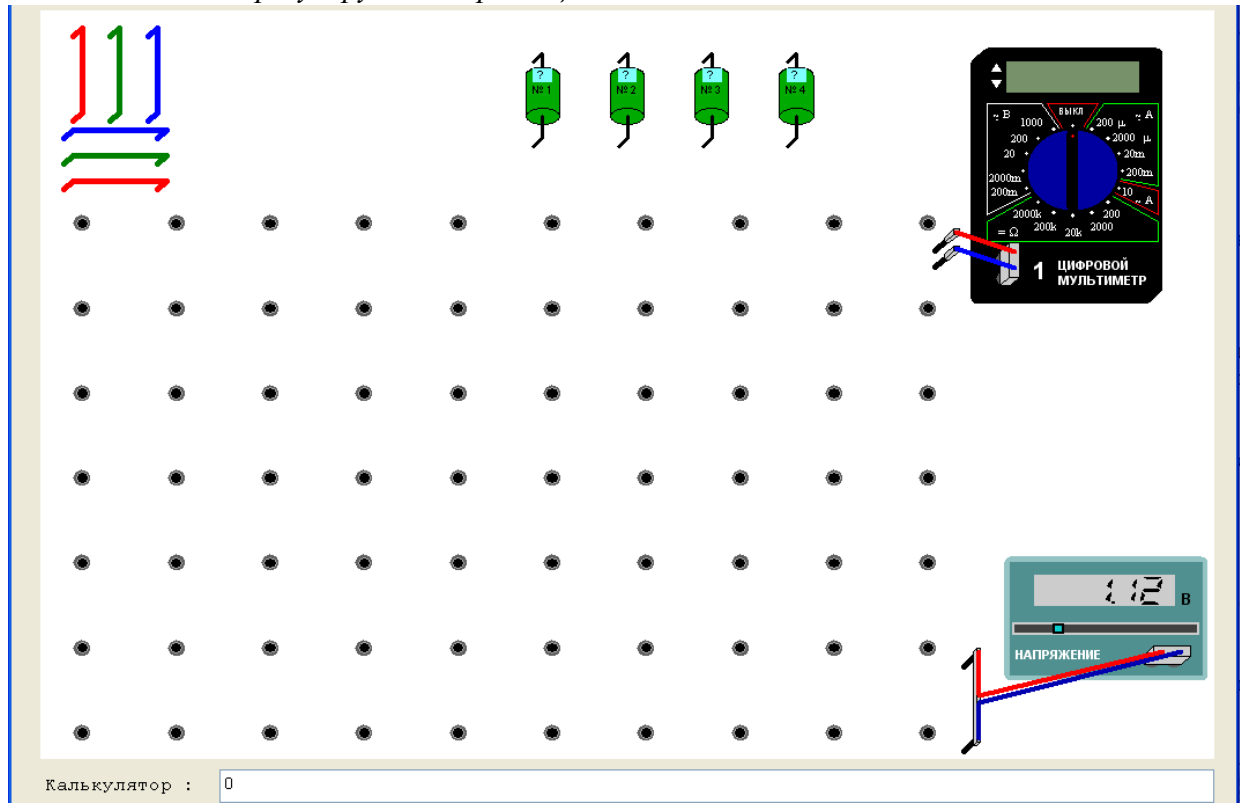
2.3. Очный тур олимпиады 2009-2010 г., 11 класс. Модель: Определите типы и параметры электрических элементов (34 балла)

Среди имеющихся электрических элементов находятся два резистора и две батарейки. Определите типы электрических элементов и их параметры. Элемент соответствующего типа с меньшим номером считается первым, с большим - вторым. Соберите необходимую электрическую схему, проведите измерения и выполните расчеты. Занесите результаты в отчёт.

Величины сопротивлений указывать с точностью до десятой процента, ЭДС - с точностью до 1 мВ. Буква μ у диапазона означает "микро", буква т - "милли".

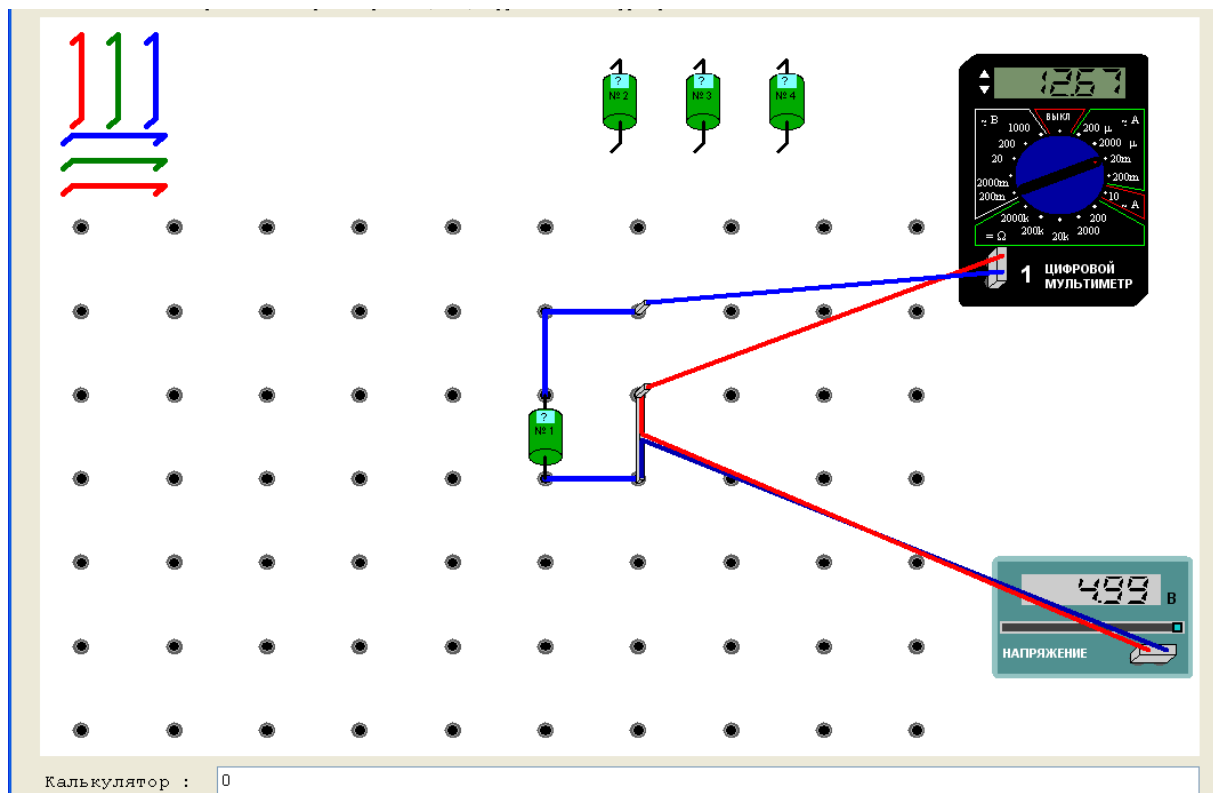
Элементы и провода можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели. К клеммам также можно подсоединять мультиметр - измерительный прибор, позволяющий измерять токи, напряжения и сопротивления.

Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки. В данной работе измерение сопротивлений и напряжений в мультиметре отключено. Внутреннее сопротивление мультиметра в режиме амперметра очень мало. При необходимости размер мультиметра можно увеличивать или уменьшать с помощью стрелок в его левом верхнем углу. Напряжение источника постоянного тока регулируется перемещением его движка.



Решение

- Определяем типы элементов.
- Определим, какие из элементов являются резисторами. Самый простой путь – измерить ток короткого замыкания, подсоединив к соответствующему элементу клеммы амперметра. Если ток равен нулю, это резистор, в противном случае - батарейка. Для дополнительной проверки собираем электрическую цепь, показанную ниже.



При развороте резистора в цепи на 180° показания мультиметра не изменяются. Виртуальный эксперимент показывает, что резисторами являются элементы под номерами 1 и 3.

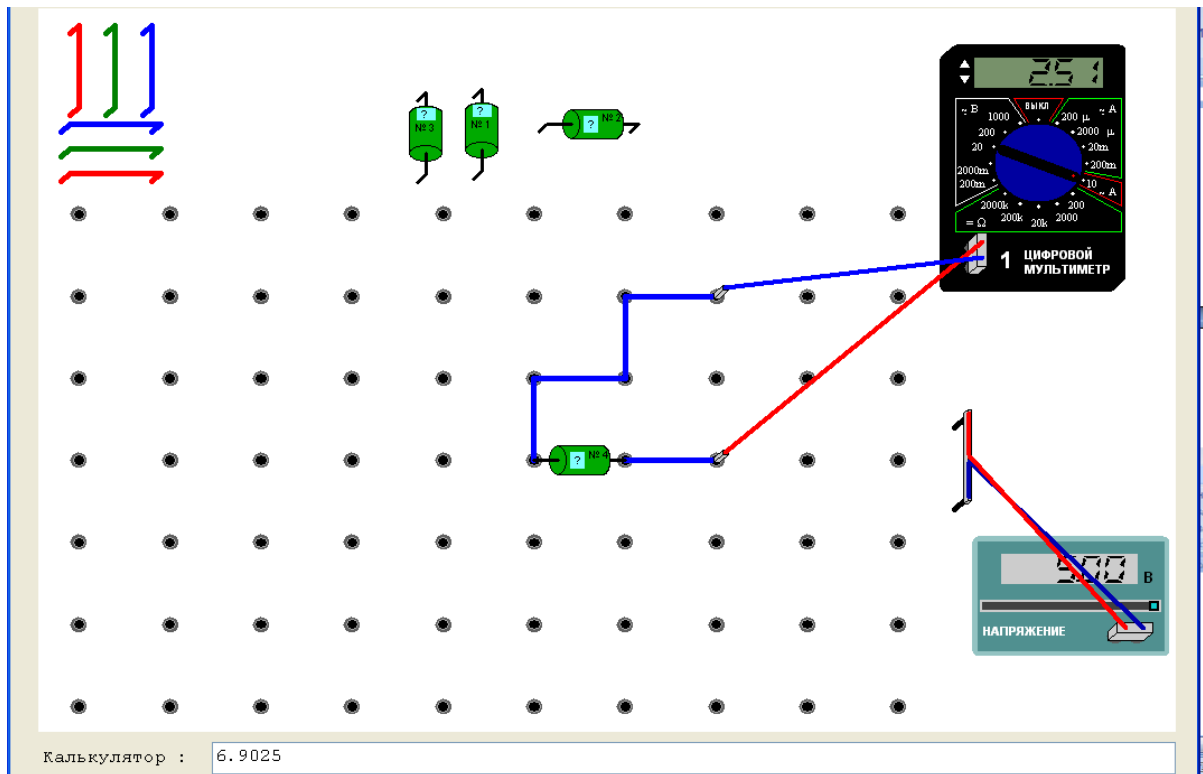
- Определяем величины резисторов.
- Измеряем напряжение на элементе 1 и ток через него (см. рисунок выше).
- Рассчитываем величину резистора 1:

$$R_1 = U_1 / I_1 = 4.99 / 12.67 \cdot 10^{-3} = 394 \text{ Ом}$$

- Аналогично для элемента под номером 3:

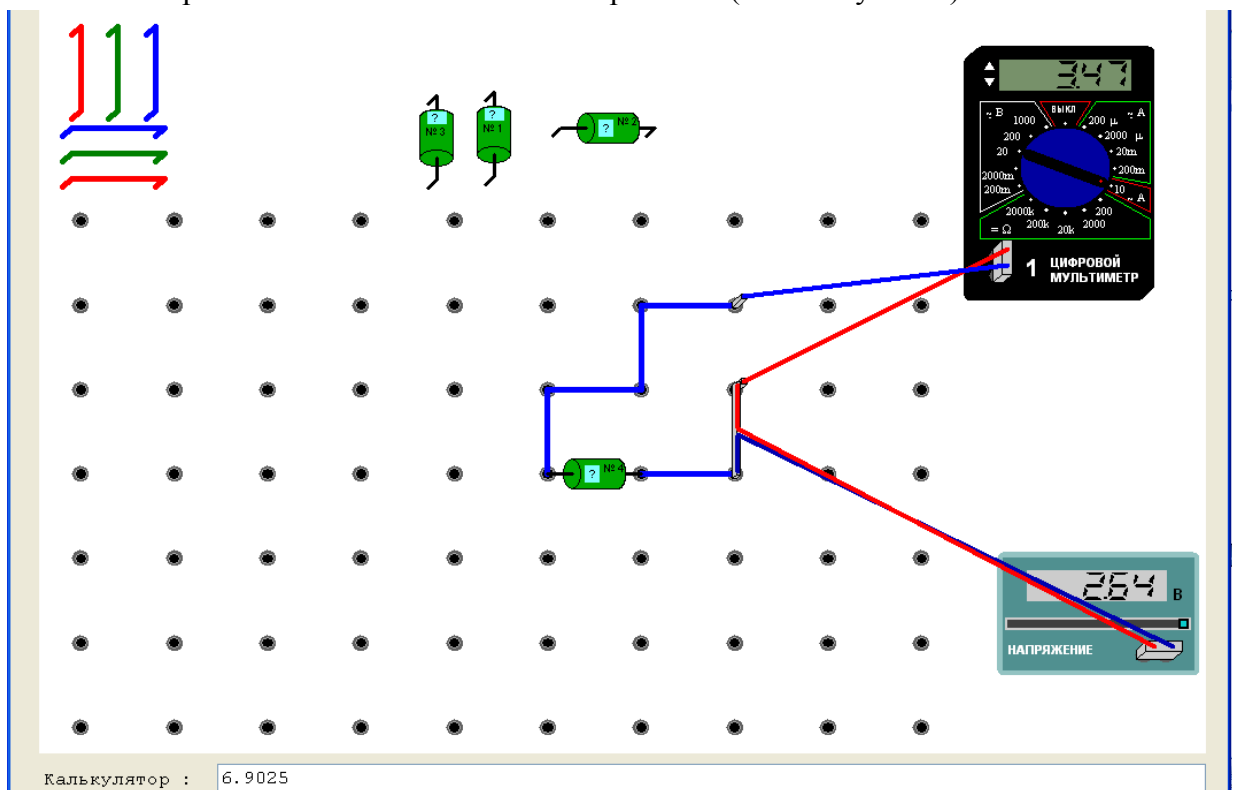
$$R_2 = U_3 / I_3 = 4.71 / 0.43 = 10.9 \text{ Ом}$$

- Определяем внутреннее сопротивление и ЭДС элементов 4 и 2.
- Проводим измерение тока короткого замыкания элемента 4 (см. схему ниже)



Ток короткого замыкания для первой батарейки $I_{4кз} = 2.51 \text{ A}$.

- Подключаем к батарейке последовательно источник внешнего питания и определяем напряжение на элементе 4 и ток через него (см. схему ниже).



$U_4 = 2.64 \text{ В}$, $I_4 = 3.47 \text{ А}$.

- Рассчитываем внутреннее сопротивление батарейки:

$$r_4 = U_4 / (I_4 - I_{4кз}) = 2.64 / (3.47 - 2.51) = 2.75 \text{ Ом.}$$

- Рассчитываем ЭДС батарейки:

$$E_4 = I_{4кз} \cdot r_4 = 2.51 \cdot 2.75 = 6.90 \text{ В.}$$

- Аналогично определяем $r_2 = 2.23 \text{ Ом}$, $E_2 = 3.15 \text{ В}$.

- Подставляем полученные результаты в форму отчета и отправляем на сервер для проверки. Результаты проверки показаны ниже.

Название	Ответ	Результат	Баллы
Сопротивление первого резистора (Ом)	394	Правильно	4
Сопротивление второго резистора (Ом)	10.9	Правильно	6
ЭДС первой батарейки (В)	3.15	Правильно	6
Внутреннее сопротивление первой батарейки (Ом)	2.23	Правильно	6
ЭДС второй батарейки (В)	6.90	Правильно	6
Внутреннее сопротивление второй батарейки (Ом)	2.75	Правильно	6

За текущую попытку : 34

Message from webpage
Молодец, Александр, правильно!
ОК

Очистить Закрыть

Основные проблемы и “подводные камни”:

- Необходимо догадаться о том, каким образом отличить резисторы от батареек, и как определить полярность батареек (например, по знаку тока короткого замыкания, или по изменению показаний вольтметра на источнике питания при подсоединении его к собранной электрической цепи).

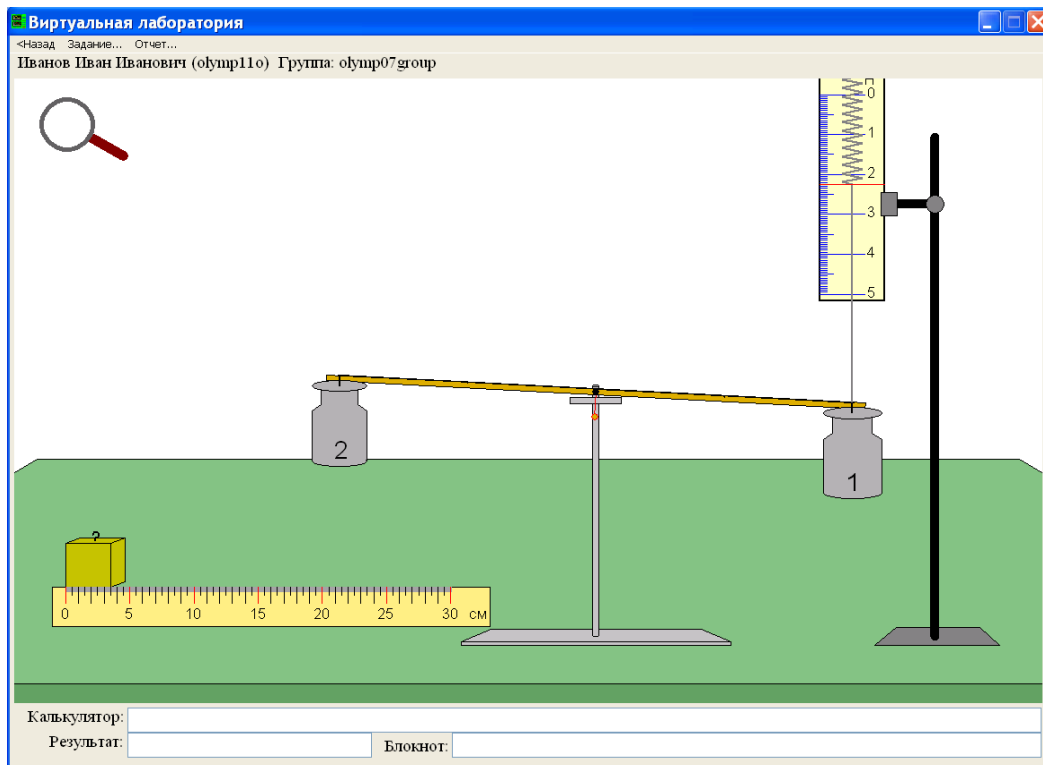
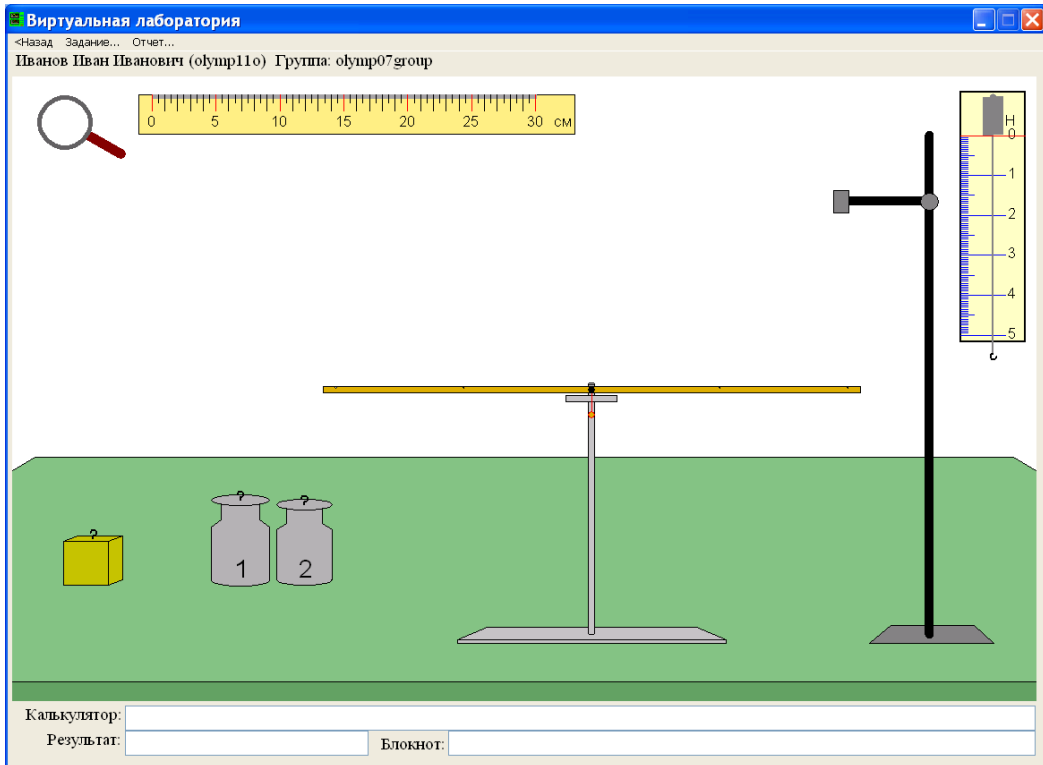
- Необходимо правильно измерять значения с помощью цифрового прибора. К сожалению, подавляющее большинство участников не догадывается переключать пределы шкалы прибора так, чтобы показывались три значащие цифры, из-за чего точность измерений оказывается недостаточной для получения правильных ответов.

- Необходимо догадаться о том, какие электрические цепи собирать, какие измерения проводить и как по результатам этих измерений вычислять ЭДС и внутреннее сопротивление батареек.

Всего 70 участников очного тура (из 1400 лучших участников из общего числа 9800) полностью справилось с заданием, причём только 41 из них – с первого раза.

3. Пример заданий олимпиады 2010-2011 года

3.1. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 7 и 8 классы. Модель: Рычаг и тела (20 баллов)



Определите массу и плотность куба, определите разницу масс первой и второй гири, а также массу стержня рычага. Значения масс тел вводите с точностью до целых, плотность - с точностью до сотых. Ускорение свободного падения считайте равным 9.8 м/с^2 .

Занесите ваши результаты в отчёт и отправьте его на сервер для проверки.

Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер начисляется до 4 штрафных баллов. Стержень рычага можно сдвигать мышью - но не делайте это без необходимости, вернуть стержень в первоначальное положение не просто. Тела можно подвешивать к рычагу (в любом месте) и к динамометру. На верхней части стержня рычага имеются небольшие насечки - если подвешивать тела близко к насечкам, они подвешиваются в точности в местах насечек. Захват штатива можно перемещать (вверх-вниз и влево-вправо). Динамометр можно закреплять в захвате штатива. Для этого его необходимо расположить сбоку так, чтобы его край находился в области захвата, и отпустить.

Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе нужный участок экрана. Щелчок мышью в любом месте экрана (кроме линейки) возвращает первоначальный масштаб.

Решение:

Масса куба определяется по его весу с помощью динамометра. Но при этом надо сначала определить цену деления динамометра – она составляет $0,05 \text{ Н}$. И, конечно, провести сами измерения, используя увеличительное стекло для укрупненного просмотра картины.

Плотность куба определяется по его массе и объему. Объем можно измерить с помощью линейки – но, опять-таки, необходимо обратить внимание на цену деления линейки. Она составляла $0,5 \text{ мм}$. И провести измерения, используя увеличительное стекло для укрупненного просмотра картины.

Разницу масс гирь определить гораздо сложнее, поскольку динамометром вес гирь не измерить, они слишком тяжелые. Имеется несколько путей решения.

Во-первых, можно подвесить гири на одинаковом расстоянии и подвешивать куб, находя точку равновесия. И по расстоянию этой точки от центра определить разность масс. Однако возникает сложность измерения расстояния, связанная с негоризонтальным расположением рычага: точка равновесия неустойчива. Следует догадаться слегка помочь динамометром – его пружина при подвесе куба вблизи точки, соответствующей равновесию, практически не будет растягиваться.

Во-вторых, можно подвесить гири на одинаковом расстоянии, более тяжелую гирю справа, и подцепить динамометром в точке подвеса гири, подняв динамометр так, чтобы рычаг уравновесился. Динамометр покажет в точности избыточный вес. Это наиболее изящное решение.

В-третьих, можно передвигать одну из гирь вдоль рычага, находя точку равновесия. Но точность измерения таким методом может оказаться недостаточной.

Наконец, возможно подвесить гири на произвольном расстоянии друг от друга (хотя желательно на равных) и, подцепив динамометром в произвольной точке, уравновесить рычаг. Измерение значения силы, показываемой на динамометре, а также необходимых расстояний позволяет рассчитать избыточный вес, а значит, и массу. Этот метод достаточно точен, хотя и более трудоемок, чем второй.

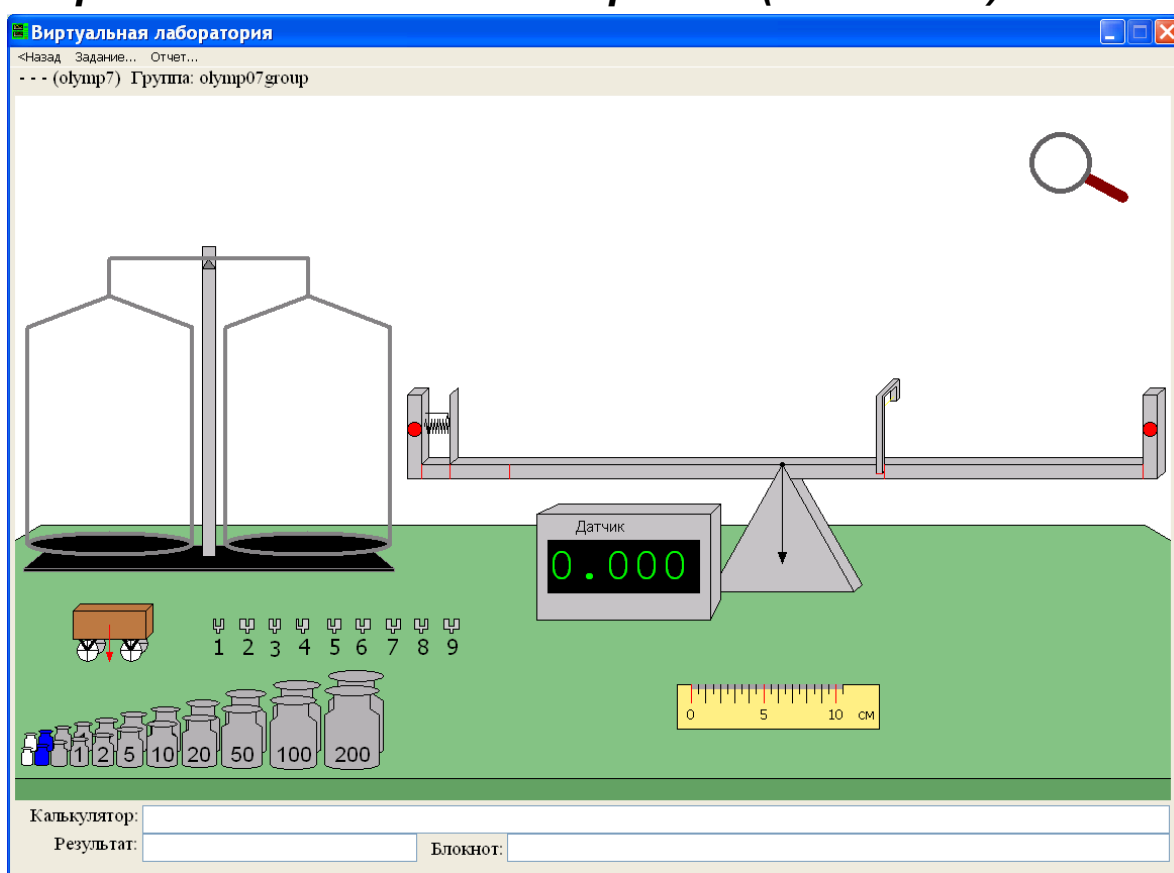
Массу стержня можно найти, сдвинув его из положения равновесия и подцепив динамометром так, чтобы стержень расположился горизонтально. Измерив силу и расстояния, можно найти массу.

В 7 классе из 100 человек, допущенных на очный тур, смогли провести хотя бы одно правильное измерение какой-либо величины только 40. При этом 26 участников нашли массу и плотность куба, 5 участников – также нашли разность масс гирь. И только два участника (разделившие первое место по 7 классу) догадались, каким образом измерить массу стержня - но не справились с определением разности масс гирь.

В 8 классе из 97 человек, допущенных на очный тур, смогли провести хотя бы одно правильное измерение какой-либо величины 50. При этом 39 участников нашли массу и плотность куба, 6 участников – также нашли разность масс гирь. И только два участника (занявшие первое и второе места по 8 классу) полностью выполнили все задания.

3.2. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 7 и 8 классы.

Модель: Тележка на горизонтальном рельсе - проблема с датчиком скорости (10 баллов)



Тележка может быть установлена на горизонтальном рельсе. Она автоматически закрепляется электромагнитом на краях рельса. Датчик должен измерять скорость тележки с помощью установленного на тележку флажка с прорезью.

Определите:

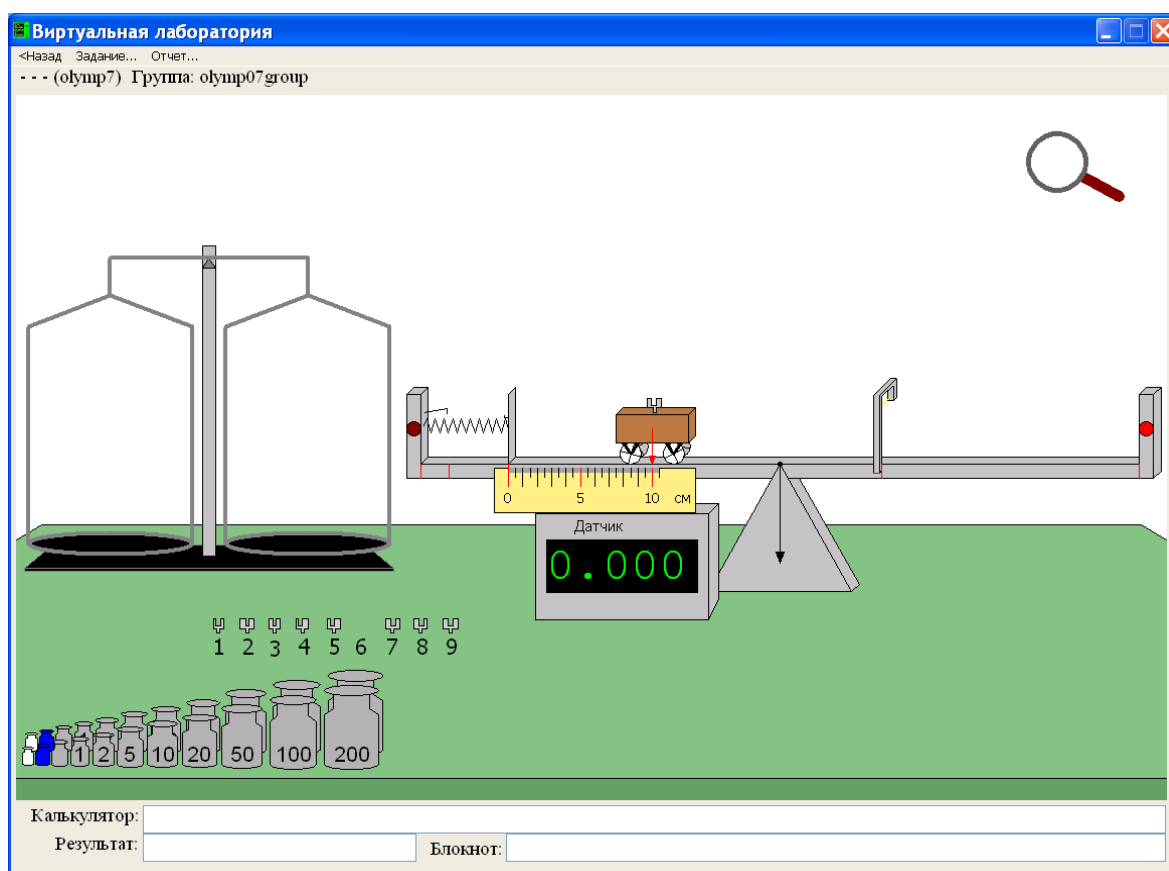
1. Массу тележки.
2. Координату датчика.

Координаты отсчитываются вдоль оси, расположенной параллельно рельсу. За начало системы координат выберите поверхность стенки рельса, к которой прикреплена пружина - оно помечено красной риской. Координата датчика также помечена красной риской.

Массу и координату определите с точностью до сотых, скорость - с точностью до тысячных, и отошлите результаты на сервер.

В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр. Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер начисляется до 3 штрафных баллов. Щелчок мыши по красной кнопке включает или выключает электромагнит на соответствующем крае рельса. При отпускании электромагнита тележка выталкивается пружиной. Электронная схема оптического датчика срабатывает при пересечении светового луча краями флажка. Массы гирь указаны в граммах.

Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе нужный участок экрана. Щелчок мышью в любом месте экрана (кроме линейки) возвращает первоначальный масштаб. Линейку можно перемещать, в том числе при использовании увеличительного стекла.

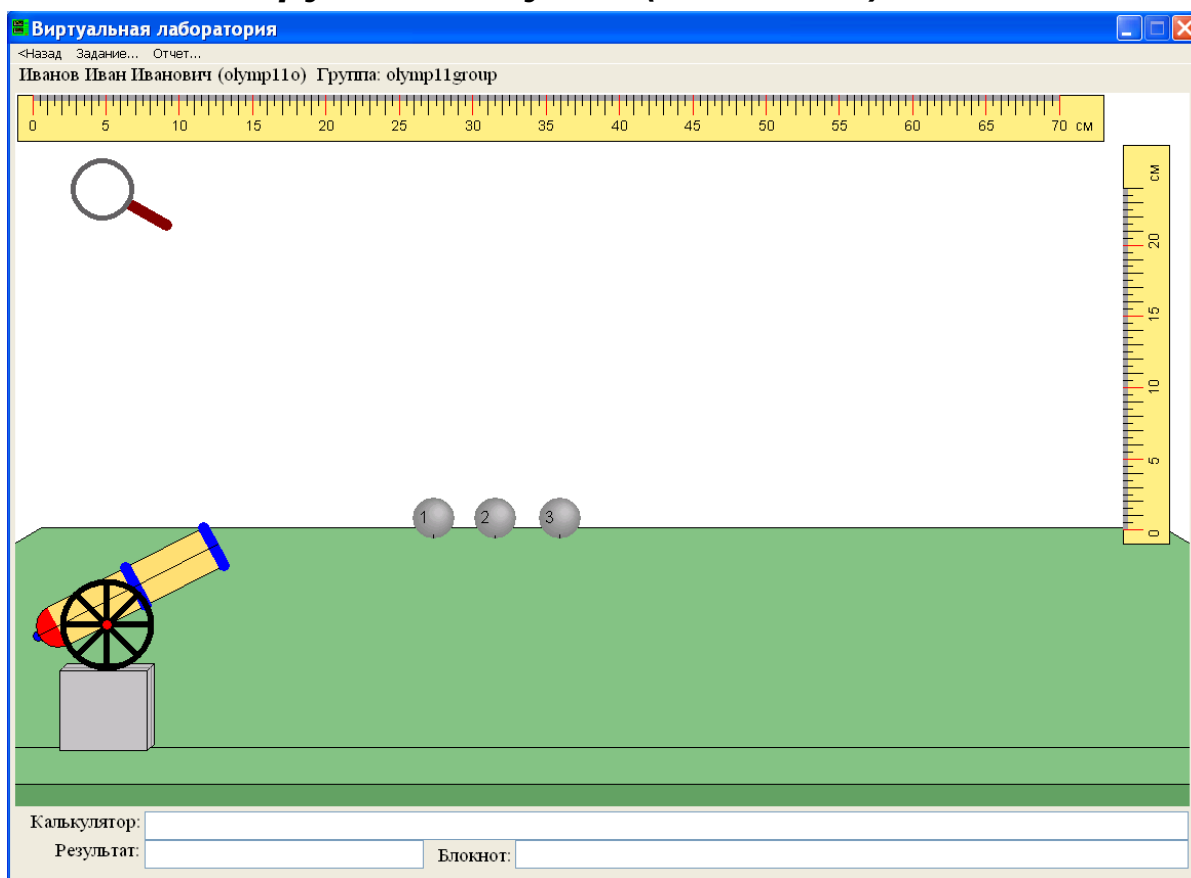


Масса тележки находится простым взвешиванием, это очень простая часть задания.

Координату датчика непосредственно не измерить, так как линейка слишком короткая. Измерение скорости с помощью датчика ничего не дает, необходимо искать другой путь решения. Единственный подходящий вариант – использовать тележку в качестве маркера, отмечая с её помощью положение правого края линейки, и постепенно передвигая линейку всё правее, пока она не достигнет датчика.

Начинать измерения можно только после отпускания электромагнита, когда пружина распрямлена – иначе тележка оказывается слишком близко к электромагниту и притягивается к нему – из-за чего отметить с её помощью правый край линейки не удастся.

3.3. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 11 класс. Модель: Пружинная пушка (20 баллов)



Имеется пружинная пушка и набор шариков (ядер). Масса первого ядра равна 129.3 г. Определите массу второго и третьего ядер, начальный угол наклона пушки относительно горизонтальной плоскости и коэффициент жесткости пружины пушки.

Ускорение свободного падения считать равным 9.8 м/с^2 . Вычисления проводить с точностью не менее 4 значащих цифр, массы вводить с точностью до десятых, угол - с точностью до тысячных, коэффициент жесткости - с точностью до целых.

Наклон пушки можно менять с помощью "мыши". Пушка заряжается путём перетаскивания ядра к дулу пушки, величина деформации пружины при зарядке пушки с горизонтальным положением ствола составляет $L=11 \text{ см}$. В пушку встроен специальный компенсатор, благодаря которому скорость вылета ядра из ствола не зависит от угла наклона пушки. Для выстрела следует щёлкнуть мышью в области части пушки, окрашенной в красный цвет. Момент полного распрямления пружины соответствует моменту вылета ядра из дула, при этом центр ядра находится на уровне среза ствола.

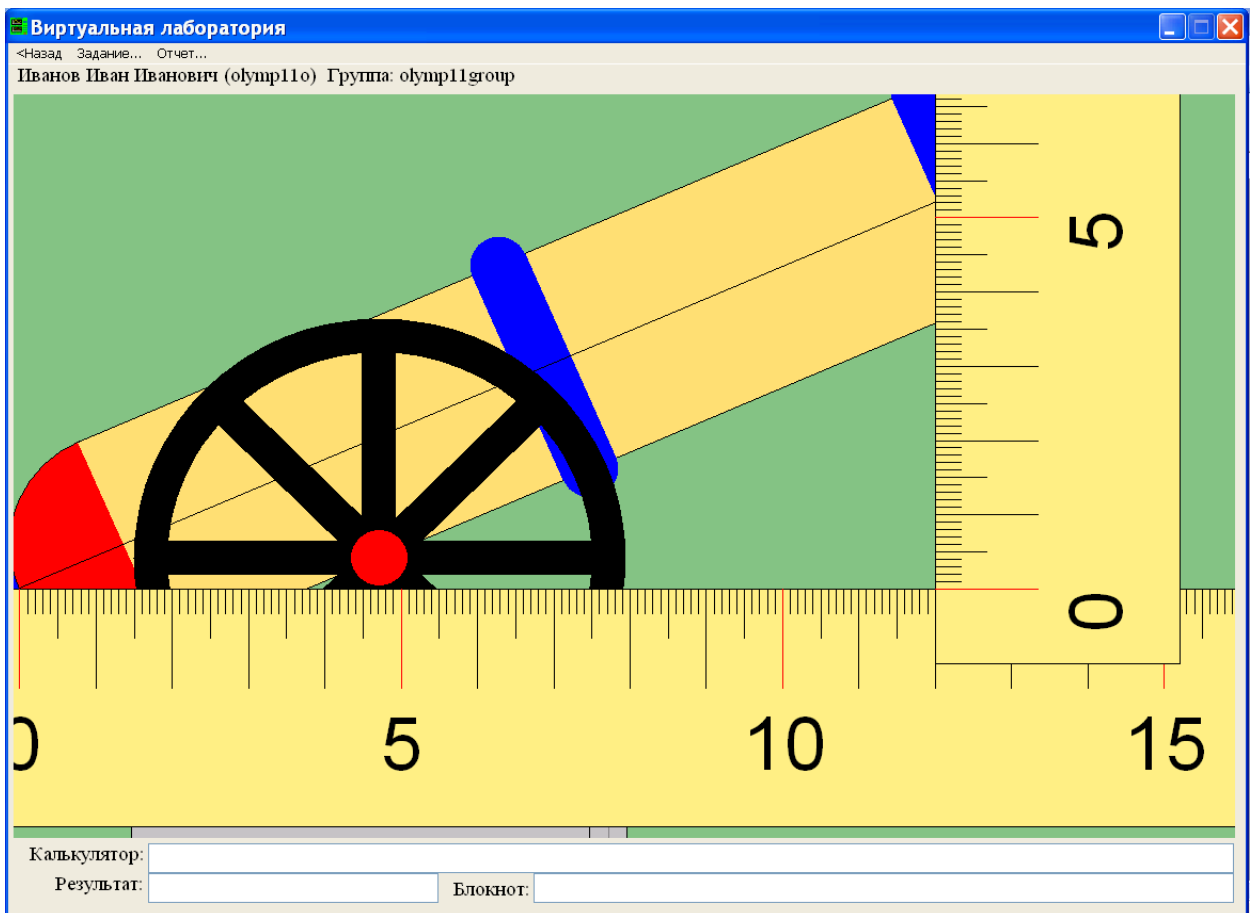
Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе любой выбранный участок экрана, а также перемещать в этом состоянии ствол пушки и линейки. Щелчок мышью в любом другом месте экрана возвращает первоначальный масштаб.

Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер назначается до 4 штрафных баллов.

Сложность: уровня межрегиональной олимпиады

Решение

1. При попытке выстрела при начальных условиях ядра улетают за пределы экрана. Это сделано специально для того, чтобы участники олимпиады обдумали стратегию своих действий: при таких условиях имеет смысл начинать с определения угла наклона пушки, а не с массы ядер. Ведь если угол изменить, его уже не измерить. Большинство участников пытались определить угол наклона пушки по дальности полета ядер – но в условиях, когда ядра улетают за пределы экрана, это невозможно. И многие так и не догадались, что гораздо проще надежнее измерить тангенс угла α наклона пушки с помощью чисто геометрических измерений с помощью двух перпендикулярных линеек в режиме использования увеличительного стекла.



2. Измеряем наклон по линии, идущей по центру пушки. Выбираем по горизонтали основание треугольника 12,0 см, и получаем высоту 5,2 см. Поэтому $\operatorname{tg} \alpha = 5,2/12$, $\alpha = \operatorname{arctg}(5,2/12) = 0.4089$ радиан.

Отчет

Масса ядра 2	<input type="text"/>	г
Масса ядра 3	<input type="text"/>	г
Угол наклона пушки	0.4089	радиан
Коэффициент жесткости пружины	<input type="text"/>	Н/м

Отправить результаты на сервер

Очистить Закрыть

Отчет

Название	Ответ	Результат	Баллы
Масса ядра 2 (г)		Неправильно	0
Масса ядра 3 (г)		Неправильно	0
Угол наклона пушки (радиан)	0.4089	Правильно	5
Коэффициент жесткости пружины (Н/м)		Неправильно	0
За текущую попытку :			5
			19
			0.25 (из 20)

Сообщение с веб-страницы

Частично правильно!

ОК

Очистить Закрыть

На рисунках приведен пример того, что разрешается отправлять отчеты с частично выполненными заданиями, и что сразу после отсылки отчета производится автоматическая проверка правильности результатов – с возможностью переделки неверно выполненных частей задания (с начислением за переделку штрафных баллов – за предыдущие попытки уже были начислены штрафные баллы).

3. Для нахождения массы ядер необходимо уменьшить угол наклона пушки. Проще и точнее всего установить нулевой угол наклона в режиме использования увеличительного стекла и производим выстрел.

Виртуальная лаборатория

<Назад Задание... Отчет...

Иванов Иван Иванович (оlymp11o) Группа: оlymp11group

The diagram shows a mechanical system on a green background. A black wheel with eight spokes and a red center is mounted on a grey rectangular base. A yellow horizontal bar is attached to the wheel's axle. The bar extends to the right and has two blue vertical cylindrical components at its ends. On the left side of the wheel, a red semi-circular shape is attached to the bar, with a small blue cylinder at its tip.

Калькулятор: $\text{arctg}(5.2/12)$
 Результат: 0.408907828950925 Блокнот:

Виртуальная лаборатория

<Назад Задание... Отчет...

Иванов Иван Иванович (оlymp11o) Группа: оlymp11group

The diagram shows the same mechanical system as in the first image, but with a ruler and three spheres. A yellow ruler is placed vertically to the left of the wheel, with a scale from 0 to 20 cm. A horizontal ruler is placed below the bar, with a scale from 0 to 60 cm. Three grey spheres are positioned on the green surface: sphere 1 is at approximately 35 cm on the horizontal ruler, sphere 2 is at approximately 18 cm, and sphere 3 is at approximately 22 cm. A magnifying glass icon is in the top left corner.

Калькулятор: $\text{arctg}(5.2/12)$
 Результат: 0.408907828950925 Блокнот: 34.05

4. Измеряем дальность полета первого ядра: $x_1=34,05$ см.

5. Измеряем высоту центра пушки над уровнем пола, она равна 10,0 см.

6. Измеряем диаметр ядра, он равен 2,8 см. Поэтому высота ядра над уровнем пола в момент вылета из пушки равна $h=10,0$ см $- 2,8/2$ см = 8,6 см

7. Из уравнения $h = \frac{gt^2}{2}$ вычисляем время падения ядер, оно для них одинаково:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 * 0,086}{9,8}} \text{ с} = 0.13248 \text{ с}$$

8. У всех ядер на вылете одинаковая энергия $E = \frac{kL^2}{2}$, где k - коэффициент жесткости

пружины. Поэтому $E = \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_3 v_3^2}{2}$, откуда $m_2 = m_1 \frac{v_1^2}{v_2^2}$, $m_3 = m_1 \frac{v_1^2}{v_3^2}$

9. Дальность полета ядер $x_1 = v_1 t$, $x_2 = v_2 t$, $x_3 = v_3 t$, поэтому $\frac{v_1}{v_2} = \frac{x_1}{x_2}$, $\frac{v_1}{v_3} = \frac{x_1}{x_3}$.

То есть $m_2 = m_1 \frac{x_1^2}{x_2^2}$, $m_3 = m_1 \frac{x_1^2}{x_3^2}$

10. Измеряем дальность полета второго и третьего ядер, они равны $x_2=39,4$ см, $x_3=45,1$ см.

Находим $m_2 = 129,3 \frac{34,05^2}{39,4^2}$ г = 96.57 г, $m_3 = 129,3 \frac{34,05^2}{45,1^2}$ г = 73.7 г.

11. Поскольку $v_1 = \frac{x_1}{t} = \frac{0,3405 \text{ м}}{0,13248 \text{ с}} = 2,57$ м/с.

Тогда $k = \frac{2E}{L^2} = \frac{2 \frac{m_1 v_1^2}{2}}{L^2} = \frac{m_1 v_1^2}{L^2} = \frac{0,1293 \text{ кг} \cdot 2,57^2 \text{ м}^2}{0,11^2 \text{ м}^2 \text{ с}^2} = 70.58$ н/м

Название	Ответ	Результат	Баллы
Масса ядра 2 (г)	96.57	Правильно	5
Масса ядра 3 (г)	73.7	Правильно	5
Угол наклона пушки (радиан)	0.4089	Правильно	5
Коэффициент жесткости пружины (Н/м)	70.58	Правильно	5
За текущую попытку :			20
Штрафных баллов :			19
Итого за задание :			1 (из 20)

Очистить Закрыть

Ответ:

Масса ядра 2	96.57	г
Масса ядра 3	73.7	г
Угол наклона пушки	0.4089	ра- диан
Коэффициент жесткости пружины	70.58	Н/м

Основные проблемы и “подводные камни”:

1. Для полного выполнения задания необходимо было сначала определить угол наклона пушки, хотя в задании и отчете измерение этой величины шло под номером 3.
2. Большинство участников пытались определить угол наклона пушки по дальности полета ядер и не догадались провести чисто геометрические измерения.
3. Необходимо было догадаться, что массы ядер проще всего и точнее измерять по дальности стрельбы при горизонтальном расположении ствола пушки. Хотя возможно было проводить измерения при любом угле, для которого все три ядра не улетают за пределы экрана.
4. Необходимо было вывести формулы, позволяющие определить массу ядер и коэффициент жесткости пружины по результатам измерений.

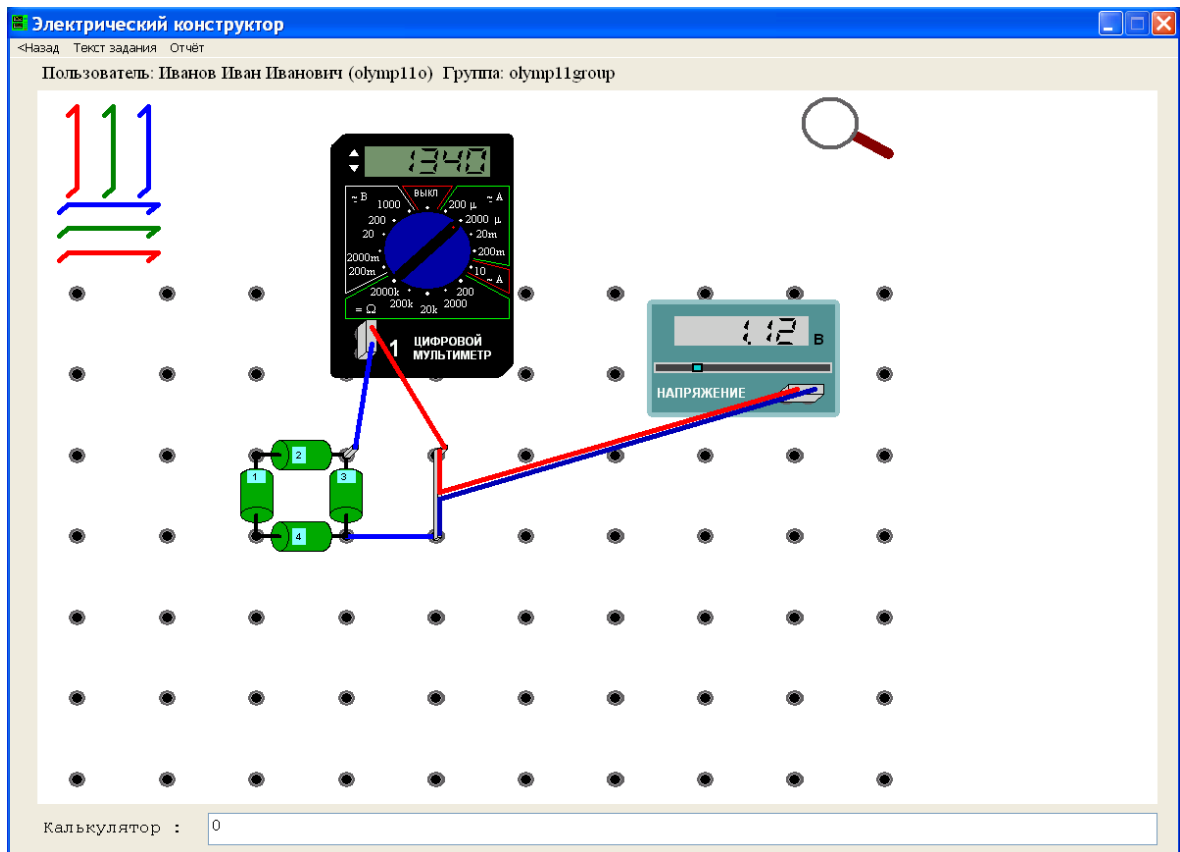
3.4. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 11 класс. Модель: Четыре резистора (20 баллов)

Электрический конструктор

<Назад Текст задания Отчёт

Пользователь: Павлов Пван Иванович (olymp11o) Группа: olymp11group

Калькулятор : 0



Четыре резистора установлены на поле с контактными площадками. Найдите, чему равны сопротивления этих резисторов. Соберите для этого необходимые электрические схемы, проведите измерения и выполните расчеты. Добивайтесь максимальной точности измерений! Занесите результаты в отчёт, величины сопротивлений указывать с точностью до десятой ома.

Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер начисляется до 4 штрафных баллов.

Буква μ у диапазона означает "микро", буква m - "милли".

Элементы можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели. К малым клеммам можно подсоединять мультиметр - измерительный прибор, позволяющий измерять токи, напряжения и сопротивления. Кроме того, к малым клеммам можно подсоединять переключки - провода, имеющие практически нулевое сопротивление.

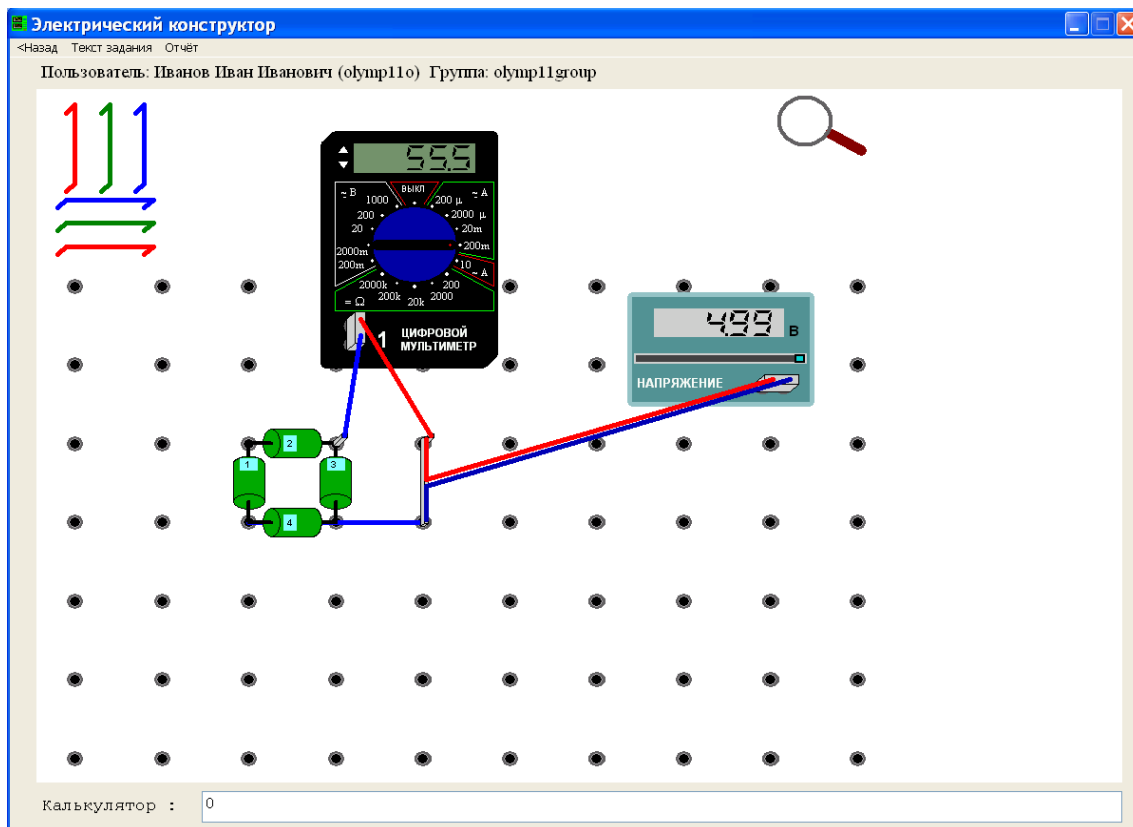
Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки. В данной работе измерение сопротивлений в мультиметре отключено. Внутреннее сопротивление мультиметра в режиме вольтметра очень велико, а в режиме амперметра очень мало.

При необходимости размер мультиметра можно увеличивать или уменьшать с помощью стрелок в его левом верхнем углу. Полярность подключения прибора можно менять путём перетаскивания клеммы с проводами, подключённой к мультиметру.

Напряжение источника постоянного тока регулируется перемещением его движка.

Решение:

1. Измерения производятся следующим образом. Собираем схему для измерения тока через резистор R_3 и соединенную с ним параллельно цепочку $R_1+R_2+R_4$ и подбираем оптимальный диапазон измерений и оптимальное напряжение источника – чтобы на обеих шкалах светилось максимальное количество цифр.



Обозначим соответствующее сопротивление как R'_3 . Получаем $R'_3 = \frac{4,99В}{55,5мА} = 89,91\text{Ом}$

2. Как всегда бывает при использовании цифровых приборов, очень важно правильно выбрать шкалы измерения, чтобы на экране светилось наибольшее количество цифр. Если выбран слишком грубый диапазон и показывается всего две или даже только одна значащая цифра, необходимая точность измерений не может быть достигнута.

Задание такого рода на измерение с помощью мультиметра сопротивления отдельных резисторов давалось во время прохождения тренировок, и желающие могли в течение почти двух месяцев освоить процесс измерения. Поэтому для участников очного тура сам процесс измерения сопротивления не составлял сколько-нибудь серьезной проблемы.

3. Основная проблема у участников возникала в том, что делать дальше. Помимо измерения сопротивления R'_3 можно аналогичным образом измерить сопротивления R'_1, R'_2, R'_4 . Также можно измерить сопротивление $R'_{12,34}$ между противоположными точками “по диагонали”: точкой соединения резистора 1 и резистора 2, которую мы будем обозначать 12, и точкой соединения резистора 3 и резистора 4, которую мы будем обозначать 34. И можно измерить сопротивление $R'_{23,14}$ между противоположными точками по другой диагонали. Набор четырех из перечисленных измерений дает систему из четырех уравнений с четырьмя неизвестными, и кажется, что легко найти все четыре неизвестных. Однако уравнения оказываются нелинейными, и решение “в лоб” не проходит. Путём довольно сложных преобразований данную систему, возможно, удастся решить, но это “неизящное”, не олимпиадное решение, требующее очень много расчетов и преобразований.

“Олимпиадных” решений может быть несколько. Приведем одно из них.

Первое решение:

Приложим напряжение к диагонали квадрата из резисторов (между точками 14 и 23), ток через цепочку $R_1 + R_2$ обозначим как I_{12} . Можно заметить, что напряжение на резисторе 1 (его можно измерить мультиметром) равно $U_1 = I_{12}R_1$, а на резисторе 2 (также измеряем) равно $U_2 = I_{12}R_2$. Поэтому $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$. Аналогично, измеряем U_3 и U_4 , и находим

$\frac{U_3}{U_4} = \frac{R_3}{R_4}$. Подключая напряжение к диагонали между точками 12 и 34 и измеряя напряжения (позметим их на обозначениях волной над символом) на резисторах, находим $\frac{\tilde{U}_2}{\tilde{U}_3} = \frac{R_2}{R_3}$ и $\frac{\tilde{U}_1}{\tilde{U}_4} = \frac{R_1}{R_4}$. Таким образом, $R_1 = \frac{U_1}{U_2}R_2$, $R_2 = \frac{\tilde{U}_2}{\tilde{U}_3}R_3$, $R_3 = \frac{U_3}{U_4}R_4$. То есть у нас остается только одна неизвестная – значение R_4 . Измерение тока, протекающего через подключенную “диагональ” позволяет найти значение R_4 .

Второе решение:

Находим значения R'_1, R'_2, R'_3, R'_4 . В общем случае это нам ничего не дает, но в условиях олимпиадного задания значения могли быть, например, такими:

$R'_1 = 15,0$ Ом, $R'_2 = 88,6$ Ом, $R'_3 = 907,9$ Ом, $R'_4 = 951,4$ Ом. Обращаем внимание на то, что R'_3 и R'_4 заметно больше, чем R'_1 . Это означает, что R_3 и R_4 примерно на два порядка больше, чем R_1 , и поэтому можно с хорошей точностью считать, что $R_1 = R'_1 = 15,0$ Ом. Знание величины R_1 позволяет найти значения остальных резисторов либо по отношению напряжений, как в первом варианте решения, либо другими, несколько более сложными методами.

Получаем в итоге $R_1 = 15,0$ Ом, $R_2 = 90$ Ом, $R_3 = 1265$ Ом, $R_4 = 3111$ Ом.

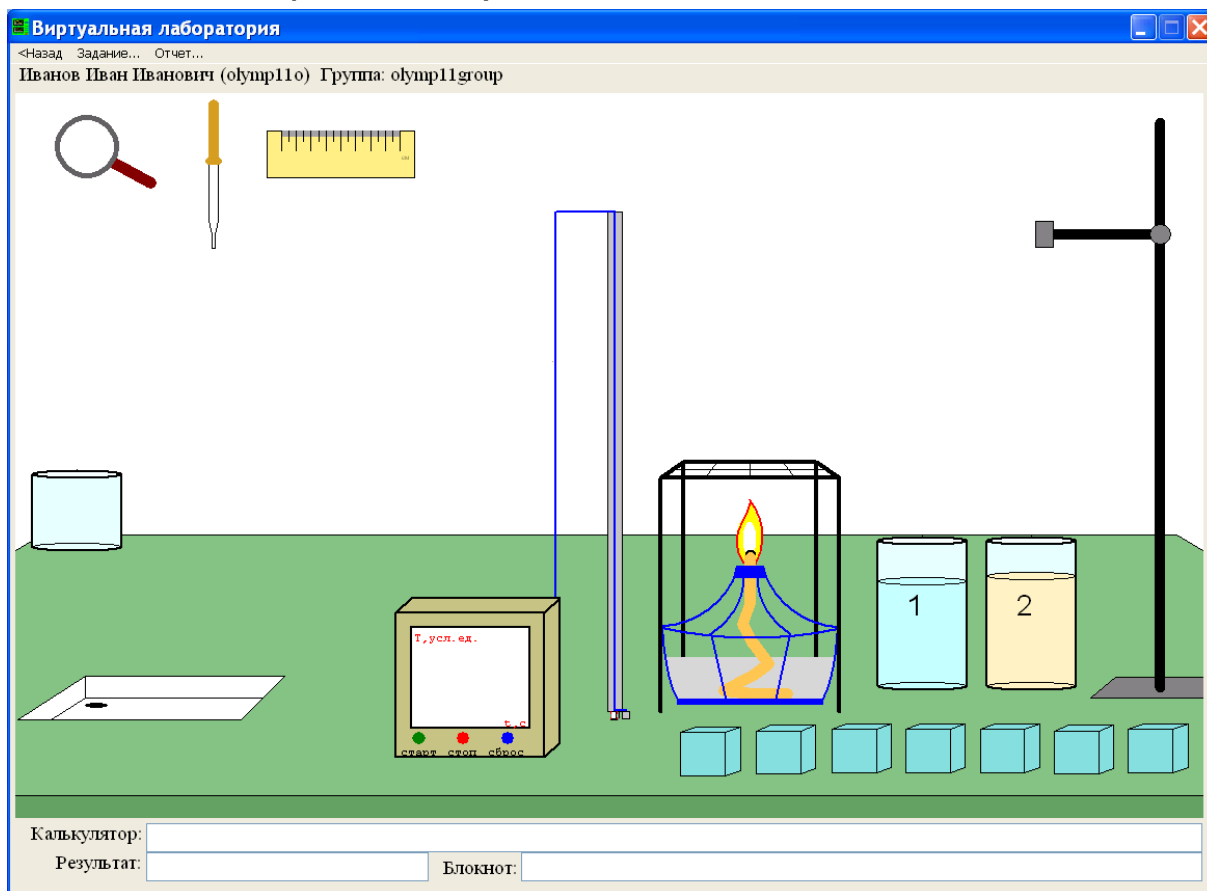
Следует отметить, что имеется еще несколько вариантов решения, различающихся по методам измерений, сложности вычислений и точности нахождения значений резисторов..

Основные проблемы и “подводные камни”:

- Необходимо правильно измерять значения с помощью цифрового прибора.
- Необходимо догадаться о том, какие электрические цепи собирать, какие измерения проводить и как по результатам этих измерений вычислять сопротивление элементов.

Всего 16 участников очного тура полностью справилось с заданием, причём только 11 из них – с первого раза. Значение хотя бы одного резистора правильно измерили 136 участников.

3.5. Очный тур олимпиады 2010-2011 г., 11 класс. Модель: Теплоемкость и температура кипения неизвестной жидкости (20 баллов)



В первом стакане находится вода, её плотность равна 1 г/см^3 , а удельная теплоемкость равна $4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$. Во втором стакане находится неизвестная жидкость, имеющая плотность 0.81 г/см^3 . На столе находятся кубики льда, длина ребра каждого кубика 3 см , плотность льда 0.9 г/см^3 , удельная теплота плавления льда 335 000 Дж/кг . Также имеются линейка, пипетка и термометр, состоящий из датчика и цифрового прибора, записывающего зависимость температуры от времени - но шкала температур не отградуирована. Измеряемая величина линейно зависит от температуры, но измеряются не градусы, а условные единицы.

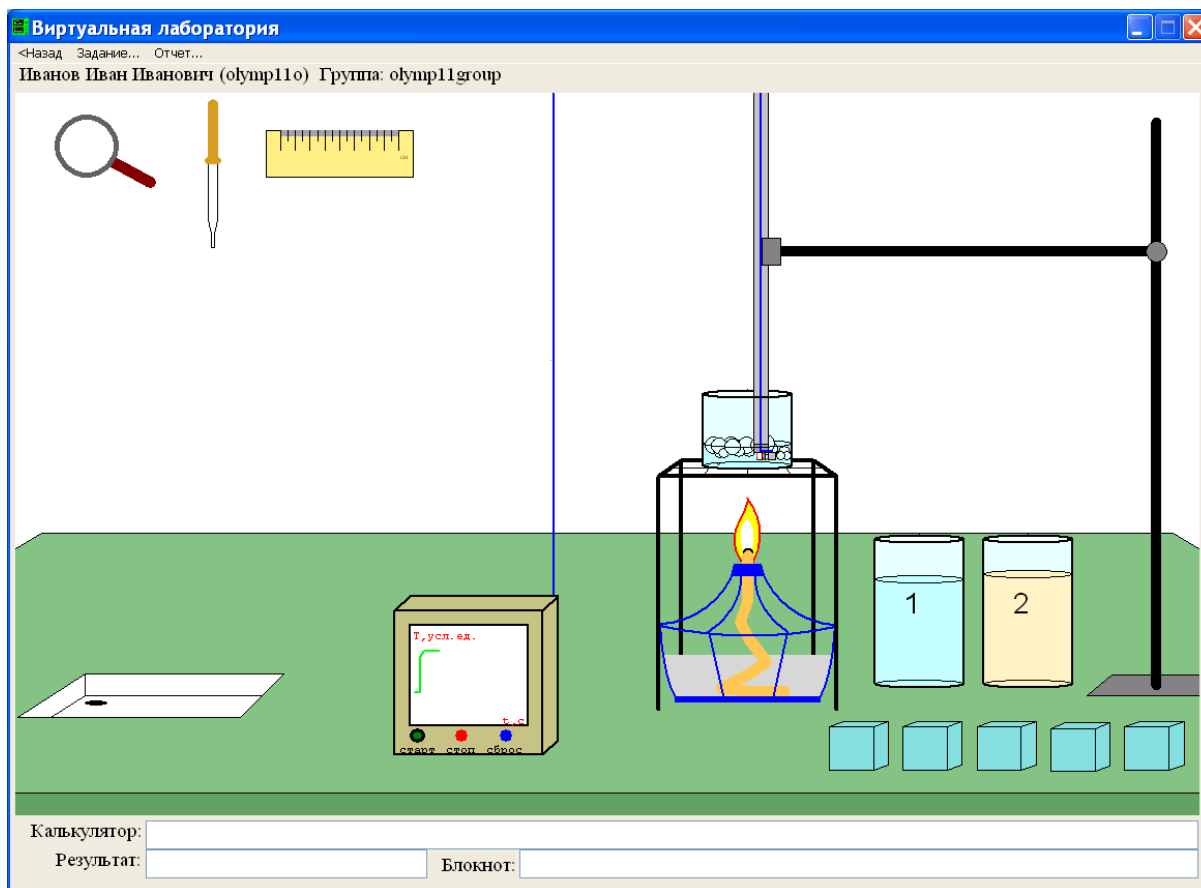
Измерьте массу воды, находящейся в первом стакане, а также начальную температуру, температуру кипения и удельную теплоёмкость неизвестной жидкости.

Занесите результаты в отчёт и отправьте на сервер.

Массу и температуру необходимо вводить с точностью до десятых, теплоёмкость - с точностью до десятков. Теплоёмкостью стаканов и потерями тепла можно пренебречь. Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер назначается до 4 штрафных баллов. Датчик необходимо опускать в стакан только через верхнюю открытую часть стакана. Для удобства измерений стержень с датчиком можно закреплять в лапке штатива. Эту лапку можно перемещать вверх и вниз по стойке штатива, а также выдвигать на нужную длину. Стаканы можно переставлять либо в раковину, либо на решётку над горячей спиртов-

кой. Жидкости можно переливать только в стакан, стоящий в раковине. Развёртка по времени у прибора включается щелчком по зелёной кнопке "старт" и выключается щелчком по красной кнопке "стоп". Последующее нажатие на "старт" продолжает развёртку. Нажатие на кнопку "сброс" очищает экран.

Для просмотра графика с экрана прибора следует использовать увеличительное стекло, которое можно перемещать за рукоятку. В случае, когда не идёт развёртка по времени, при увеличении показывается окно с графиком измеренной зависимости. На этом графике можно многократно выделять для просмотра необходимую область (слева направо сверху вниз). Выделение области справа налево или снизу вверх возвращает первоначальный масштаб.



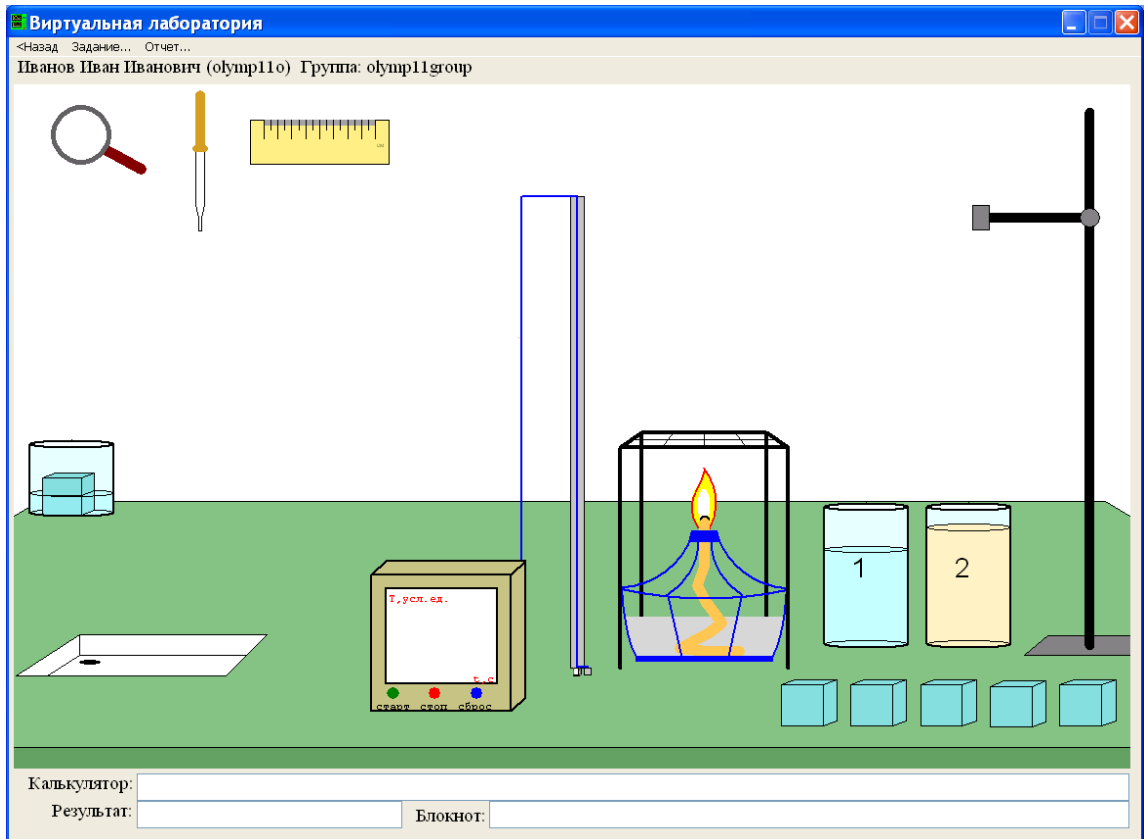
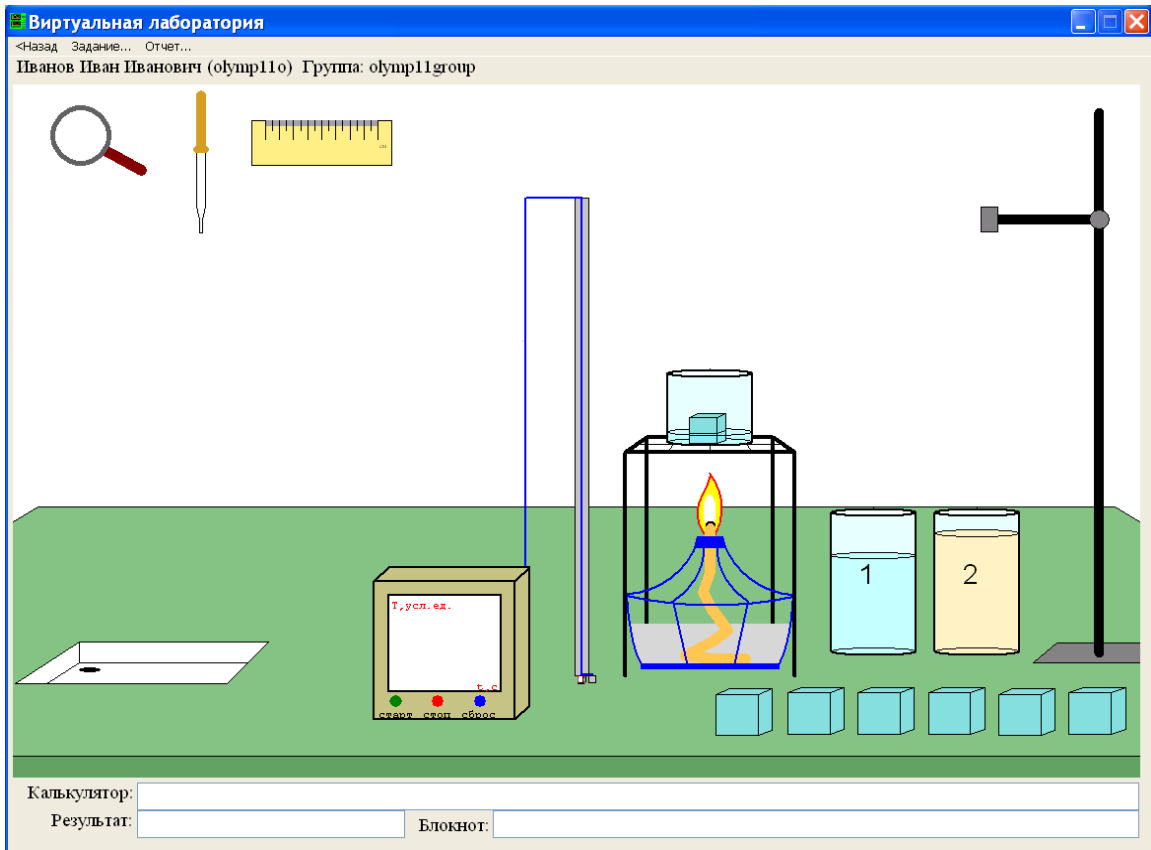
Сложность задания: очень высокая.

Решение

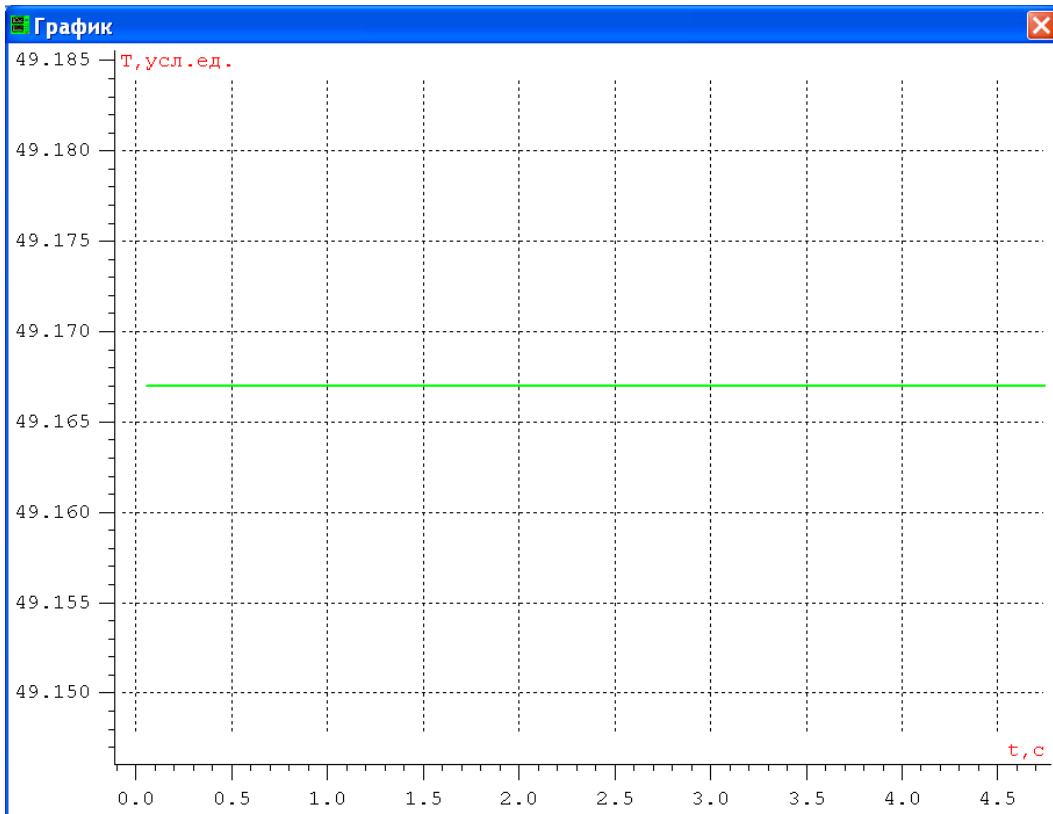
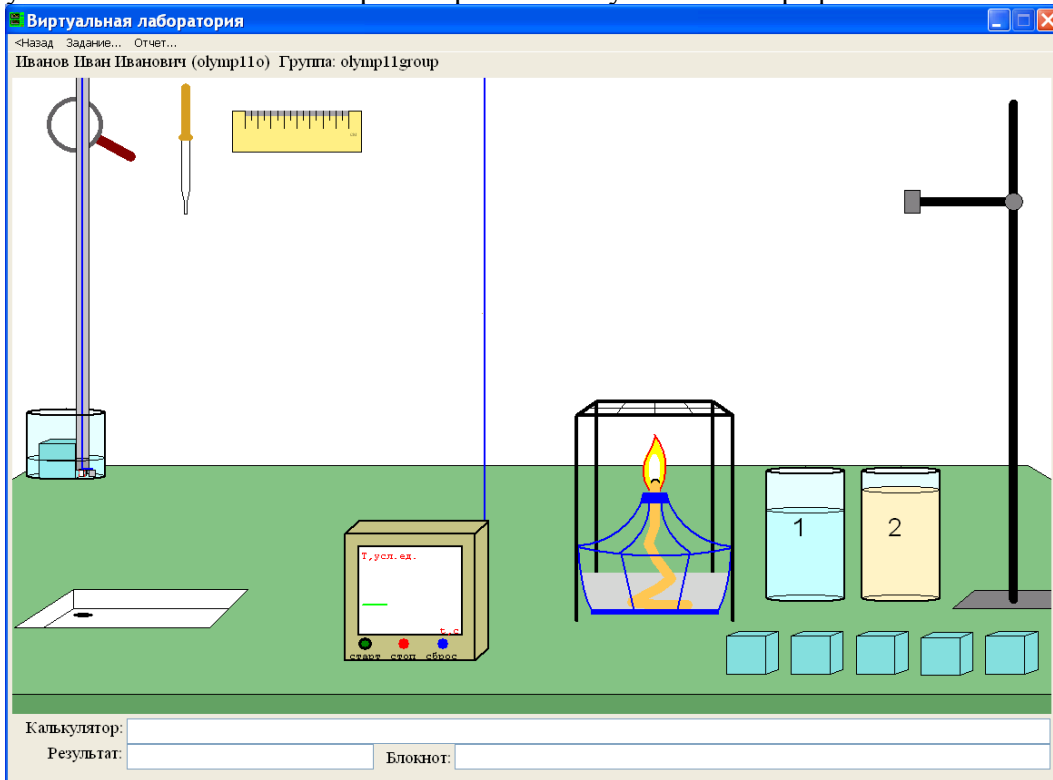
Массу воды, находящейся в первом стакане, можно измерить по изменению температуры воды при добавлении в нее кубиков льда. Теплоемкость неизвестной жидкости можно измерить несколькими способами, но для всех них требуется знать температуру жидкости. Поэтому сначала необходимо отградуировать шкалу термометра.

Для градуировки у нас имеются две классические точки: температура замерзания воды и температура кипения воды. Первую можно получить с помощью кубиков льда, когда в воде плавает не до конца растаявший кубик.

1. Для того чтобы не испортить состояние воды, объём которой нам необходимо измерить, получим воду путем плавления кубика льда. После плавления первого кубика бросаем в получившуюся воду второй и ждем установления равновесного состояния.

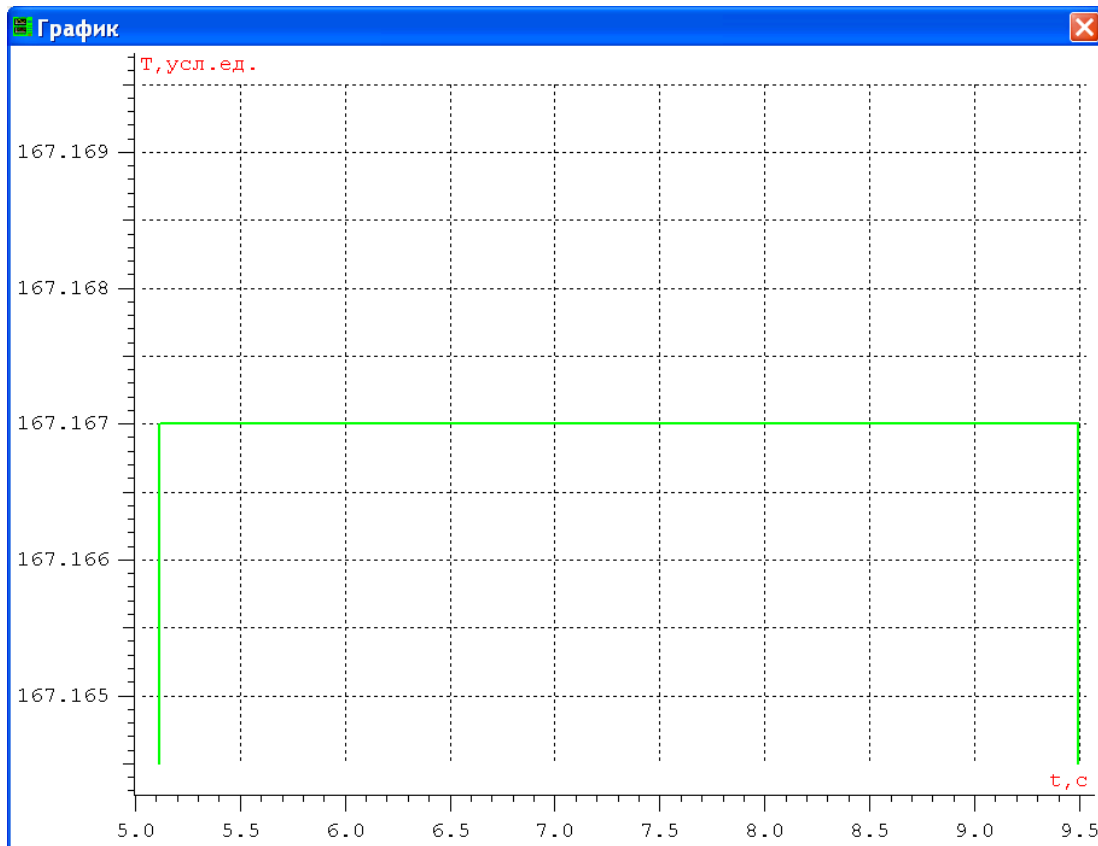
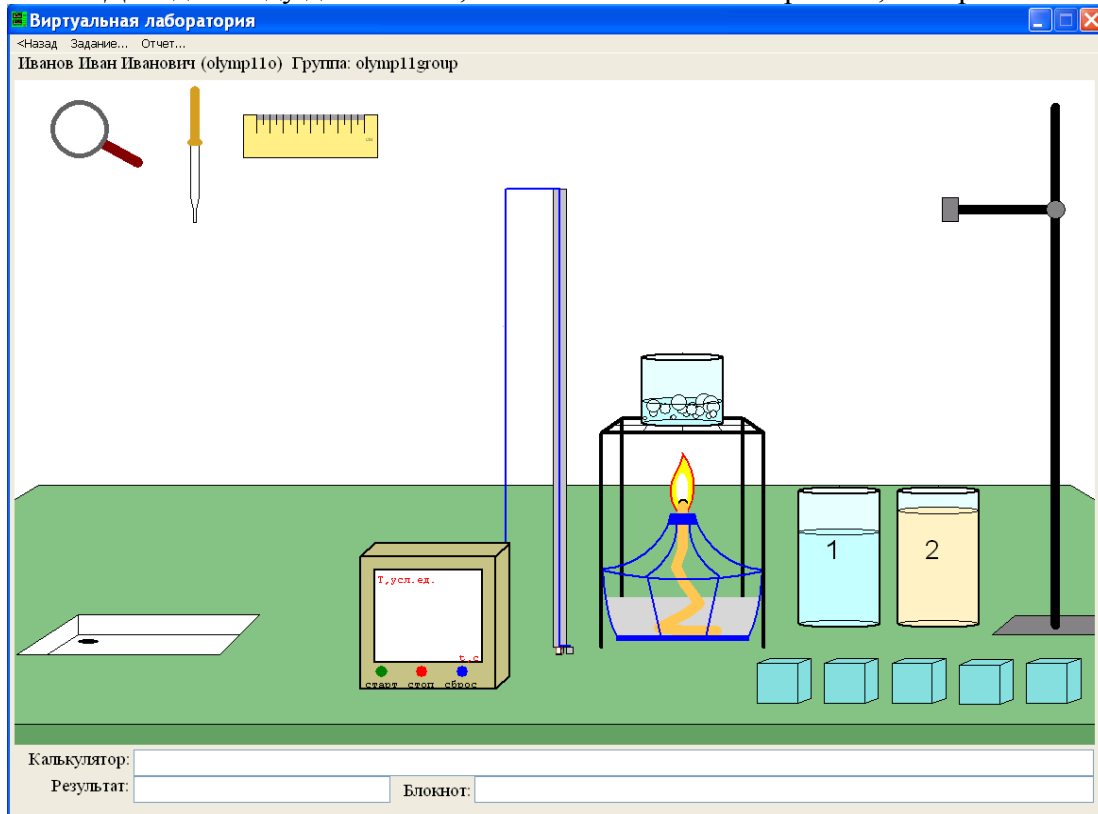


2. Запускаем прибор-термометр, останавливаем измерения и с помощью увеличительного стекла просматриваем получившийся график.



Выясняем, что температура $t_0 = 0^\circ\text{C}$, соответствует $\tilde{t}_0 = 49,167$ условных единиц.

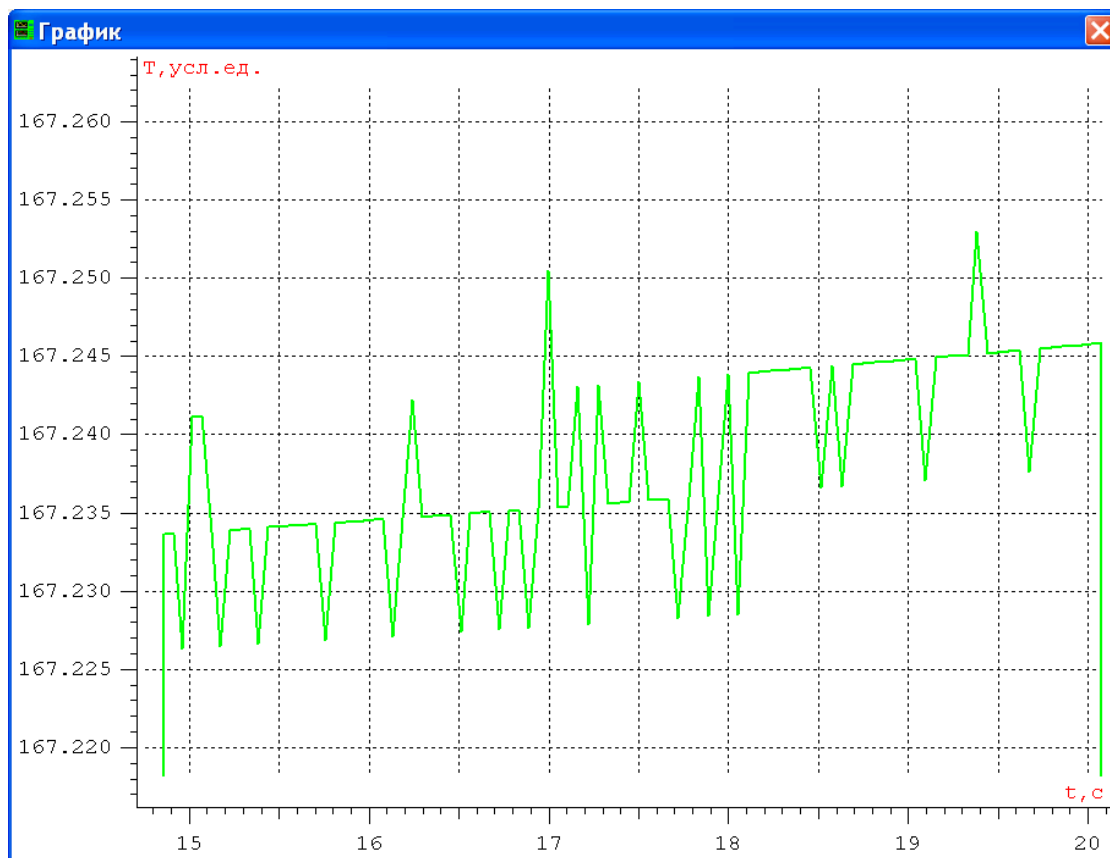
3. Доводим воду до кипения, снимаем стакан со спиртовки, измеряем температуру.



Выясняем, что температура $t_1 = 100^\circ\text{C}$, соответствует $\tilde{t}_1 = 167,167$ условных единиц.

Таким образом, $100^\circ\text{C} = 167,167 - 49,167$ условных единиц = 118 условных единиц, т.е. 1 условная единица = $100^\circ\text{C}/118 = 0.84746^\circ\text{C}$. Таким образом, $t = 0.84746(\tilde{t} - t_0)^\circ\text{C}$

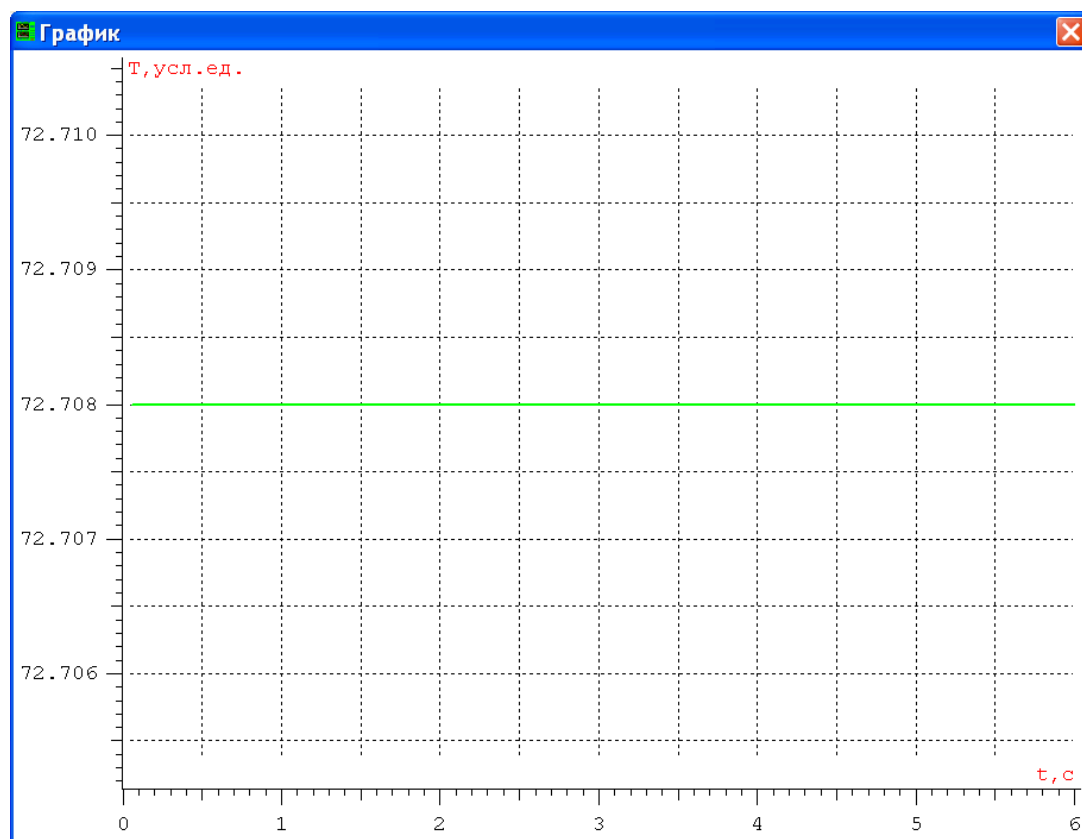
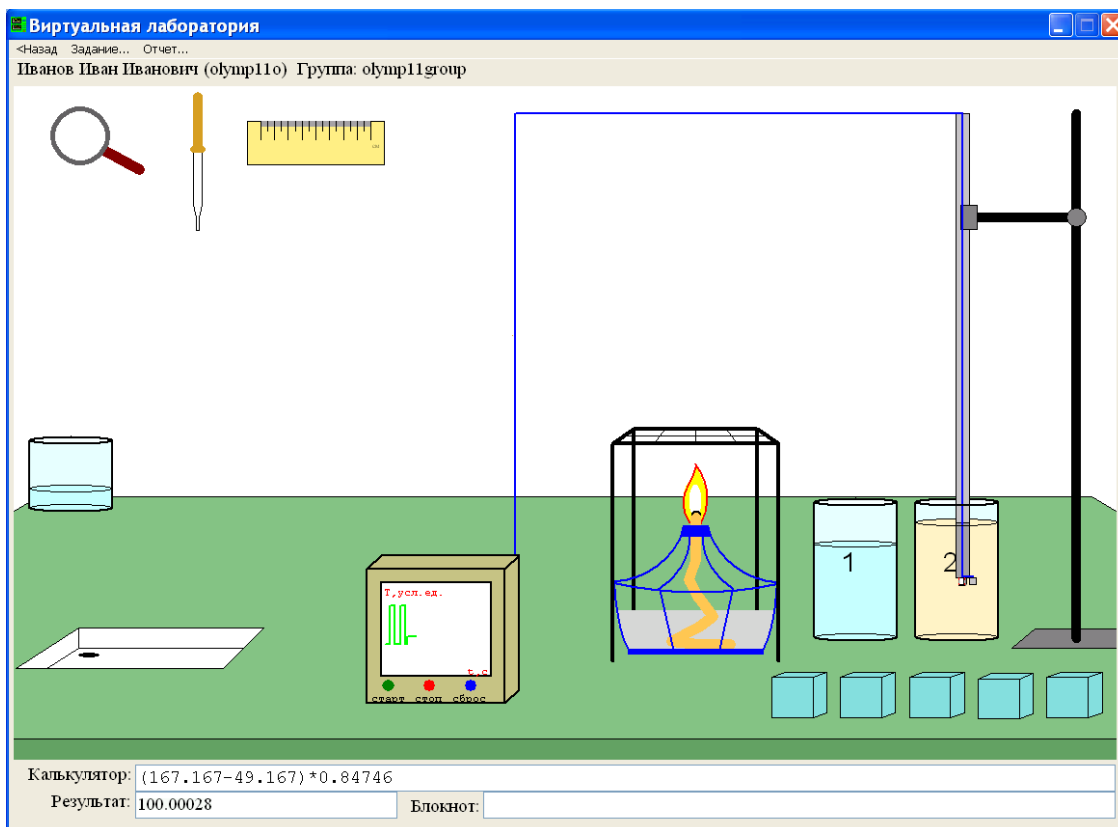
Необходимо обратить внимание, что если нагревается небольшой объем воды, происходит небольшой ее перегрев, как в реальной жизни:



Поэтому измерение температуры необходимо проводить сразу после того, как стакан снят со спиртовки. Отличие небольшое, менее чем на одну десятую градуса, и не сказывается на правильности ответа. Однако если взять совсем мало воды, или если вода почти вся выкипит, погрешность окажется настолько велика, что измеренные с помощью такой градуировки температуры не будут засчитаны системой, так как выйдут за пределы допустимой погрешности.

При нагревании большого стакана с водой такая проблема отсутствует, так как количество воды велико, и ее нагрев осуществляется относительно медленно. Однако в этом случае возникает некоторое усложнение алгоритма нахождения массы воды. Перед нагревом требуется предварительно провести ряд измерений: измерить начальную температуру воды в условных единицах, кинуть в стакан кубик льда, дождаться его таяния и измерить получившуюся температуру воды. После градуировки термометра по результатам этих измерений можно найти массу воды.

4. Находим температуру неизвестной жидкости:



Она оказывается равна 72,708 условных единиц = $(72,708 - 49,167) * 0,84746 \text{ } ^\circ\text{C} = 19,95 \text{ } ^\circ\text{C}$

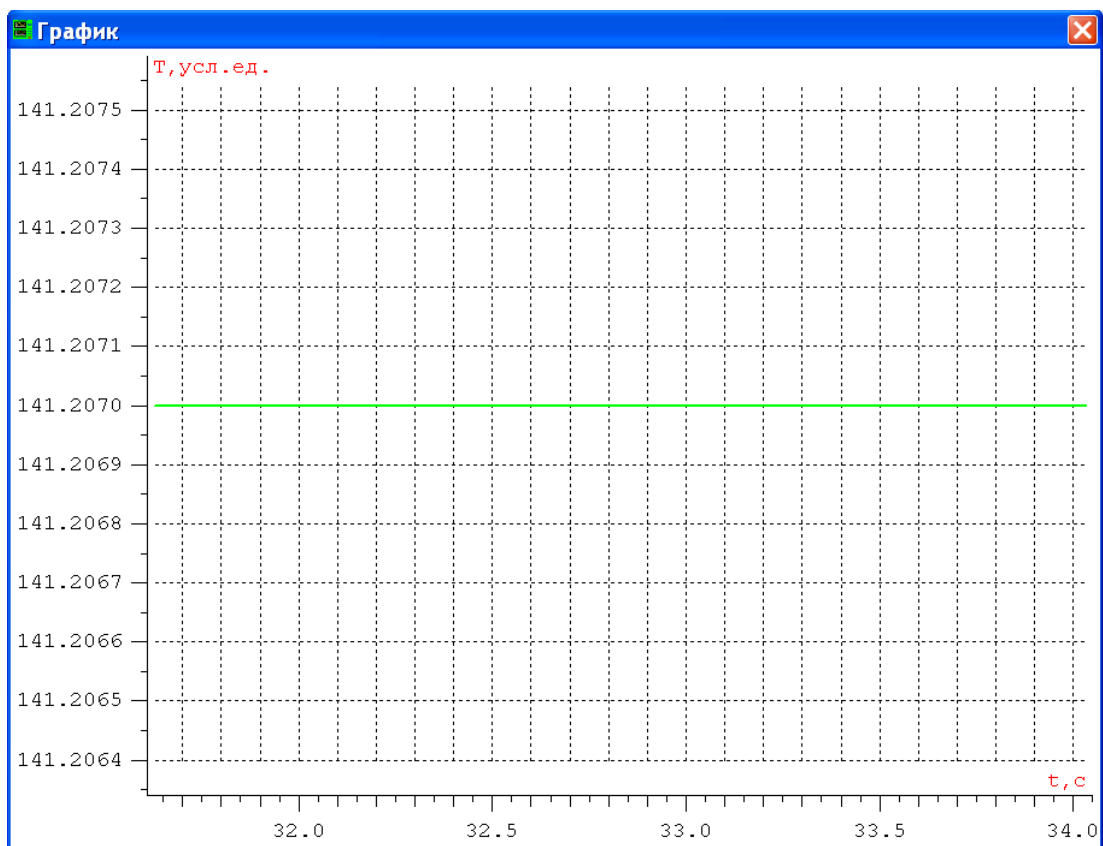
5. Находим температуру кипения неизвестной жидкости.

Виртуальная лаборатория

<Назад Задание... Отчет...

Иванов Иван Иванович (olymp11o) Группа: olymp11group

Калькулятор: $(72.708 - 49.167) * 0.84746$
Результат: 19.95005586



Она оказывается равна $141,207$ условных единиц $= (141,207 - 49,167) * 0,84746 \text{ }^\circ\text{C} = 78,0 \text{ }^\circ\text{C}$

В данном случае проблема перегрева столь же существенна, как и при градуировке термометра.

6. Измеряем начальную температуру воды, она, как и для неизвестной жидкости, равна $72,708$ условных единиц $= 19,95 \text{ }^\circ\text{C}$.

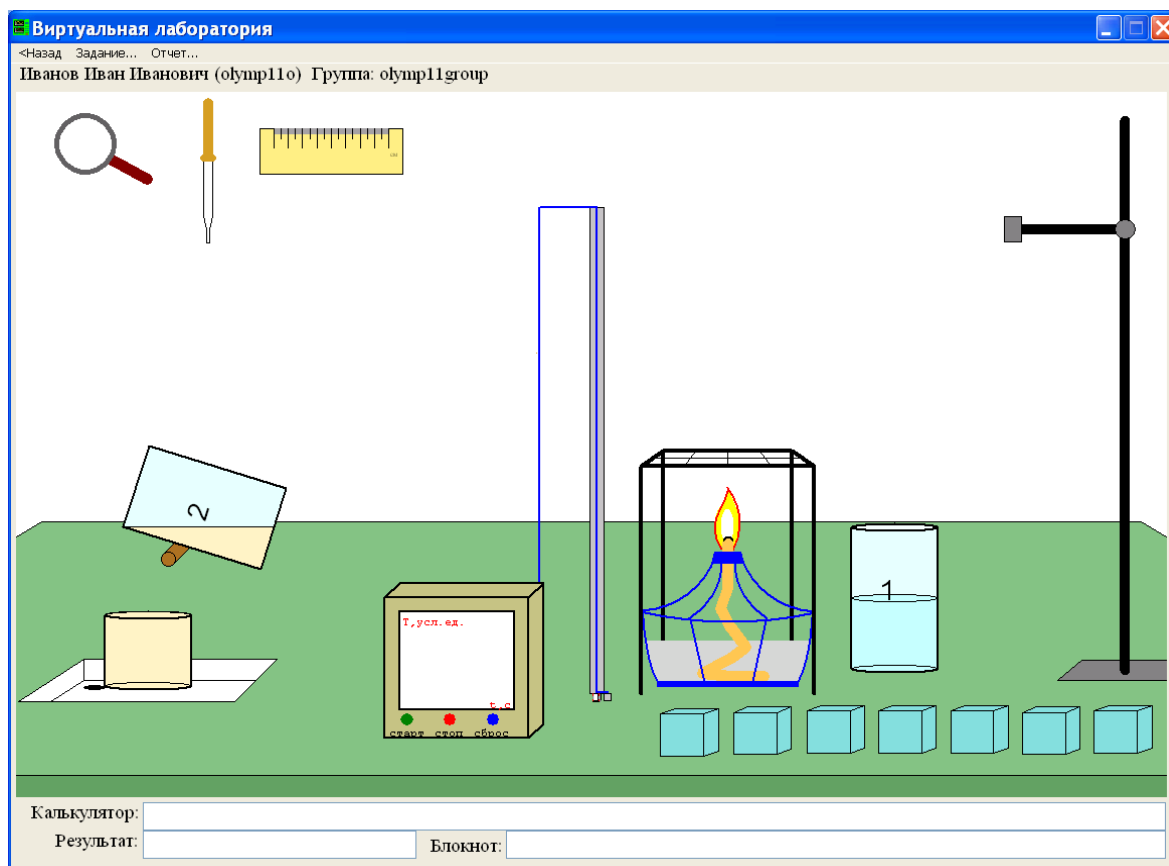
7. Бросаем в стакан с водой кубик льда, ждем, когда он растает, и измеряем установившуюся температуру воды. Она оказывается равна $59,677$ условных единиц $= 8,907 \text{ }^\circ\text{C}$.

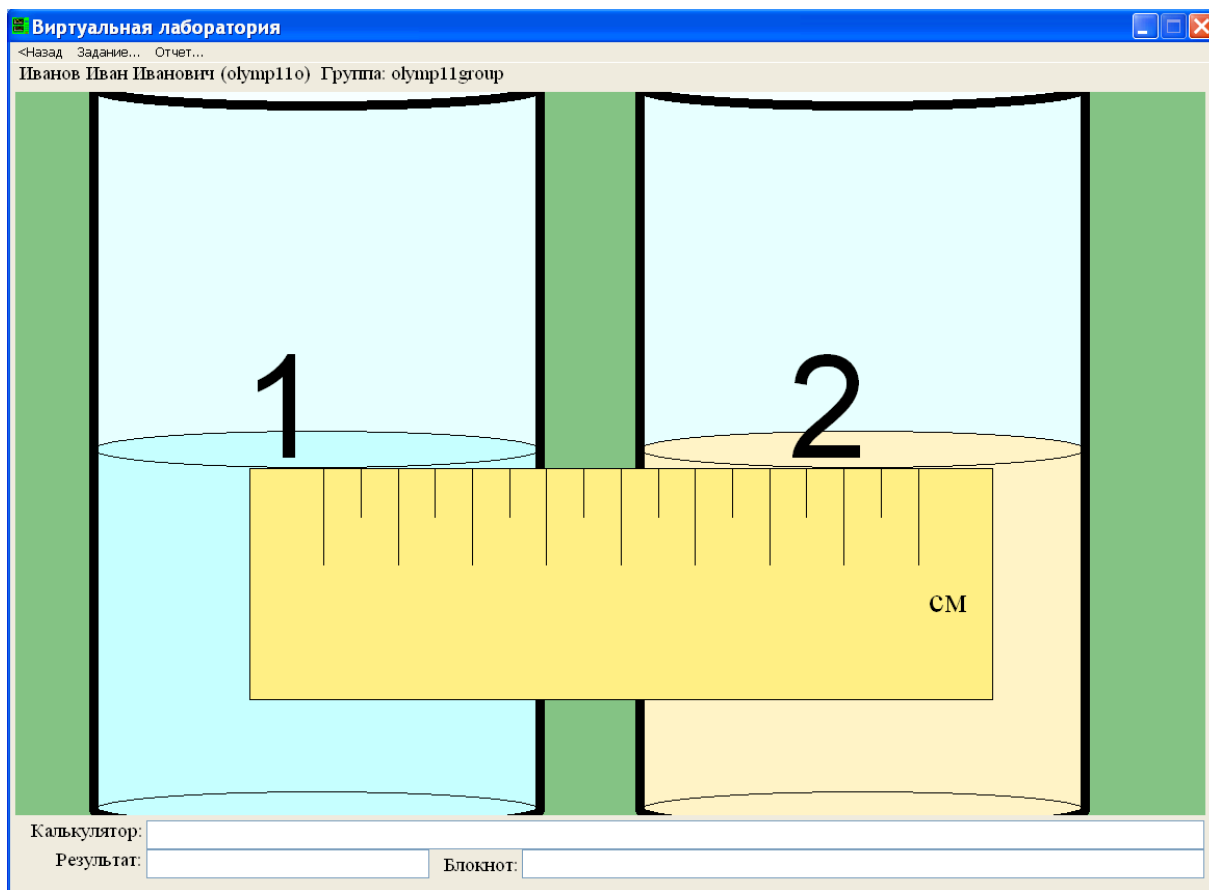
8. При таянии грамма льда поглощается 335 Дж тепла. Рассчитываем массу кубика льда и количество поглощенного тепла. Рассчитываем количество тепла, которое необходимо потратить на нагревание получившейся воды до $8,907 \text{ }^\circ\text{C}$.

9. Пишем формулу для количество тепла, которое необходимо потратить на охлаждение m кг воды от $19,95 \text{ }^\circ\text{C}$ до $8,907 \text{ }^\circ\text{C}$.

9. Составляем уравнение теплового баланса и находим из него значение $m=195$ г.

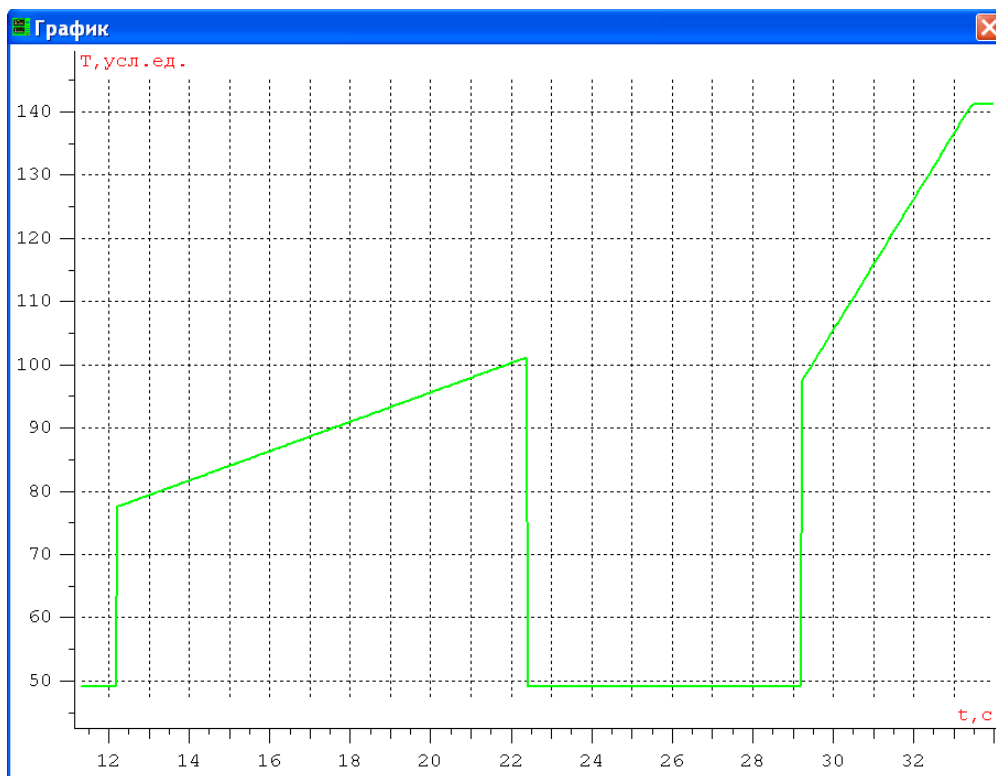
10. Теплоемкость неизвестной жидкости можно найти аналогичным способом в случае, когда имеются одинаковые объемы воды и неизвестной жидкости: в этом случае по изменению температуры воды можно найти ее массу, а значит, и массу неизвестной жидкости (объем такой же, плотность жидкости известна). Одинаковые объемы можно получить несколькими способами. Например, можно вылить всю воду в маленький стакан, переливая ее до самого верха, чтобы она выливалась через край. Другой способ – отлить воду так, чтобы уровни жидкостей примерно совпали, а затем убирать избыток из одного из сосудов (или добавлять при недостатке жидкости) с помощью пипетки.





При этом для проверки равенства уровней жидкостей в сосудах можно использовать линейку.

Более простой, но и более спорный способ нахождения теплоемкости также опирается на равенство объемов воды и неизвестной жидкости: если на спиртовку поставить стакан с некой жидкостью и измерить зависимость температуры от времени нагрева, мы обнаружим линейную зависимость. Наклон зависимости пропорционален скорости нагрева и обратно пропорционален произведению массы жидкости на ее теплоемкость. Если на спиртовку сначала поставить стакан с водой и измерить зависимость температуры от времени нагрева, а затем неизвестную жидкость, отношение наклонов прямых даст отношение теплоемкостей.



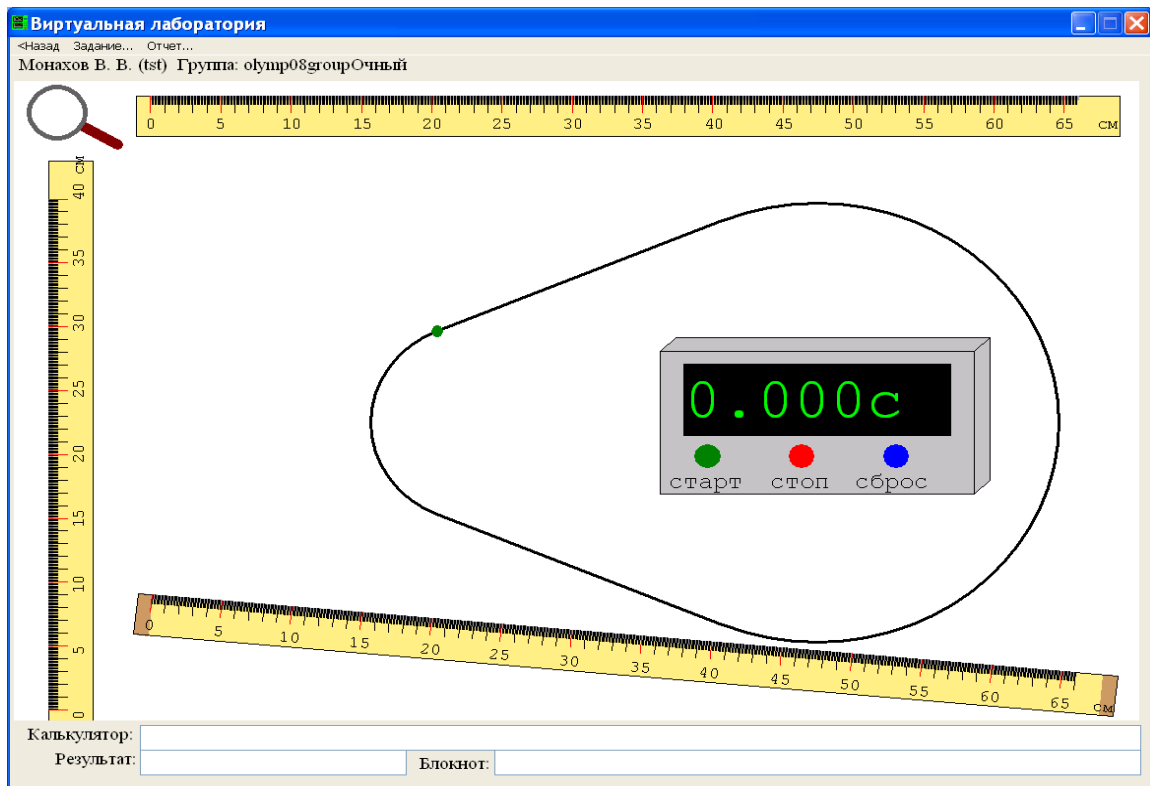
Ответ:

Масса воды	195 ± 0.5	г
Начальная температура неизвестной жидкости	$19,95 \pm 0.25$	°C
Температура кипения неизвестной жидкости	$78,0 \pm 0.35$	°C
Теплоёмкость неизвестной жидкости	1160 ± 40	Дж/(кг·°C)

Задание оказалось очень сложным: в полном объеме его выполнил только один участник, и то с третьей попытки. Теплоёмкость неизвестной жидкости правильно нашли два участника, массу воды правильно определили пять участников. Начальную температуру и температуру кипения неизвестной жидкости – около 50 из 930 участников.

4. Пример заданий олимпиады 2011-2012 года

4.1. Очный тур олимпиады 2011-2012 г., 7 и 8 классы. Модель: Длина трассы (15 баллов)



Трасса, по которой движется автомобиль, состоит из двух линейных участков и двух дуг окружностей, большой и малой. В момент старта автомобиль находится в начале одного из линейных участков. Имеется модель трассы, которая показывает с уменьшением в 500 раз движение радиоуправляемого автомобиля по трассе.

Положение автомобиля на модельной трассе помечается светящимся кружком (его центром). Движение автомобиля можно начинать запуском таймера и останавливать остановкой таймера. При движении автомобиль сохраняет одно и то же значение скорости.

Определите с точностью до десятых **скорость** движения автомобиля, и с точностью до целых длину S всей трассы и длину S_H нелинейной части трассы.

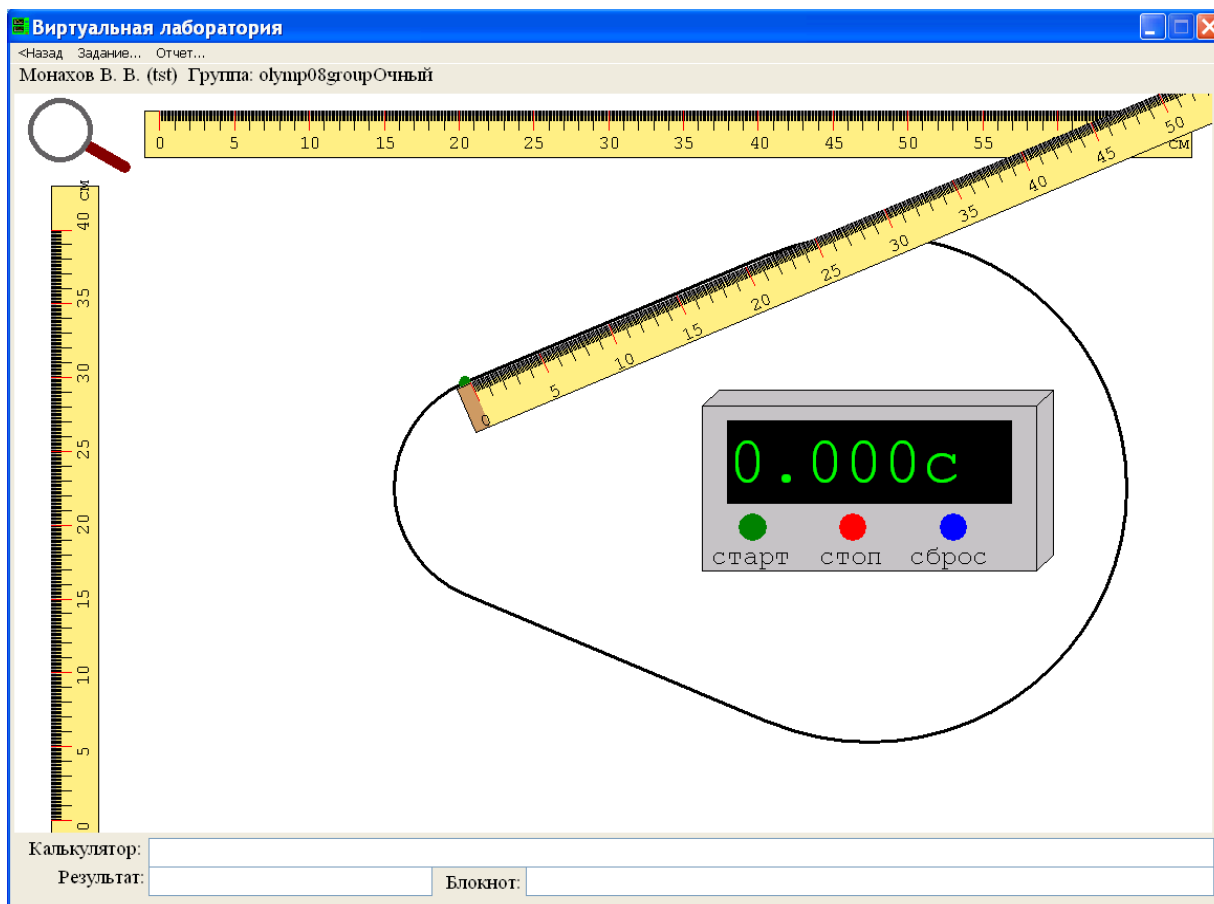
Линейку с окрашенными концами можно вращать, взявшись за окрашенный конец.

Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе любой выбранный участок экрана, а также перемещать в этом состоянии линейки. Щелчок мышью в любом другом месте экрана возвращает первоначальный масштаб.

Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается до 3 штрафных баллов.

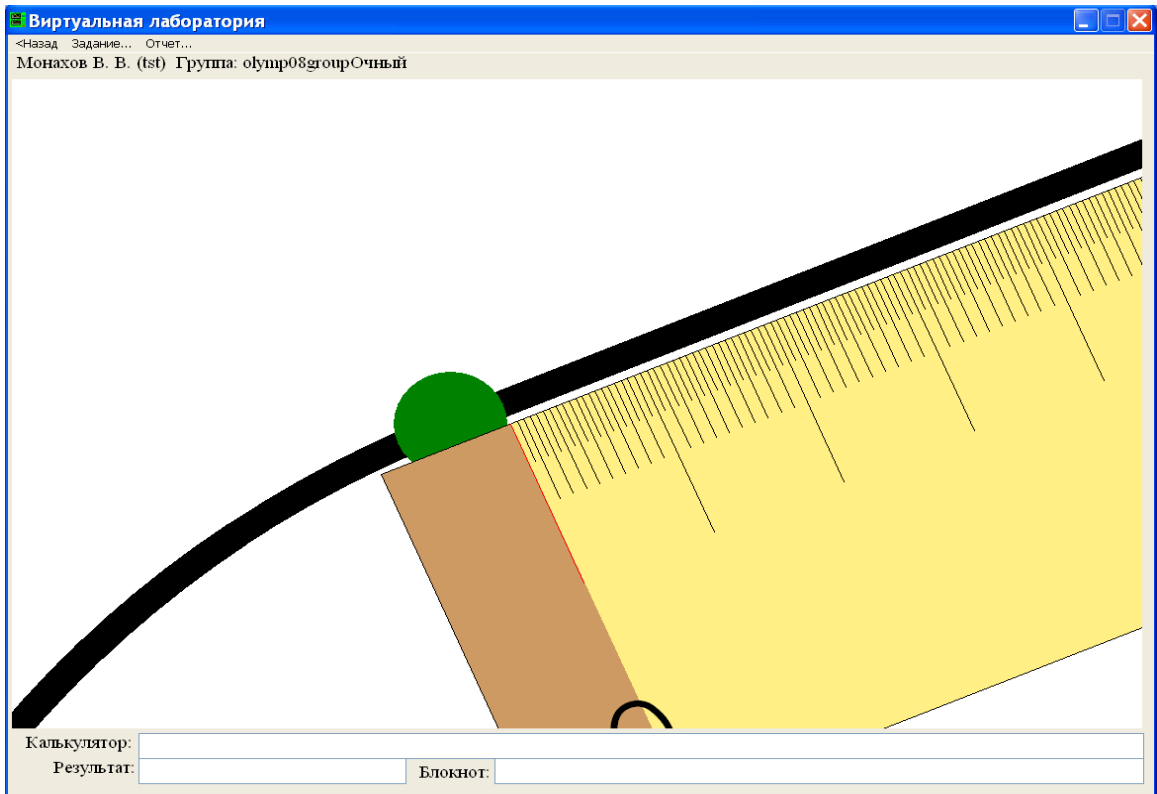
Сложность задания: чрезвычайно высокая.

Решение:

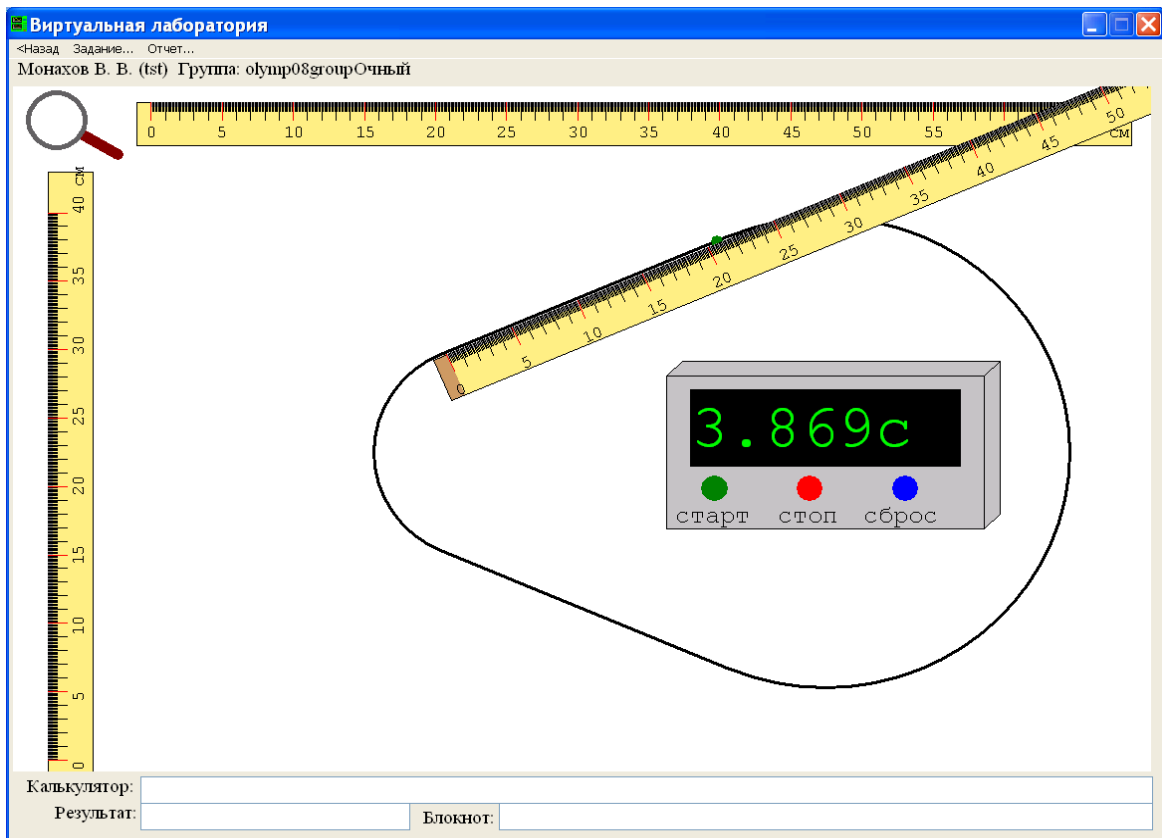


Скорость движения автомобиля $V_a = 500 \cdot V$, где V – скорость движения светящейся точки в модели, показываемой на экране. Поскольку скорость автомобиля постоянна, $V = S(t)/t$, где $S(t)$ — путь, пройденный автомобилем за время t . При $t=0$ автомобиль находится в начале линейного участка.

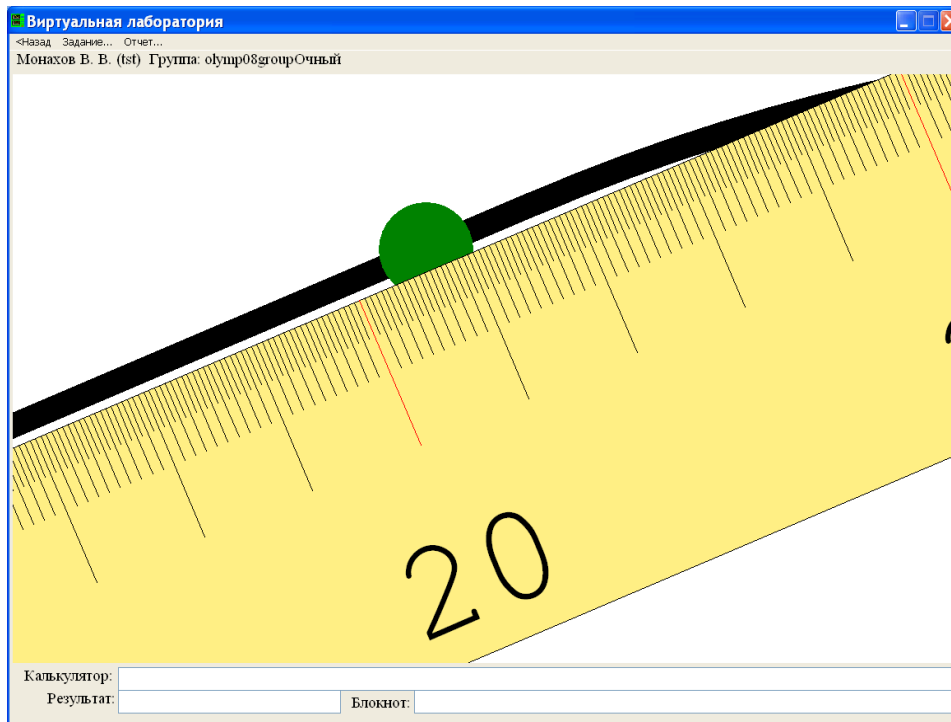
Приложим линейку так, чтобы она шла параллельно линейному участку трассы, а её начало находилось на краю кружка, помечающего положение автомобиля. Для этого сначала придвинем и развернём линейку в обычном масштабе экрана так, чтобы она была расположена примерно так, как надо, а затем подкорректируем её положение в режиме действия увеличительного стекла.



Запускаем автомобиль кнопкой «Старт» и останавливаем кнопкой «Стоп» в момент, когда кружок приближается к концу линейного участка трассы, но ещё не вышел за его пределы.



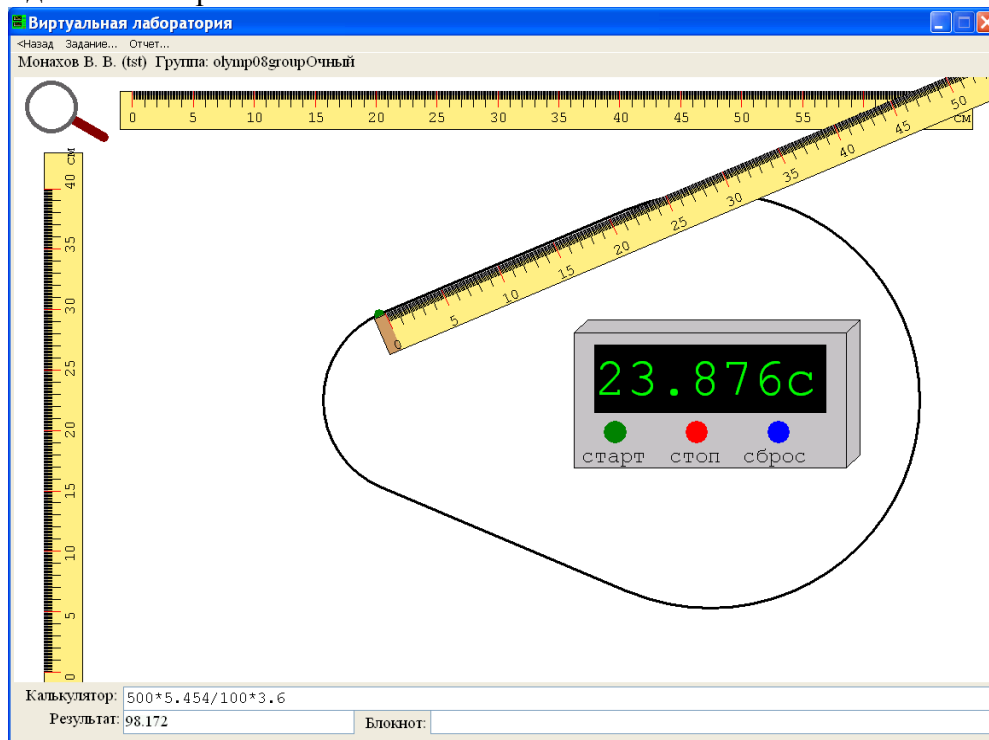
Измеряем время и путь: $t=3.869$ с, $S=21.1$ см.



Вычисляем скорость: $V = S / t = 21.1 / 3.869$ см/с = 5.454 см/с,

$V_a = 500 * V = 27.27$ м/с = 98.2 км/ч

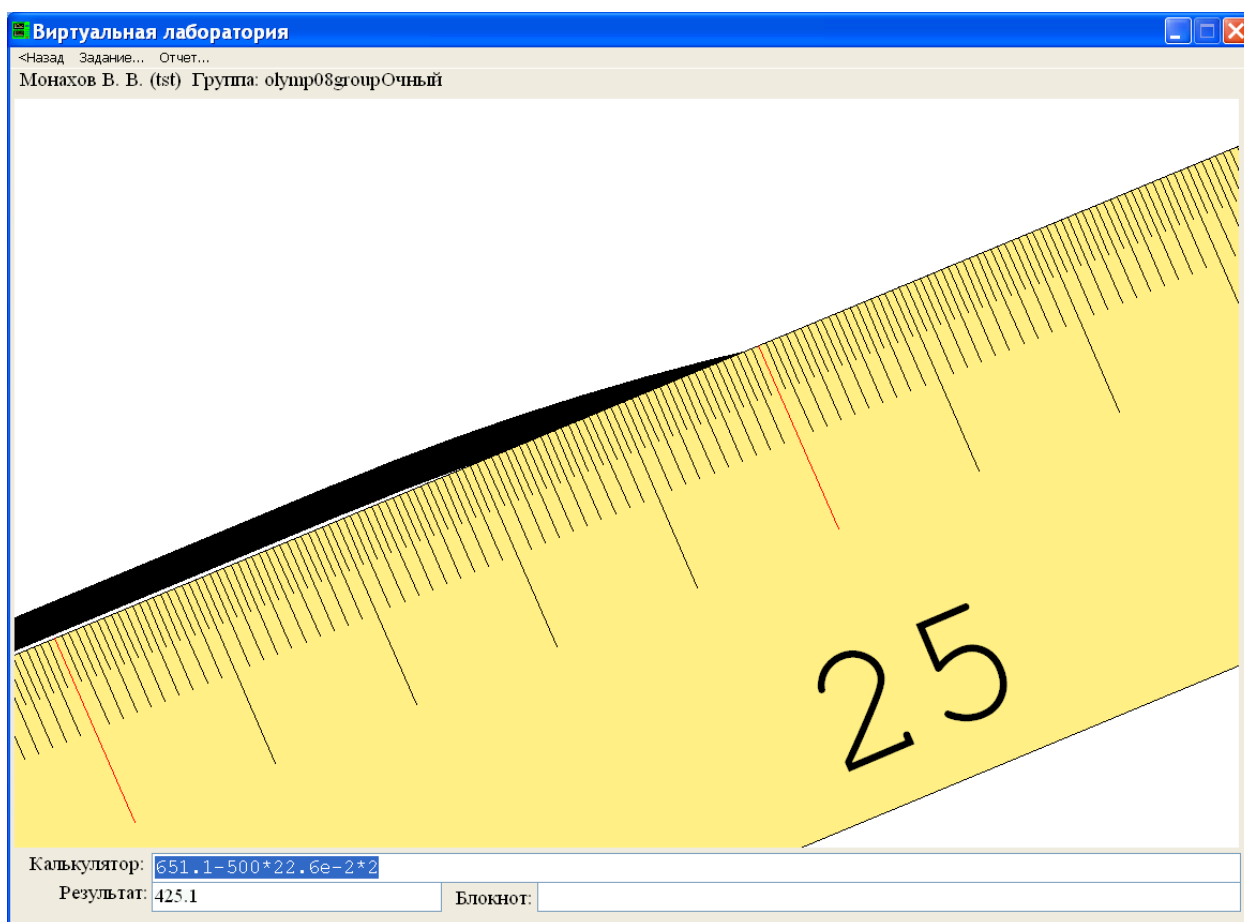
Запускаем движение и останавливаем автомобиль в момент завершения полного круга — прохождения всей трассы.



Находим $S = 23.876 \text{ с} * 27.27 \text{ м/с} = 651.1 \text{ м}$

Если остановить автомобиль в нужный момент не удаётся, можно повторить эксперимент, причём можно дать автомобилю пройти несколько кругов — в этом случае погрешность нахождения скорости из-за неточности места остановки уменьшается во столько раз, сколько кругов сделал автомобиль.

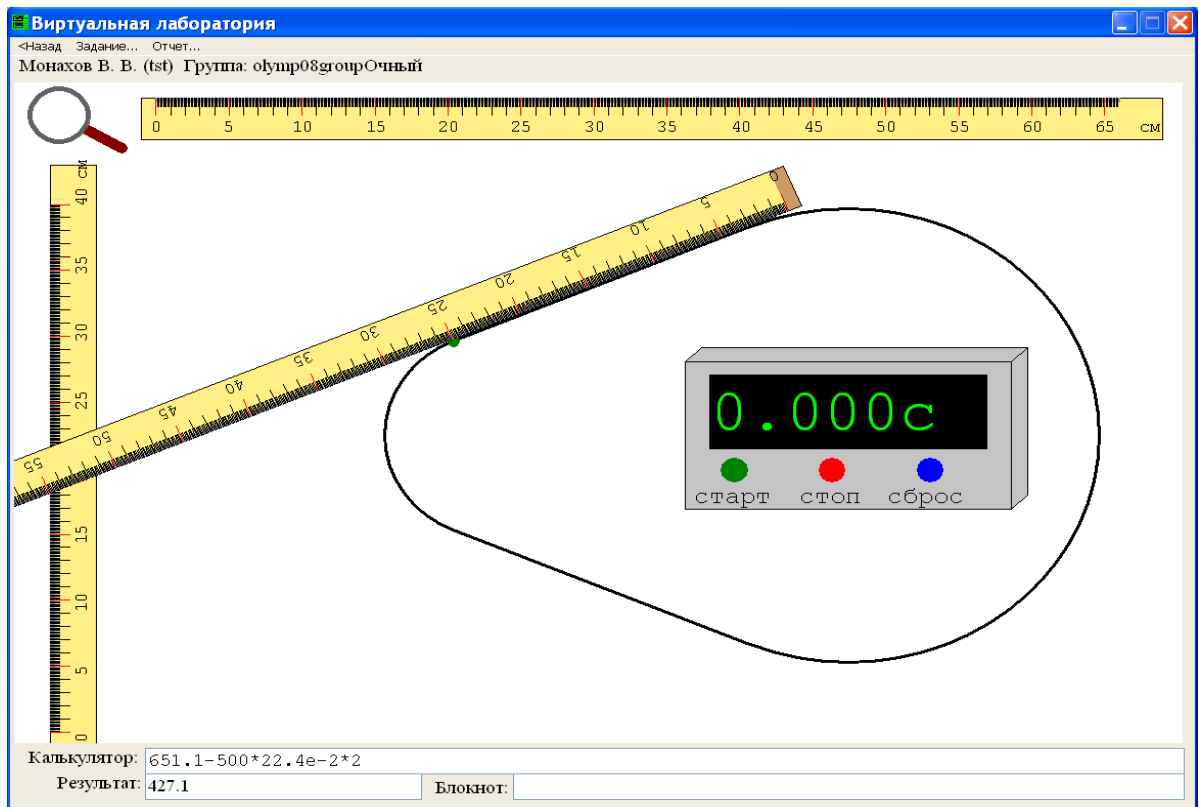
Длину S_n нелинейной части трассы проще всего найти с помощью измерения длины S_l линейного участка трассы: $S_n = S - 2 * S_l$. Измерить длину линейной части трассы можно прямым измерением с помощью линейки, если в режиме увеличительного стекла выровнять линейку параллельно участку трассы и найти координату, соответствующую началу искривления трассы.



$$S_n = 651.1 \text{ м} - 500 * 2 * 22.6 * 10^{-2} \text{ м} = 425.1 \text{ м}$$

Необходимо отметить, что измерение по внутренней части линейного участка и измерение по внешней части обычно даёт разные результаты. Поэтому желательно их сравнить перед отсылкой на сервер.

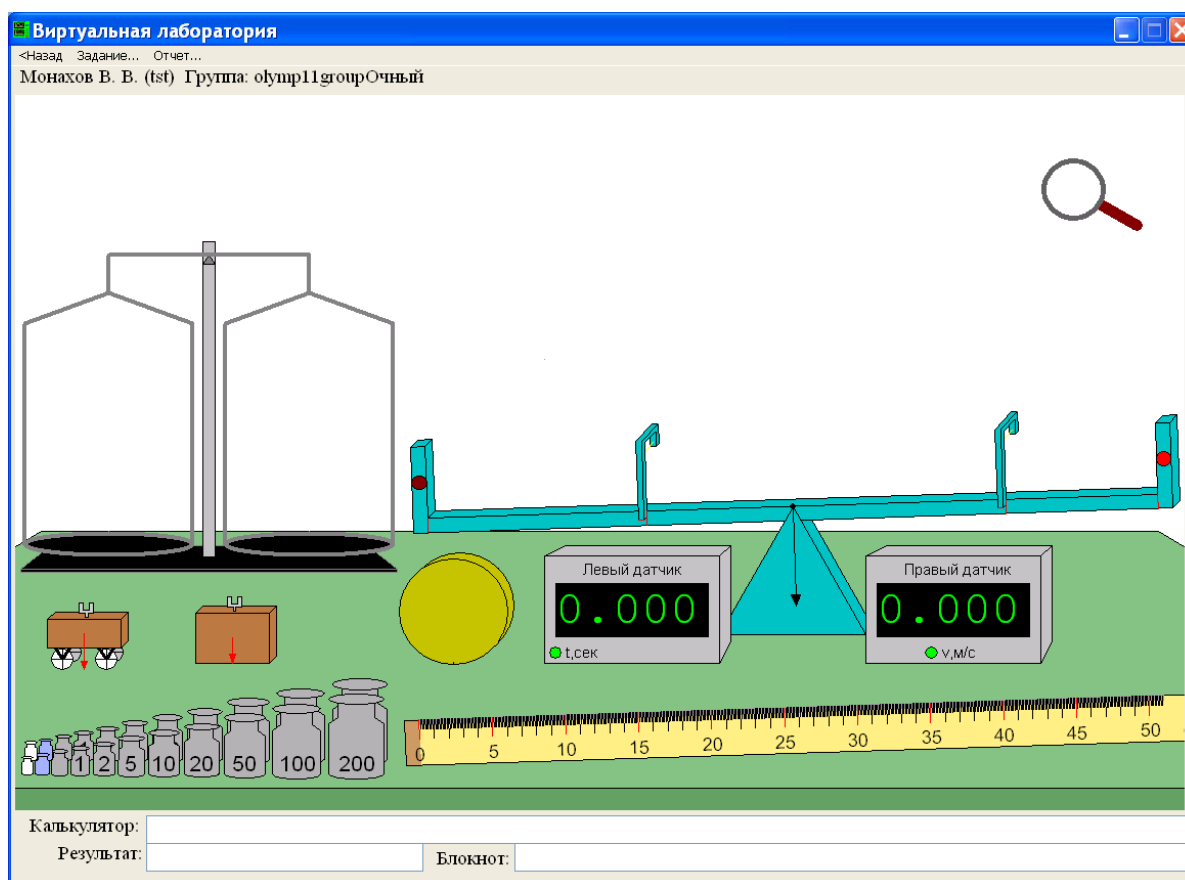
Для того, чтобы провести такие измерения, следует перевернуть линейку.



$$S_n = 651.1 \text{ м} - 500 * 2 * 22.4 * 10^{-2} \text{ м} = 427.1 \text{ м}$$

В итоге получаем $S_n = (425.1 + 427.1) / 2 \text{ м} = 426.1 \text{ м}$.

4.2. Очный тур олимпиады 2011-2012 г., 11 класс. Модель: Цилиндр на рельсе (10 баллов)



Изучаемое тело (тележка, брусок или металлический цилиндр) можно установить на наклонный рельс, при этом оно обладает нулевой начальной скоростью. Если тело поставить вблизи края рельса, оно автоматически закрепляется электромагнитом. Щелчок мыши по красной кнопке включает или выключает электромагнит, при выключении электромагнита индикаторы сбрасываются в ноль.

Распределение массы внутри цилиндра радиально симметрично, но неизвестно. Тележка скатывается по рельсу без трения.

Если закрепить цилиндр в верхней части рельса и отключить электромагнит, цилиндр скатывается вниз по рельсу, при этом проскальзывание и потери энергии из-за трения качения отсутствуют.

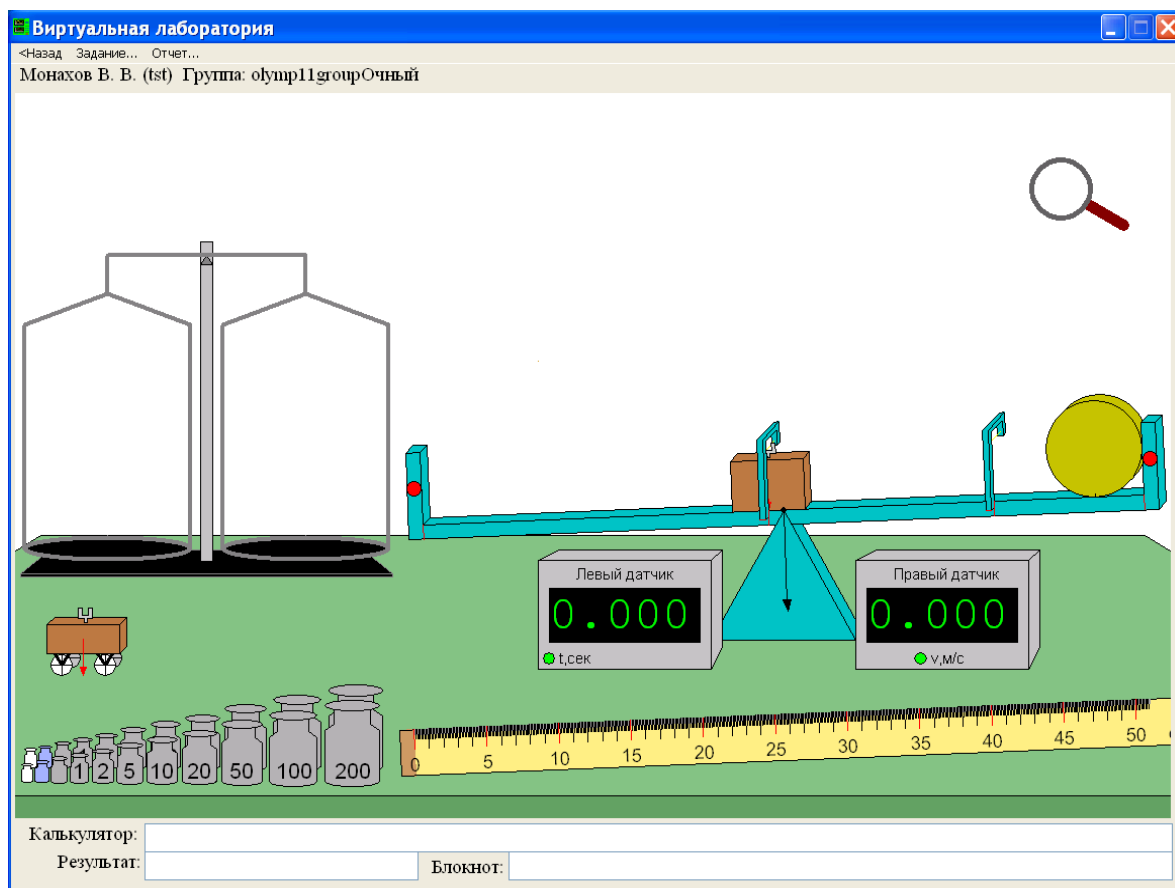
Определите **путь S** , который пройдёт центр цилиндра за первые 1.093 секунды, и **полную кинетическую энергию T** (поступательного и вращательного движения) цилиндра в этот момент времени. Отослите результаты на сервер. Величины необходимо вводить с точностью до сотых. В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр.

Оптические датчики срабатывают при пересечении флажком, установленном на тележке или бруске, их светового луча - в момент прохождения координаты оптических ворот маркером-стрелочкой. Положение оптических ворот можно изменять при помощи мыши, оно отмечается красным маркером. Линейку можно вращать, взявшись за помеченный цветом край. Массы гирь указаны в граммах. Ускорение свободного падения считайте равным 9.8 м/с^2

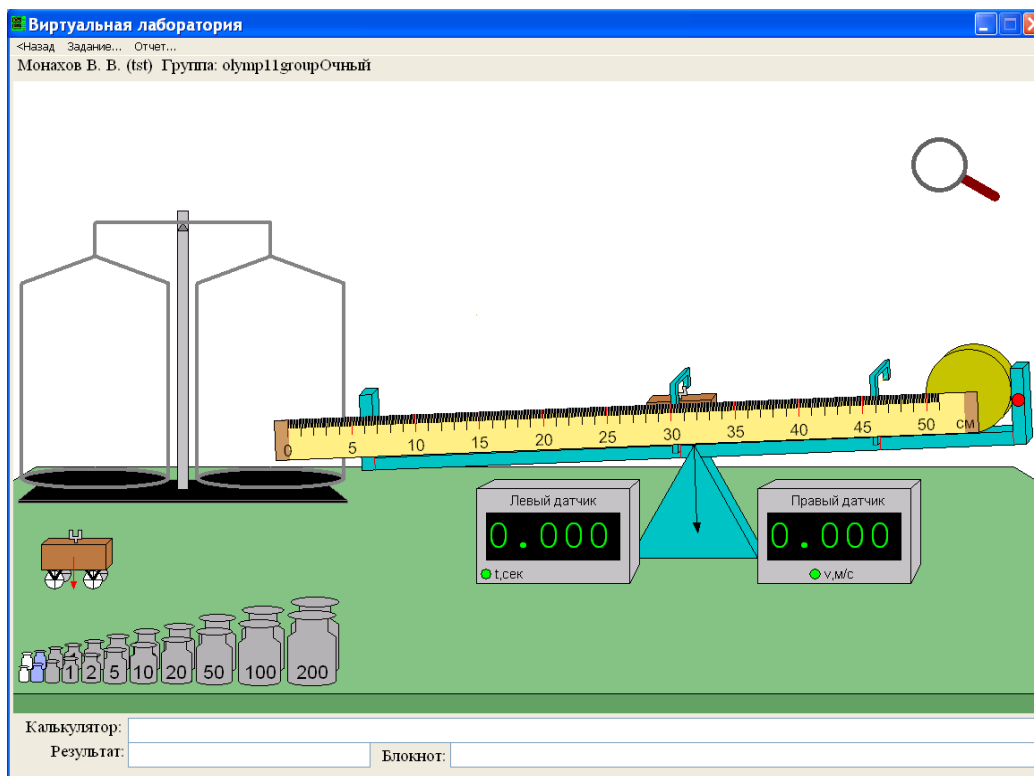
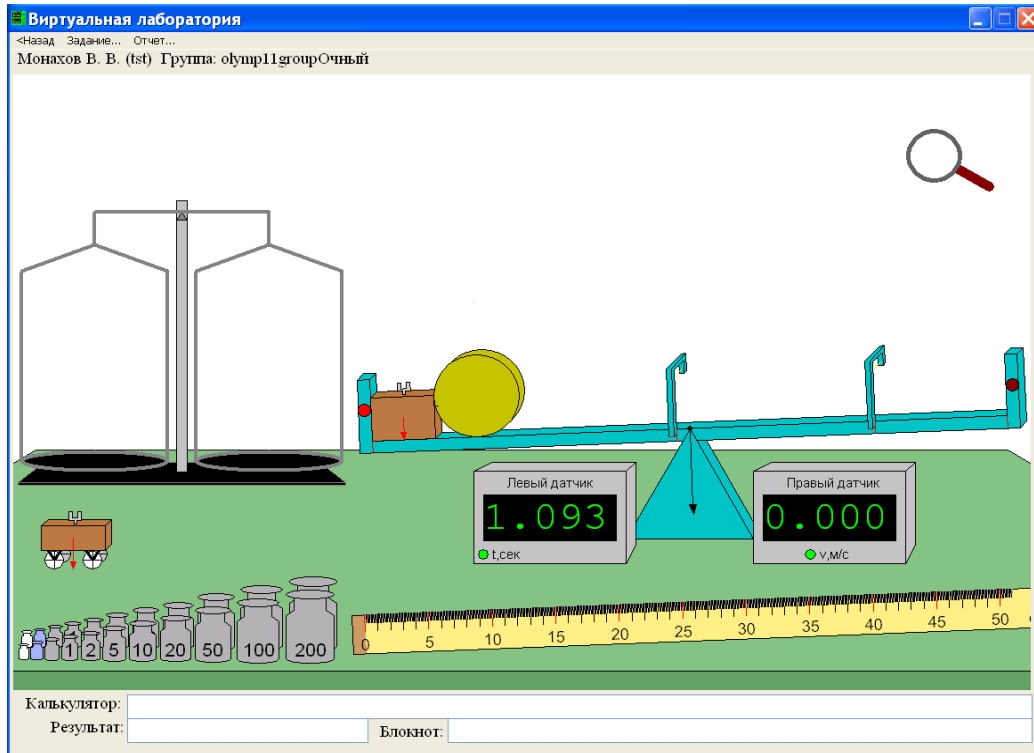
Сложность задания: чрезвычайно высокая.

Решение:

Для того, чтобы измерить время, за которое цилиндр пройдёт заданный путь, очевидно, необходимо использовать датчик времени. Но на прохождение цилиндра датчики не срабатывают, поэтому совместно с цилиндром необходимо использовать либо тележку, либо брусок. Тележка скатывается по рельсу, и её можно использовать только для определения угла наклона рельса. А вот брусок можно установить в произвольном месте рельса. Если установить брусок перед самым датчиком, после столкновения цилиндра с бруском флажок, установленный на бруске, пересечёт луч датчика, и удастся узнать время движения цилиндра.



Подбираем расстояние, на котором установлен датчик времени, таким образом, чтобы время, прошедшее с момента пуска до столкновения с бруском, было равно 1.093 секунды, как требуется в задании. Для выполнения первой части задания остаётся измерить путь, пройденный центром цилиндра. Очевидно, что он равен расстоянию между левой стороной цилиндра и правой стороной бруска в случае, когда цилиндр и брусок расположены так, что с момента отпускания электромагнита до столкновения с бруском проходит заданное время.



При измерении этого расстояния возникает проблема из-за того, что линейка слишком длинная, и её граница слишком далеко выходит за пределы экрана. В этом случае при отпускании линейка возвращается на первоначальное место. Поэтому необходимо устанавливать линейку так, чтобы она не выходила за пределы экрана и считывать разность показаний.

Также возможно измерить расстояние датчика от края рельса, а затем вычесть из этого значения диаметр цилиндра и половину длины бруска.

Получаем $S=16.85$ см.

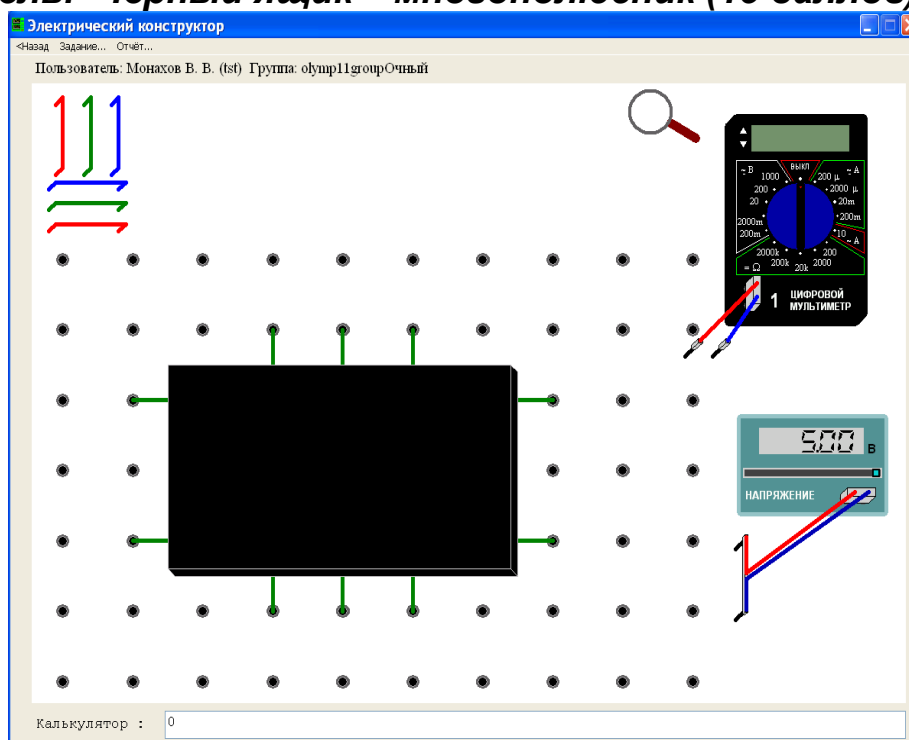
Методическая комиссия полагала, что данная часть задания не очень сложна, однако оказалось, что из 1466 участников из 11 класса с ней смогли справиться всего 49 человек, причём только 27 из них — с первой попытки.

Полную кинетическую энергию T (поступательного и вращательного движения) цилиндра в заданный момент времени можно найти из закона сохранения энергии: поскольку потери энергии из-за трения качения отсутствуют, кинетическая энергия цилиндра равна уменьшению его потенциальной энергии. Следовательно, достаточно выяснить изменение высоты расположения цилиндра за заданное время. Это можно сделать как с помощью прямого измерения линейкой, повернув её вертикально, либо (более точно) — с помощью косвенных измерений, используя тележку. В этом случае также имеются разные варианты решения проблемы. Например, можно измерить ускорение тележки, найти синус угла наклона рельса α и найти изменение высоты $h=S*\sin(\alpha)= 16.85 \text{ см} * 0.041= 0.691 \text{ см} = 6.91*10^{-3} \text{ м}$. Взвешиванием находим массу цилиндра $M=85.8 \text{ г} = 85.8*10^{-3} \text{ кг}$. Изменение энергии $T=M*g*h= 85.8*10^{-3} \text{ кг} * 9.8 \text{ м/с}^2 * 6.91*10^{-3} \text{ м} = 0.00581 \text{ Дж} = 5.81 \text{ мДж}$.

Ответ:

Путь S	16.85 ± 0.7 см
Полная кинетическая энергия T	5.81 ± 0.18 мДж

4.3. Очный тур олимпиады 2011-2012 г., 11 класс. Модель: Чёрный ящик – многополюсник (15 баллов)



Имеется многополюсник - "чёрный ящик" с выходящими наружу проводами. Известно, что внутри имеются три постоянных сопротивления (резистора) R_1 , R_2 и R_3 , каким-то образом соединённые друг с другом и с выходными клеммами. Про сопротивления известно, что $R_1 < R_2 < R_3$, и что от каждой ножки резистора имеется хотя бы один провод, выходящий наружу из "чёрного ящика".

Также имеется источник постоянного тока и мультиметр - измерительный прибор, позволяющий измерять токи, напряжения и сопротивления. Данные приборы могут располагаться только в правой части экрана, провода не могут пересекать "чёрный ящик". Произвольное количество разноцветных проводов можно перетаскивать из хранилища, расположенного в левой верхней части экрана.

Определите с точностью до сотой ома значения R_1 , R_2 и R_3 .

Приборы и провода можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели.

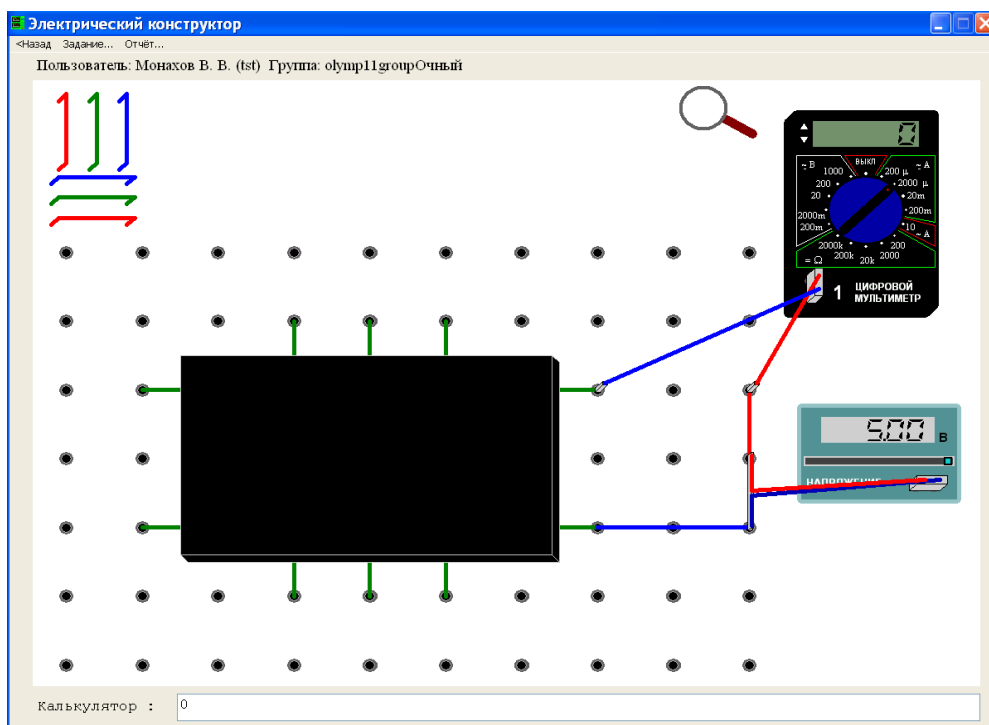
На шкале мультиметра буква μ у диапазона означает "микро", буква m - "милли".

Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки. В данной работе измерение сопротивлений в мультиметре отключено. Внутреннее сопротивление мультиметра в режиме амперметра пренебрежимо мало. При необходимости размер мультиметра можно увеличивать или уменьшать с помощью стрелок в его левом верхнем углу. Напряжение источника постоянного тока регулируется перемещением его движка.

Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается до 3 штрафных баллов.

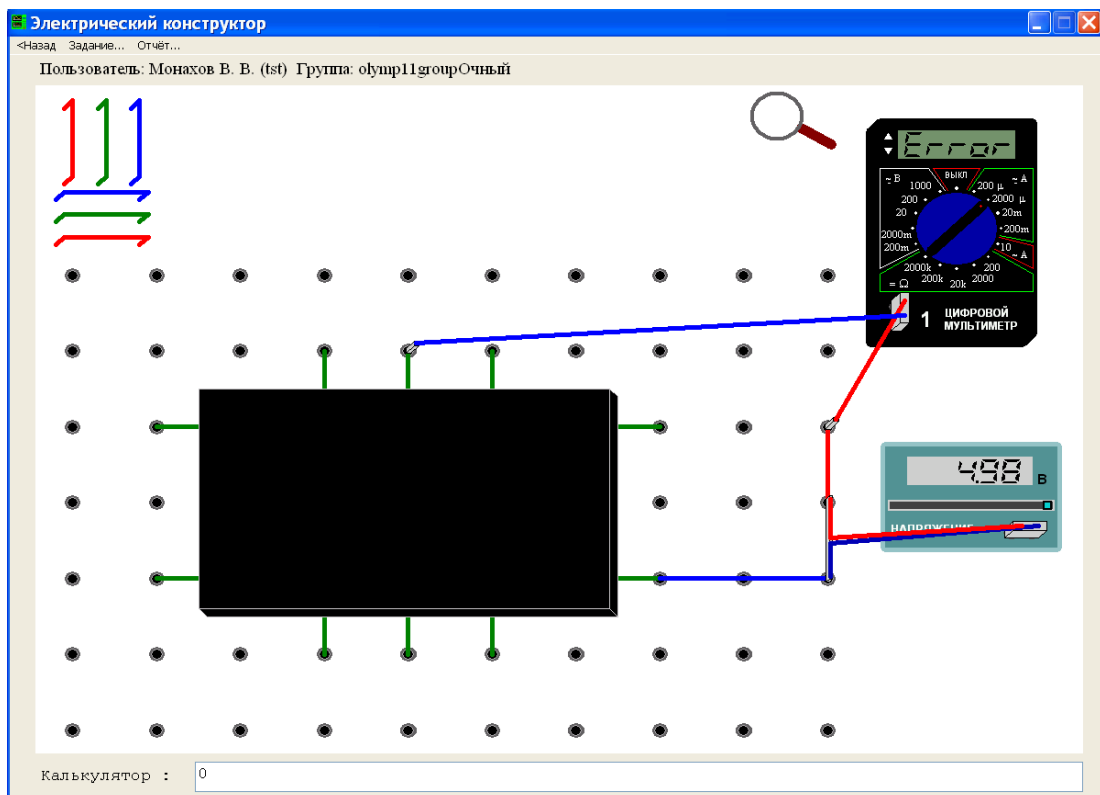
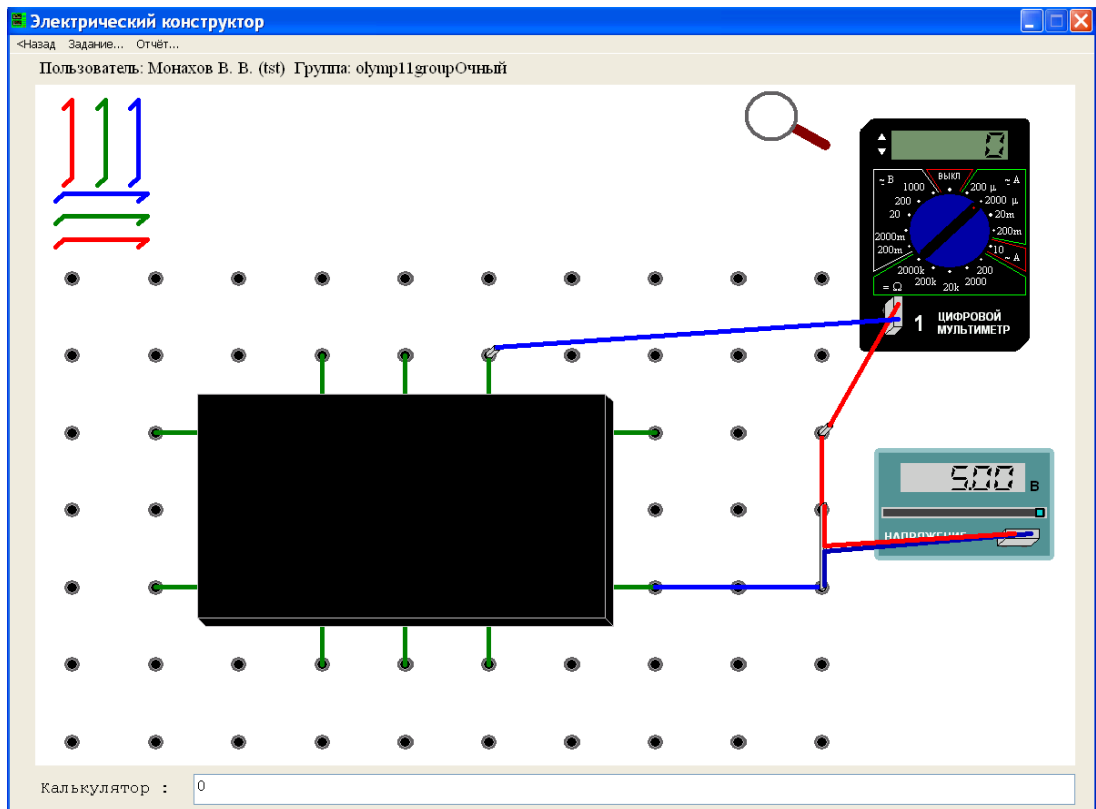
Сложность задания: чрезвычайно высокая.

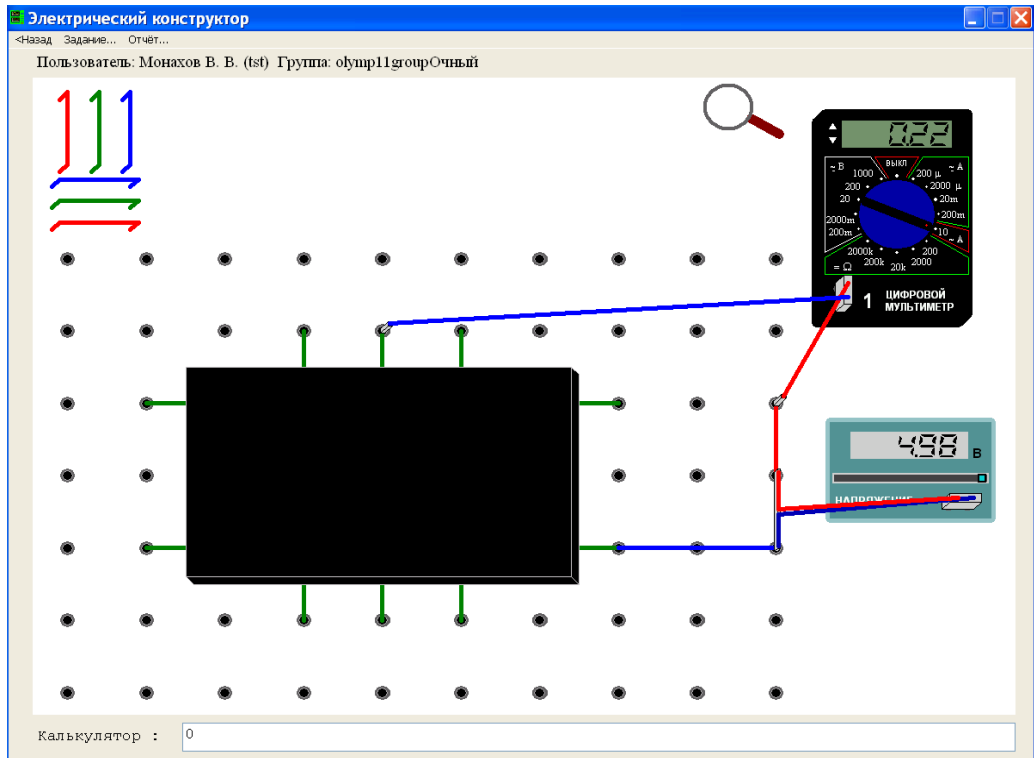
Решение:



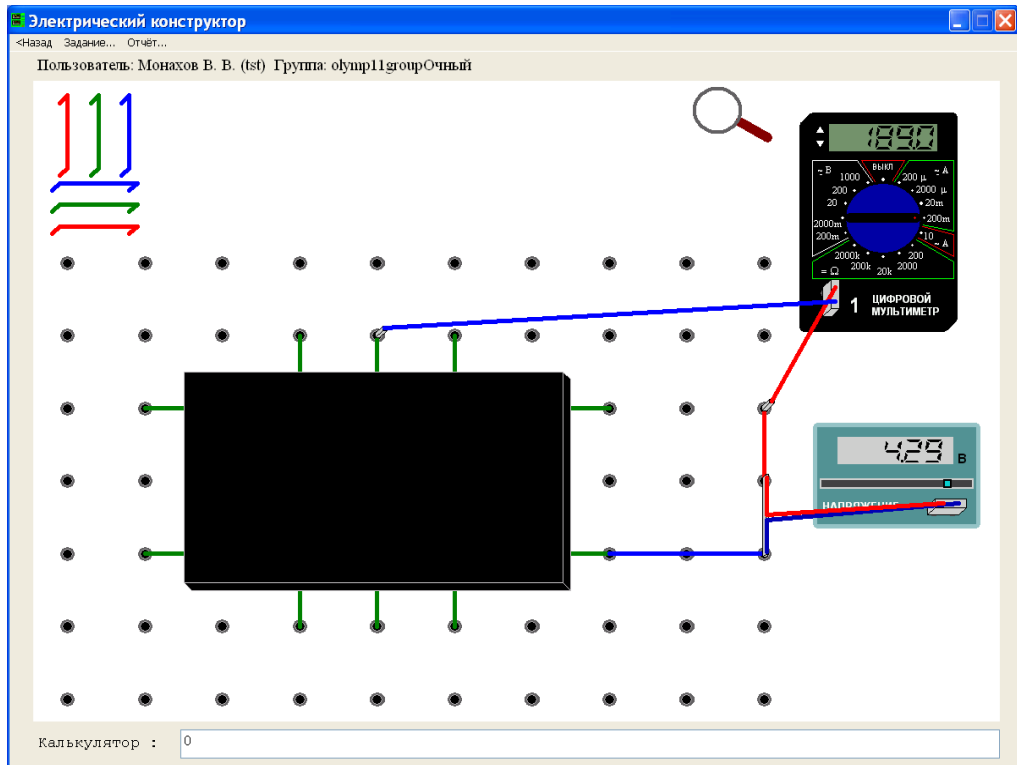
Поскольку режим омметра отключён, будем находить сопротивления с помощью измерения тока в цепи в случае, если подать напряжение между контактными площадками. Перебираем щупом мультиметра контактные площадки (клеммы) до тех пор,

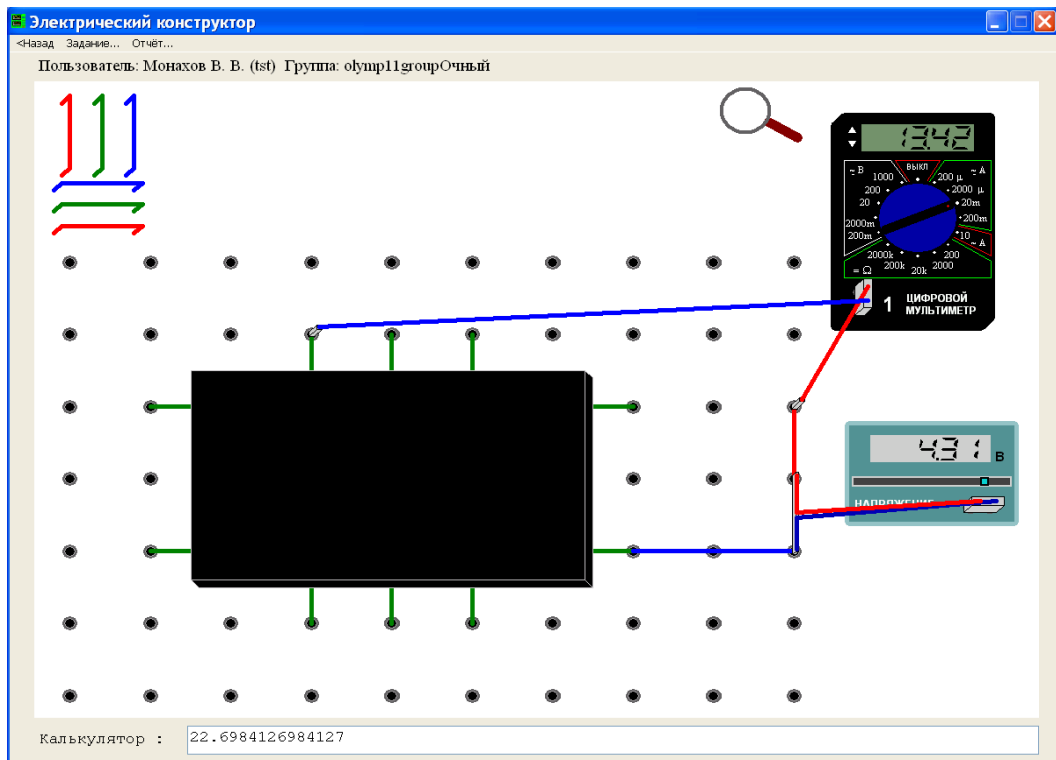
пока не найдём клемму, при подключении к которой не пойдёт ток. Будем нумеровать клеммы в порядке очередности, отсчитывая против хода часовой стрелки.



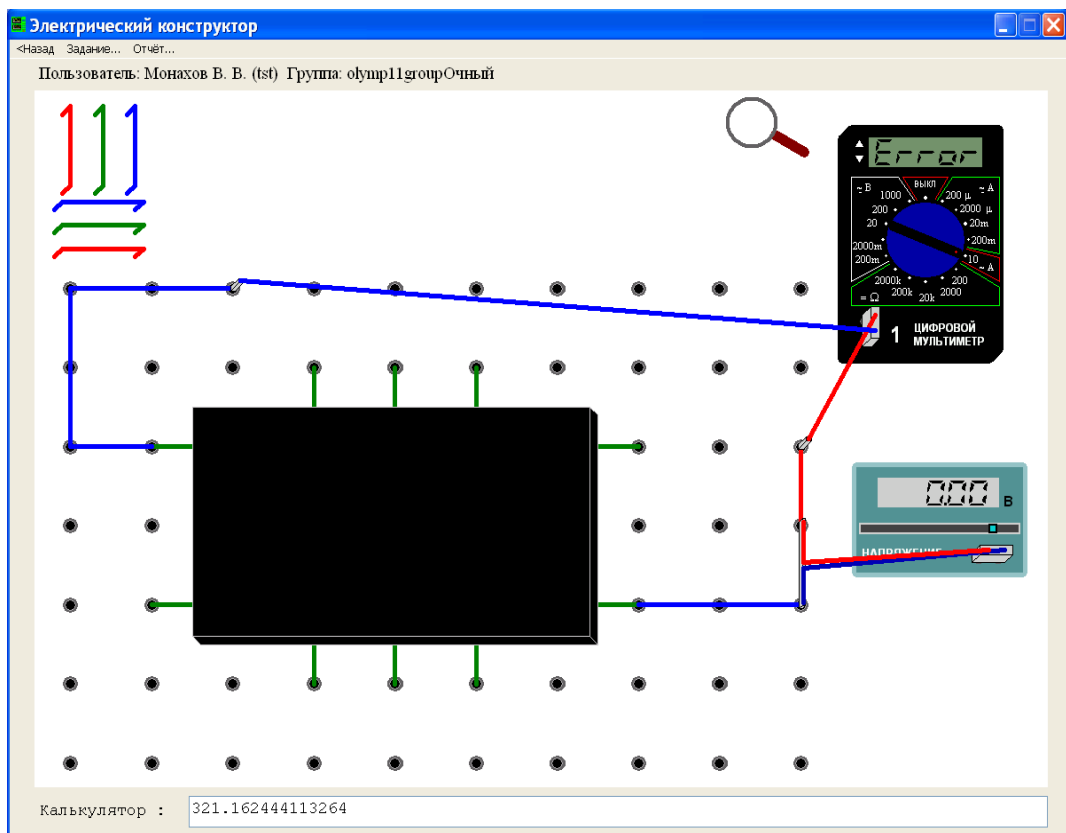


Для клеммы №3 на экране появляется надпись Еггог, означающая, что ток слишком велик. Переключаем мультиметр на диапазон, где отсутствует зашкаливание. В связи с тем, что на экране мультиметра показывается слишком мало значащих цифр, требуется переключить мультиметр на более чувствительный диапазон и уменьшить выходное напряжение источника питания так, чтобы не было зашкаливания.

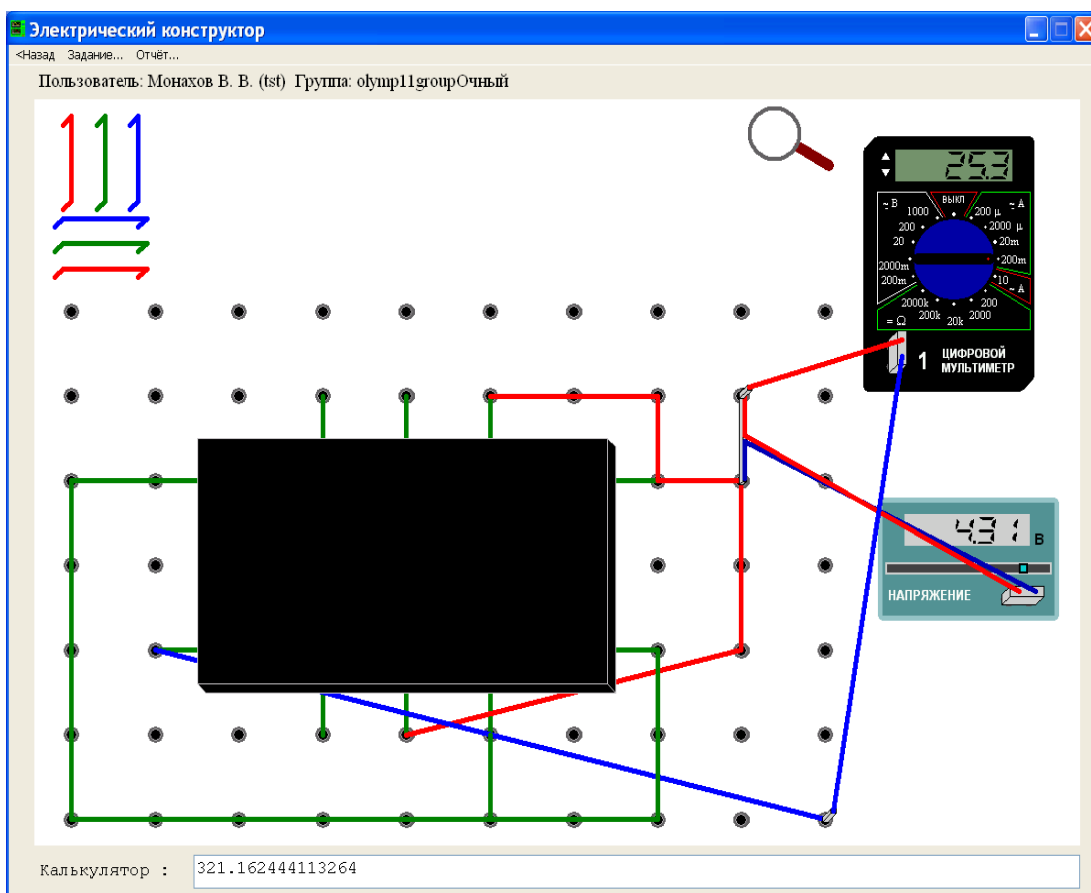




Аналогичным образом поступаем для следующей клеммы, и т. д. Рассчитываем сопротивление между клеммами: для клеммы №3 $R_{0,3} = 4.29 \text{ В} / 189 \text{ мА} = 22.7 \text{ Ом}$, для клеммы №4 $R_{0,4} = 4.31 \text{ В} / 13.42 \text{ мА} = 321 \text{ Ом}$.



Замечание: все приводимые в примерах значения отличаются от вариантов для других участников, и выкладки с ними носят чисто иллюстративный характер.



В некоторых случаях напряжение на выходе источника падает до нуля, а ток настолько велик, что даже на диапазоне «10 А» возникает зашкаливание (ток превышает 20 А) — например, для клеммы №5. Это означает, что внутри «чёрного ящика» клеммы соединены проводником. Один из участников олимпиады нашёл изящное решение: все такие клеммы он соединил проводниками СНАРУЖИ для того, чтобы было очевидно, что они «закорочены» друг с другом. Таким образом находим $R_{0,5}=R_{0,9}=0$

Для сопротивления между клеммами 1 и 6 получаем $R_{1,6}=4.31 \text{ В}/25.3 \text{ мА} = 170.4 \text{ Ом}$, между клеммами 1 и 7 получаем $R_{1,7}=4.31 \text{ В}/25.3 \text{ мА} = 170.4 \text{ Ом}$ — совершенно такое же значение. Естественно предположить, что эти клеммы замкнуты накоротко, что подтверждается прямым измерением. Аналогично, $R_{3,4}=4.31 \text{ В}/12.53 \text{ мА} = 344 \text{ Ом}$.

Итак, у нас имеются сопротивления 22.7 Ом, 170.4 Ом, 321 Ом, 344 Ом. Поскольку внутри имеется всего три резистора, а значение $321 \text{ Ом} + 22.7 \text{ Ом} = 343.7 \text{ Ом}$ с точностью до погрешности измерений совпадает с 344 Ом, приходим к выводу, что $R_1=22.7 \text{ Ом}$, $R_2=170.4 \text{ Ом}$, $R_{3,4}=4.31 \text{ В}/12.53 \text{ мА} = 321 \text{ Ом}$.

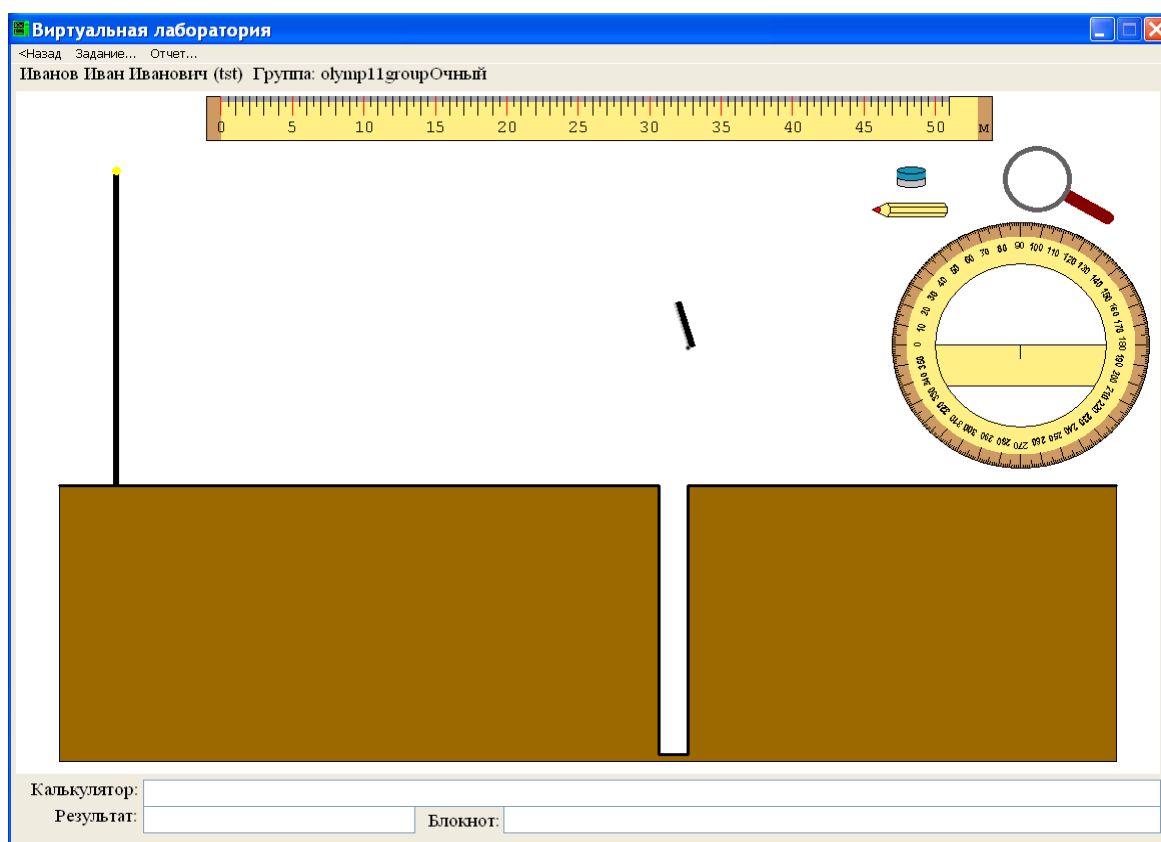
Ответ:

R_1	22.7 ± 0.15	Ом
R_2	170.4 ± 0.4	Ом
R_3	321 ± 0.6	Ом

В связи с тем, что требовалось указать значения сопротивлений в порядке возрастания, требовалось измерить все возможные сопротивления. Казалось бы, для тех, кто нашёл только одно сопротивление, за данное задание невозможно получить хотя бы часть баллов. Однако несколько участников олимпиады из разных регионов России хотя и не справились с заданием целиком, но нашли красивое решение этой проблемы: они указали найденное значение во всех трёх пунктах ввода. В результате для одного из трёх пунктов ввода найденное значение оказалось правильным.

5. Пример заданий олимпиады 2012-2013 года

5.1. Очный тур олимпиады 2012-2013 г., 11 класс. Модель: Фонарь, зеркало и колодец (15 баллов)



Имеется модель системы с фонарём, зеркалом и колодцем. Зеркало находится над правой стенкой колодца, его можно вращать. Свет отражается от внешней стороны серебристой части зеркала.

1. Какой будет размер светового пятна (светового "зайчика") на поверхности земли **при первоначальном положении зеркала**?
2. До какого угла с вертикалью надо повернуть зеркало для того, чтобы светильник фонаря (показан жёлтым цветом), отразившись в зеркале, осветил центр дна колодца? Угол считать положительным.
3. На каком расстоянии будет видно изображение светильника со дна колодца, если зеркало повернуть так, чтобы светильник осветил центр дна колодца?

Размер и расстояние вводятся с точностью до десятых, угол - с точностью до тысячных. Светильник считать точечным, расположенным в центре жёлтого круга, находящегося на вершине фонаря. Нижней границей поверхности зеркала считается нижний торец зеркала (или, что то же, центр оси вращения зеркала - поворотный механизм, установленный сбоку, закрывает при виде сбоку часть поверхности зеркала). Линейку и транспортир можно перемещать, ухватившись "мышью" за центральную область, и вращать, ухватившись за окрашенный коричневым край. Перемещение и вращение объектов возможно как в обычном режиме, так и в режиме действия увеличительного стекла. Обратите внимание, что деления шкалы линейки подписаны в метрах.

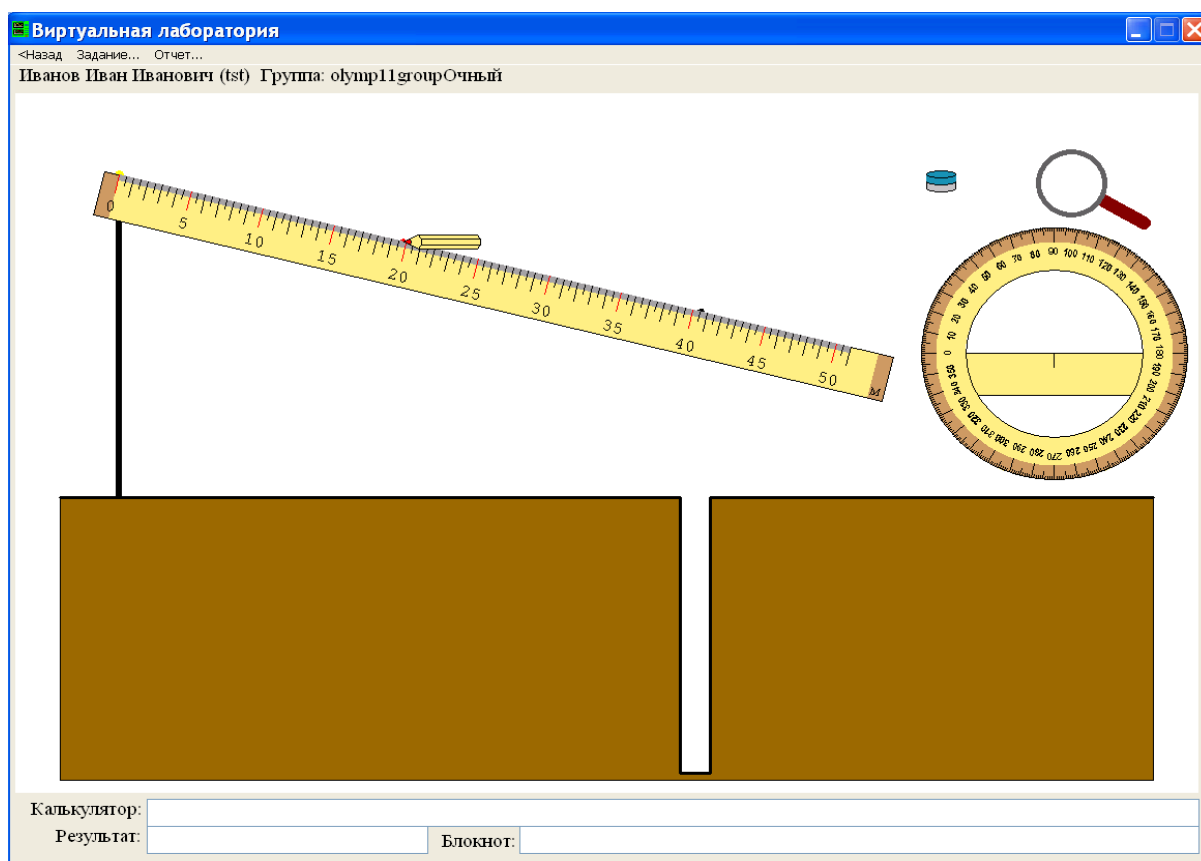
Карандашом можно проводить линию вдоль линейки, приложенной к телу.

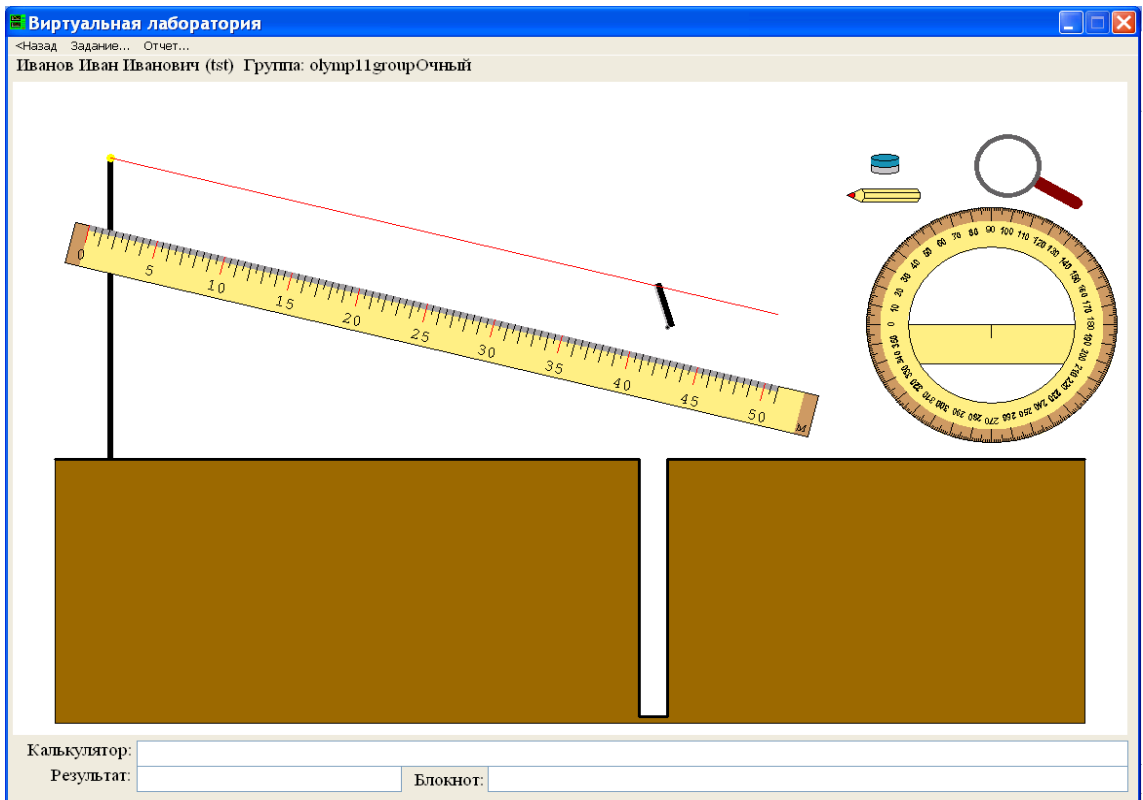
Стирательная резинка, отпущенная в области проведённой линии, удаляет её.

Сложность задания: очень высокая.

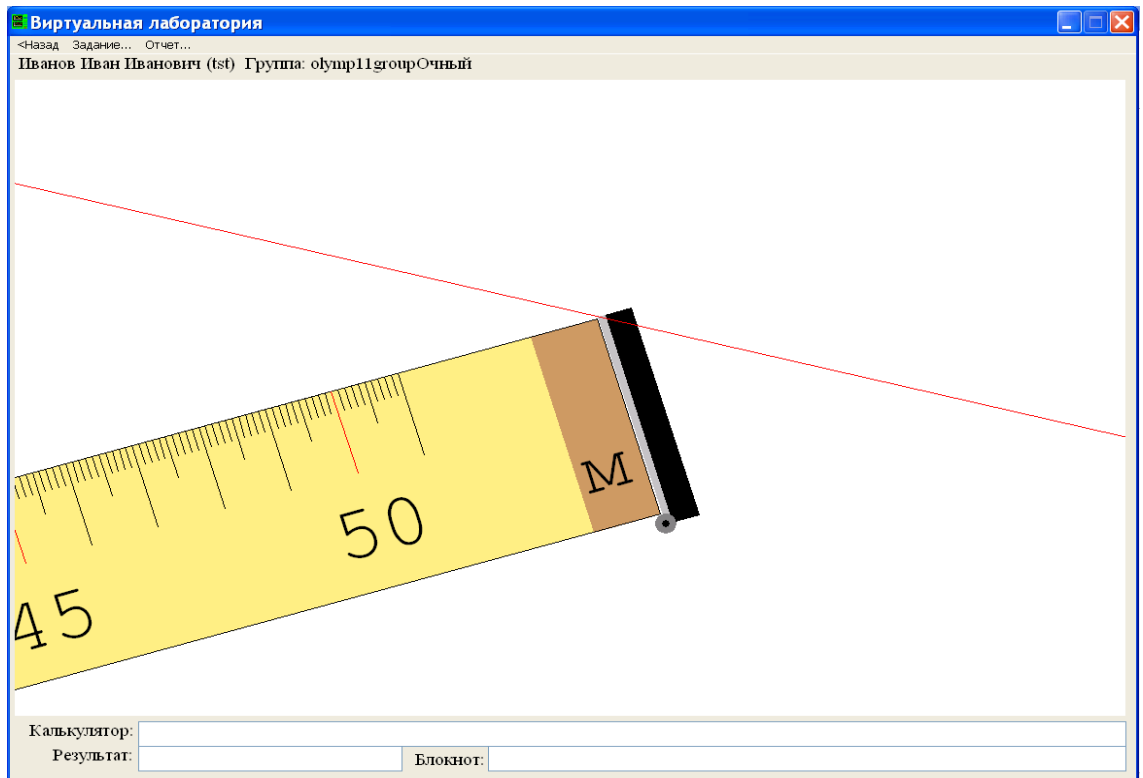
Решение:

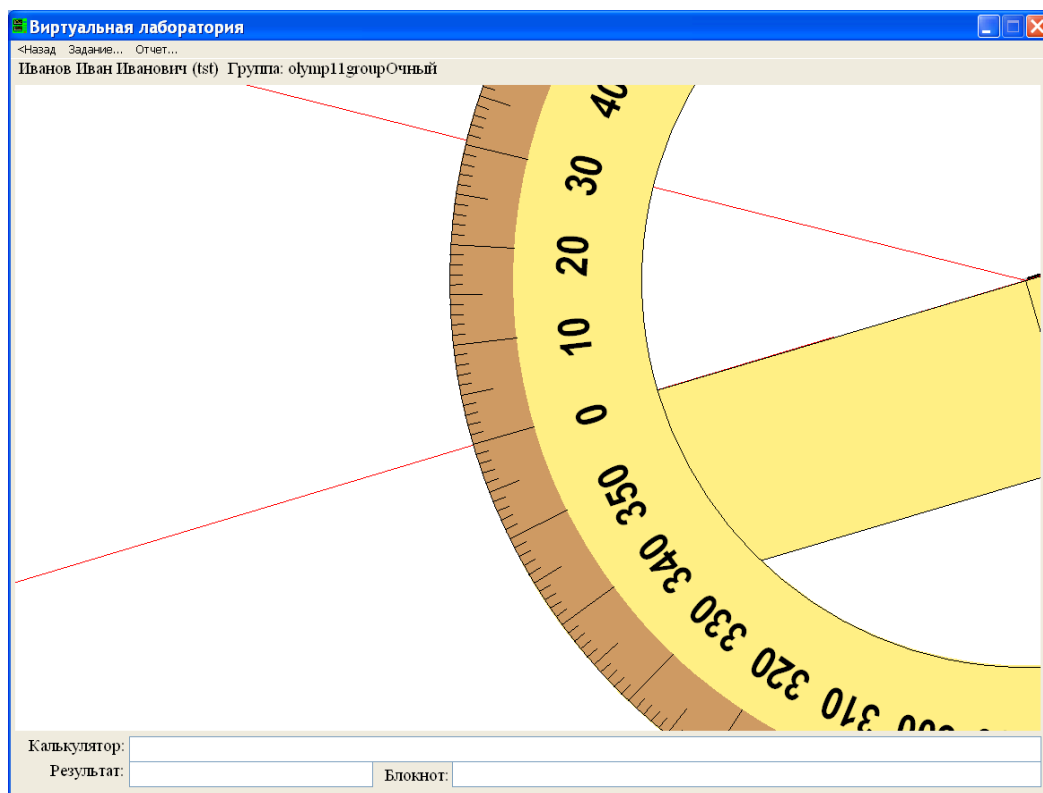
Простейшее решение такое: приложим линейку таким образом, чтобы провести линию через центр светильника и верхний край зеркала.



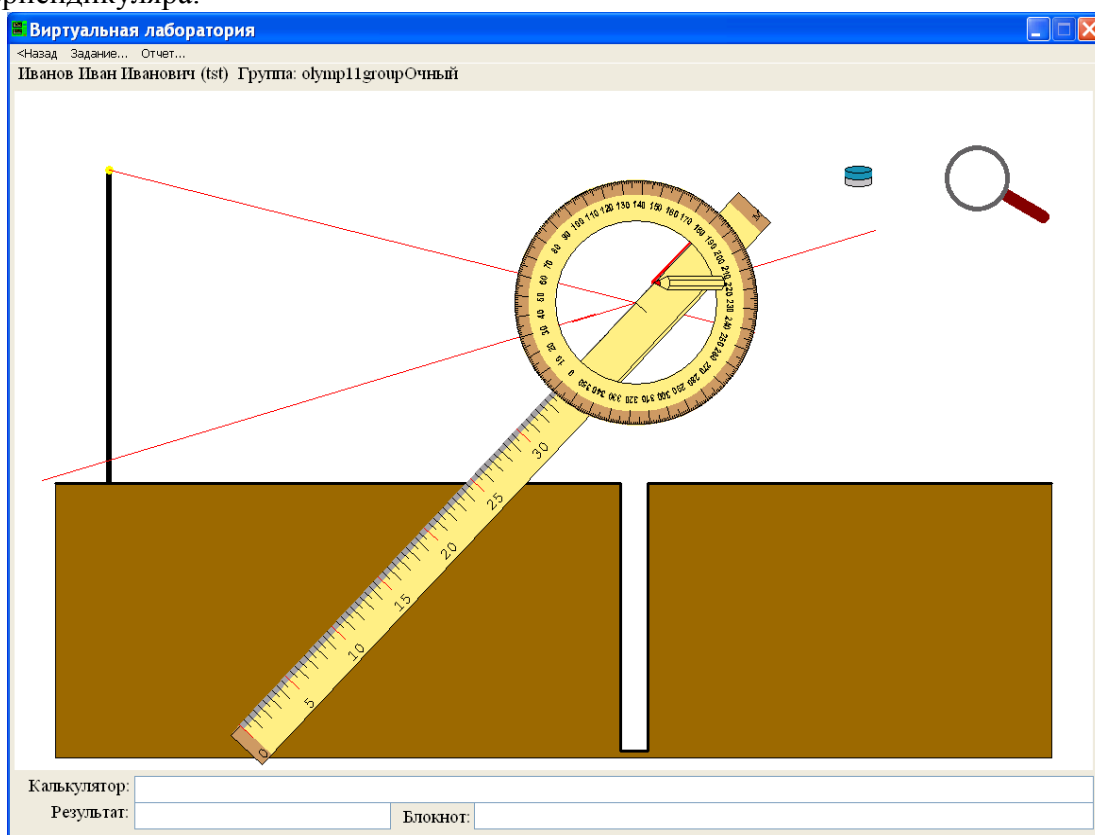


Затем проведём перпендикуляр к зеркалу, тщательно подобрав наклон линейки:

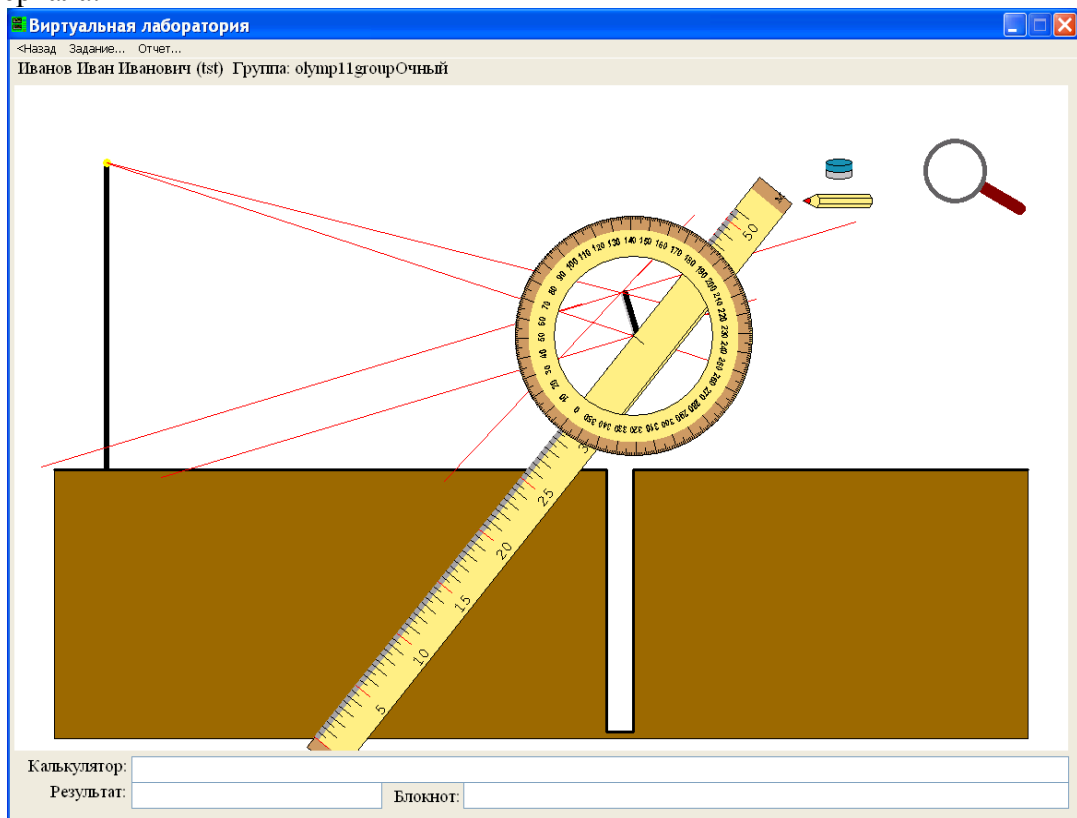




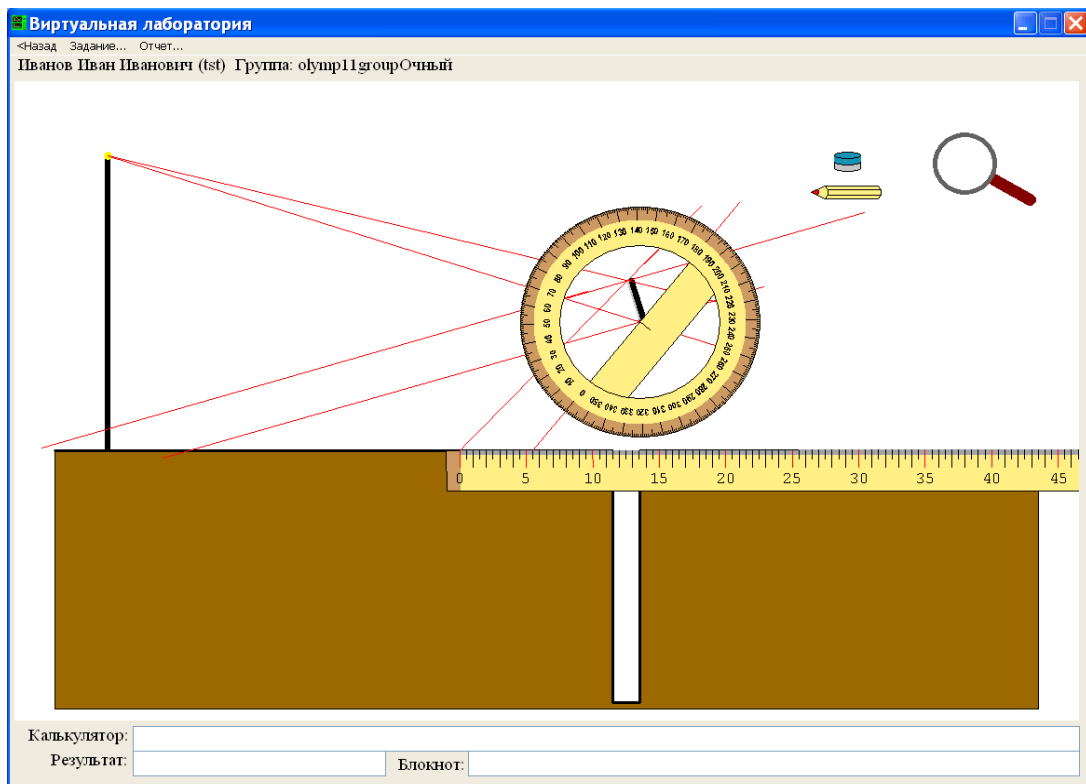
После чего необходимо провести отрезок, соответствующий отражённому лучу — находящийся под тем же углом к перпендикуляру, что и падающий, но с другой стороны от перпендикуляра.



Затем совершенно аналогичным образом строится отражённый луч, идущий от нижнего края зеркала:



После чего измеряем размер светового «зайчика»:



В нашем случае он оказывается равным 5.5 м:

The screenshot shows a report window titled "Отчет" with a table of results. A warning dialog box is overlaid on the table, displaying a yellow warning icon and the text "Сообщение с веб-страницы" and "Частично правильно!".

Название	Ответ	Результат	Баллы
Размер светового зайчика (м)	5.5	Правильно	5
Угол зеркала с вертикалью для освещения дна (радиан)		Неправильно	0
Расстояние до изображения (м)		Неправильно	0

За текущую попытку : 5

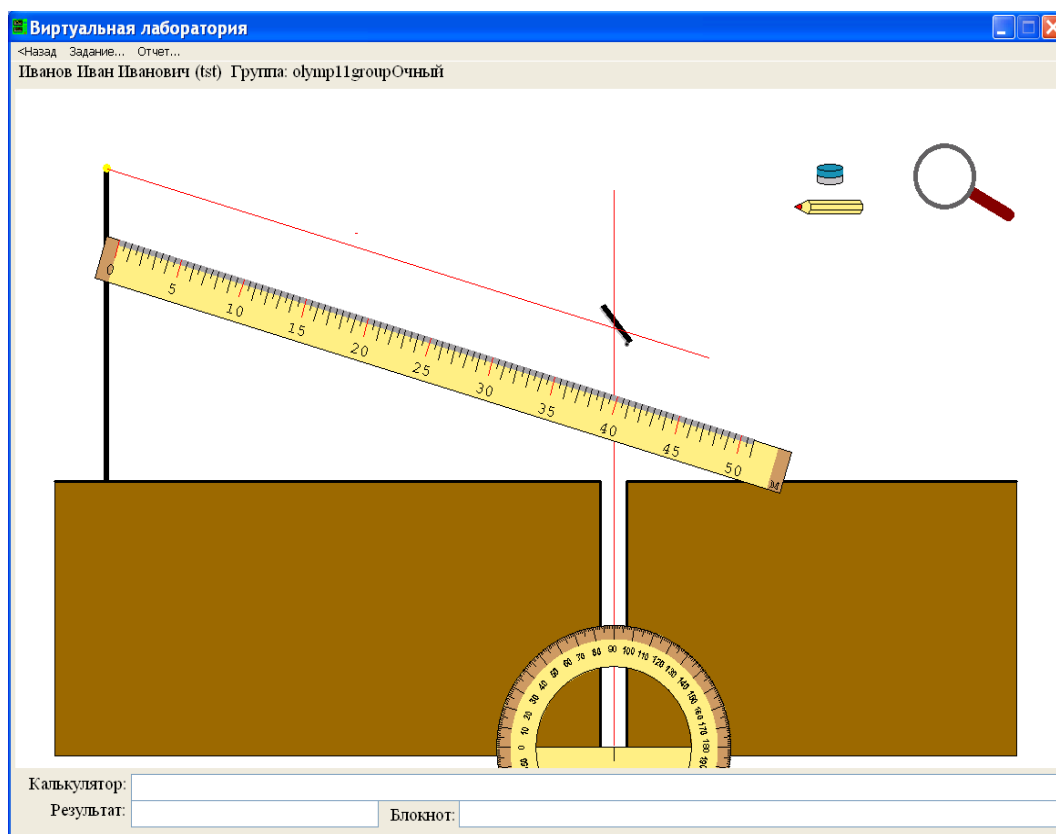
Штрафных баллов : 0

Buttons: Очистить, Закреть

Для выполнения следующих частей заданий сначала уберём стирательной резинкой все проведённые линии. Затем используем риску в центре транспортира для того, чтобы отметить центр дна колодца, и проведём через эту точку вертикальную линию:

The screenshot shows a virtual laboratory interface titled "Виртуальная лаборатория". The main area displays a well with a ruler and a protractor. The ruler is vertical and has a red mark at the 2.0 cm position. The protractor is placed at the bottom of the well, with its center at the 2.0 cm mark on the ruler. A yellow dot is visible on the left side of the well. The interface includes a navigation bar at the top with buttons for "<Назад", "Задание...", and "Отчет...". The user's name "Пванов Иван Пванович (fst)" and group "Группа: olymp11groupОчный" are displayed. At the bottom, there are input fields for "Калькулятор:", "Результат:", and "Блокнот:".

Точное положение зеркала путём решения нелинейных уравнений найти практически невозможно, будем находить приближенное значение. Поворачиваем зеркало, чтобы оно в очень грубом приближении расположилось так, как должно находиться для освещения дна колодца, и проводим линию от центра светильника до точки пересечения поверхности зеркала с вертикальной линией:



Расстояние до изображения можно найти даже при таком положении зеркала: оно равно сумме длин вертикального отрезка от дна колодца до поверхности зеркала и отрезка от центра светильника до поверхности зеркала — ведь расстояние от поверхности зеркала до мнимого изображения равно расстоянию от поверхности зеркала до отражающегося предмета. Получаем $40.75 \text{ м} + 30.8 \text{ м} = 71.55 \text{ м}$.

После проведения двух отрезков легко измерить угол между ними — а он однозначно связан с углом поворота зеркала и находится по измеренному. Получаем ответ 0.64 радиана.

В связи с тем, что даже довольно большие изменения угла поворота зеркала очень слабо сказываются на полученных значениях, можно на них остановиться. Однако возможно получить приближённое значение угла, повернуть зеркало в соответствующее положение и найти окончательные значения.

Ответ:

Размер светового зайчика	5.5 ± 0.41	м
Угол зеркала с вертикалью для освещения дна	0.64 ± 0.025	радиан
Расстояние до изображения	71.55 ± 0.95	м

6. Пример заданий олимпиады 2013-2014 года

6.1. Очный тур олимпиады 2013-2014 г., 11 класс. Модель: Модель: Коленчатая труба с газом и поршнями (15 баллов)

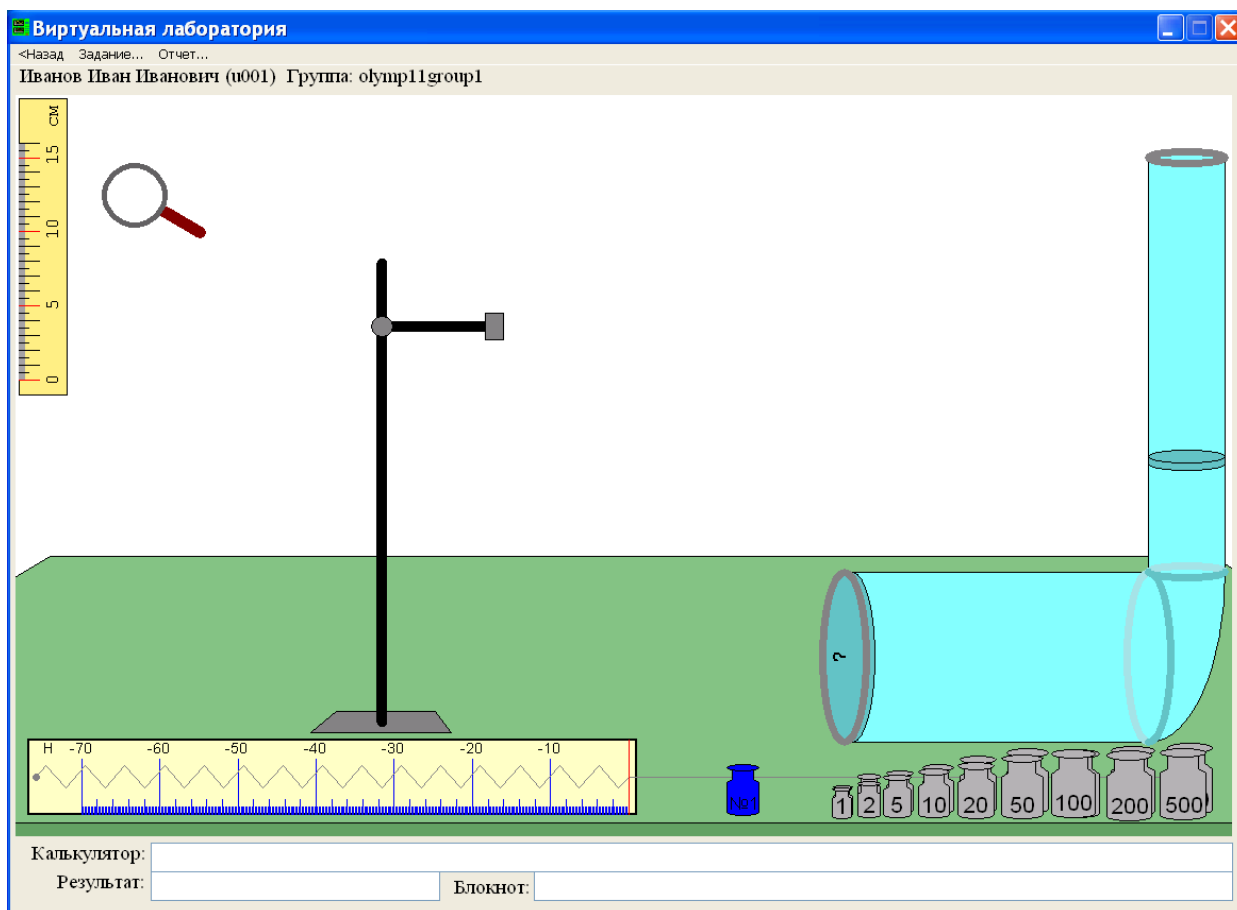
Имеется коленчатая труба с газом и массивными поршнями, динамометр, гири и линейка. Масса гирь указана в граммах, $g=9.8 \text{ м/с}^2$.

Найдите:

- 1) массу синей гири (№1);
- 2) массу поршня M в вертикальной части трубы;
- 3) насколько начальное избыточное давление в трубе P больше атмосферного $P_{\text{атм}}$ после установления равновесия: $P - P_{\text{атм}} = ?$

Обратите внимание, что поршни могут **упираться в ограничители** на концах трубы - и в начальном состоянии левый поршень удерживается в трубе ограничителем. Величины вводите с точностью не хуже 1%.

Лапку штатива можно двигать. Динамометр можно закрепить в лапке штатива, если поднести его **снизу** к лапке штатива и отпустить.



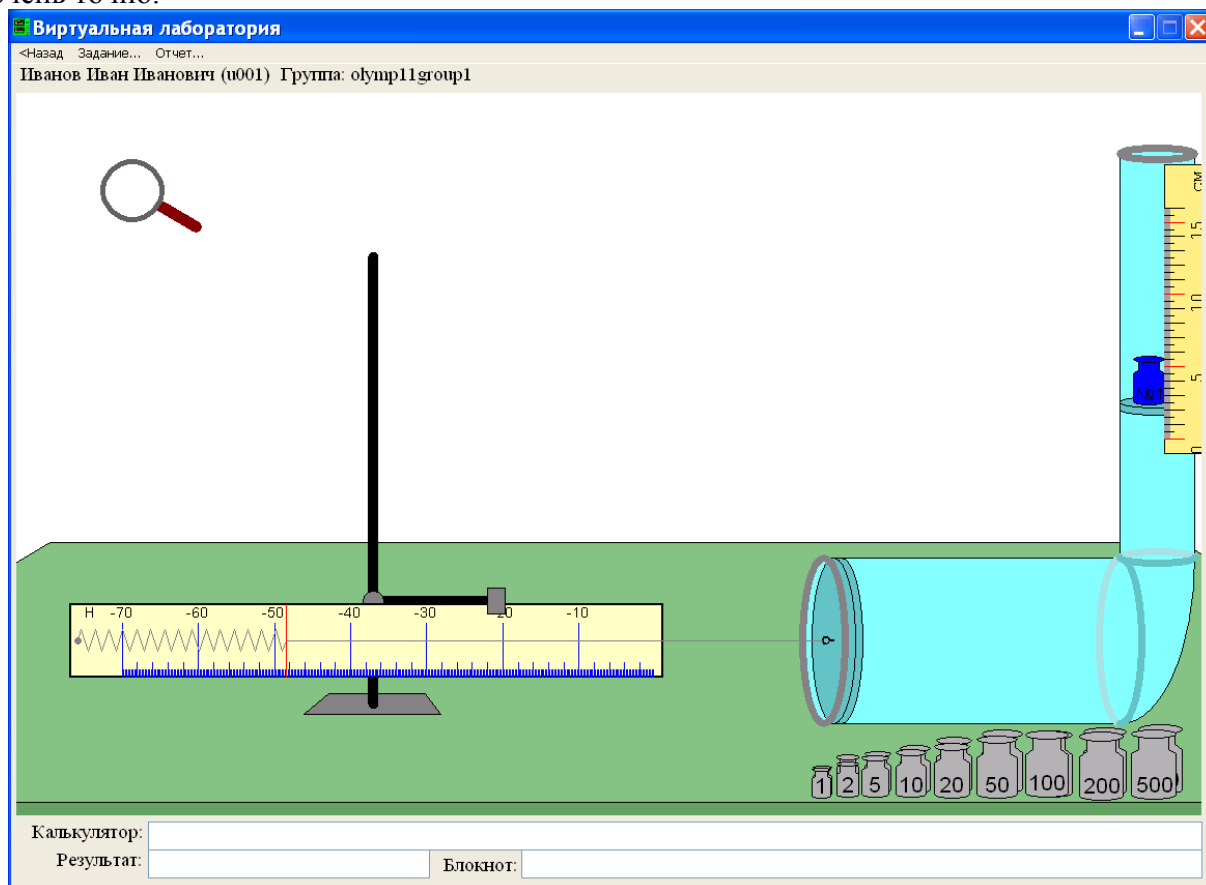
Сложность задания: очень высокая — в силу нестандартности и необходимости использовать имеющиеся средства не напрямую, а осознанно создавать ситуацию, в которой они могут быть использованы для измерений.

Во-первых, большинство учащихся не смогло осознать, какие именно законы физики необходимо использовать.

Во-вторых, на первый взгляд можно поставить синюю гирю на площадку поршня, измерить высоту, на которой поршень остановится, а затем поставить набор гирь, который даст такую же высоту. Но такой метод даёт слишком грубые результаты.

Решение:

Необходимо учесть, что под весом поршня в вертикальной части трубы поршень в горизонтальной части трубы оказывается прижатым к ограничителю и не может двигаться. А вот если с помощью динамометра отвести этот поршень от ограничителя, чувствительность системы к весу гири значительно возрастёт, и вес гири удастся измерить очень точно.



Рассмотрим теперь вторую и третью часть задания — их выполнение оказалось ещё труднее, чем у первой части.

Измерим показания динамометра в ситуации, когда на поршне массой M нет груза, и поршень не упирается в ограничитель. Пусть площадь сечения вертикальной части трубы S_1 , а площадь сечения горизонтальной части трубы S_2 .

Очевидно, что избыточное давление внутри трубы по сравнению с атмосферным $P_0 = Mg/S_1 = F_0/S_2$, где F_0 – показание динамометра.

Аналогичным образом находим показание динамометра F_1 в ситуации, когда на поршень массой M поставлен груз с известной массой m . После чего легко найти как массу поршня, так и значение $P - P_{\text{атм}}$.

Ответ (для одного из возможных сгенерированных сервером вариантов):

Масса синей гири	62.1 ± 1.6 г
Масса поршня	870 ± 30 г
Давление $P - P_{\text{атм}}$	4345 ± 110 Па