

# Разбор наиболее показательных заданий олимпиады «Интернет-олимпиада школьников по физике» 2011/2012 года

## Оглавление

<u>Общий подход к составлению заданий.....</u>	<u>2</u>
<u>Разбор наиболее показательных заданий олимпиады 2010-2011 года.....</u>	<u>3</u>
<u>11 класс очный тур 2012 г. Задание №5. Модель: Чёрный ящик – многополюсник (15 баллов).....</u>	<u>3</u>
<u>11 класс очный тур 2012 г. Задание №6. Модель: Цилиндр на рельсе (10 баллов).....</u>	<u>6</u>
<u>7 и 8 классы очный тур 2012 г. Задание №5. Модель: Длина трассы (15 баллов).....</u>	<u>9</u>

Санкт-Петербург

2012 г.

## Общий подход к составлению 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 введённому 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).

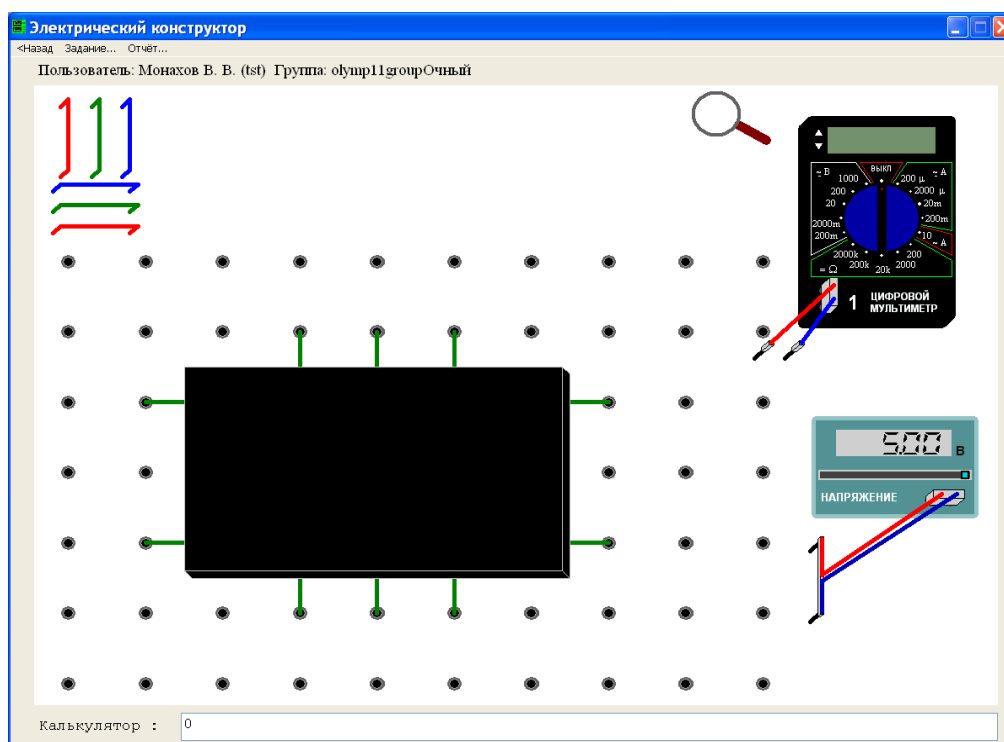
В связи с этим нами был разработан ряд моделей, обеспечивающих реализацию основных элементов “экспериментальных” олимпиадных заданий.

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-олимпиад 2011-2012 года.

## Разбор наиболее показательных заданий олимпиады 2010-2011 года

### 11 класс очный тур 2012 г. Задание №5. 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  $\mu$  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 по-

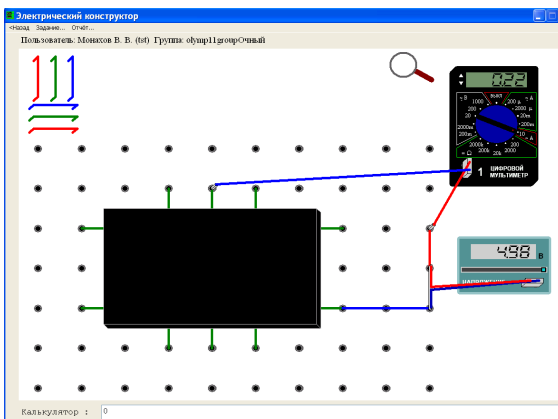
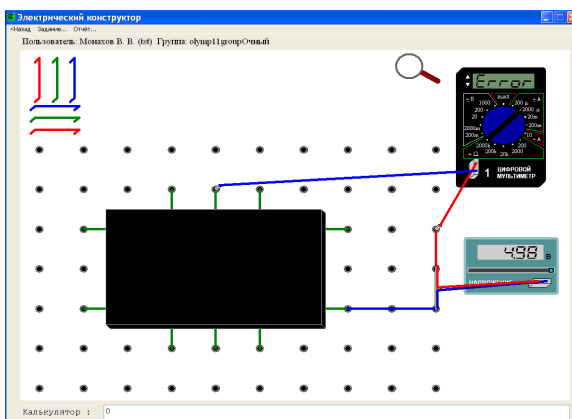
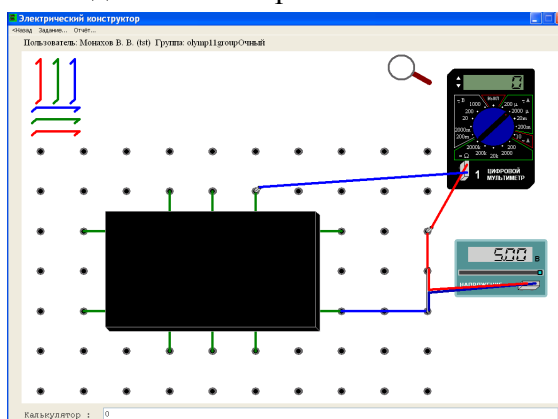
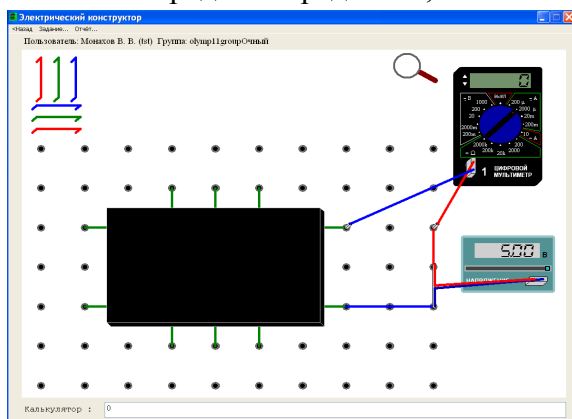
мощью стрелок в его левом верхнем углу. Напряжение источника постоянного тока регулируется перемещением его движка.

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

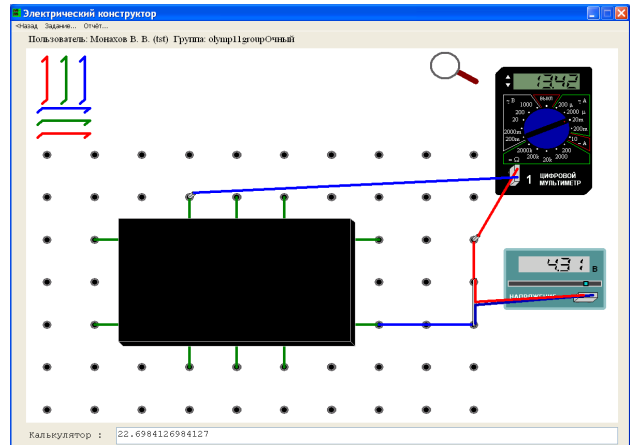
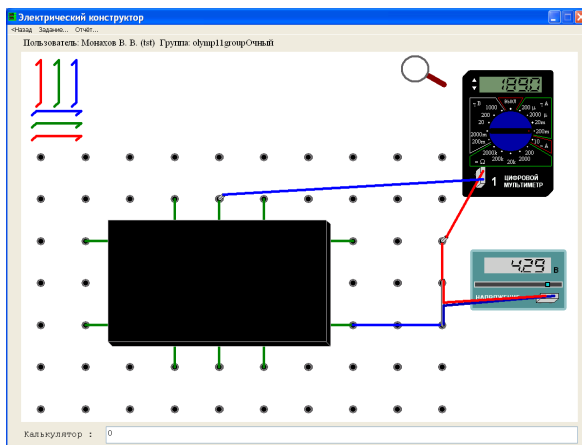
**Сложность задания:** чрезвычайно высокая.

### 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.

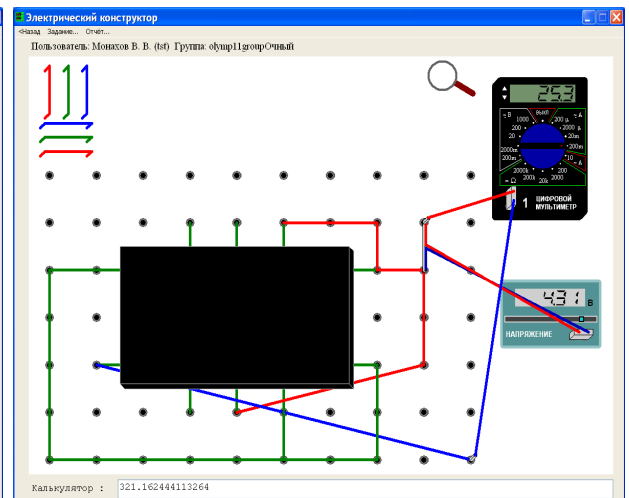
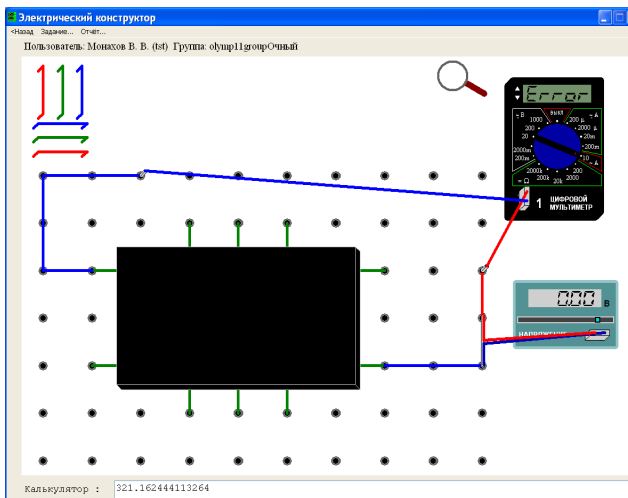


Для клеммы №3 на экране появляется надпись Error, означающая, что ток слишком велик. Переключаем мультиметр на диапазон, где отсутствует зашкаливание. В связи с тем, что на экране мультиметра показывается слишком мало значащих цифр, требуется переключить мультиметр на более чувствительный диапазон и 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

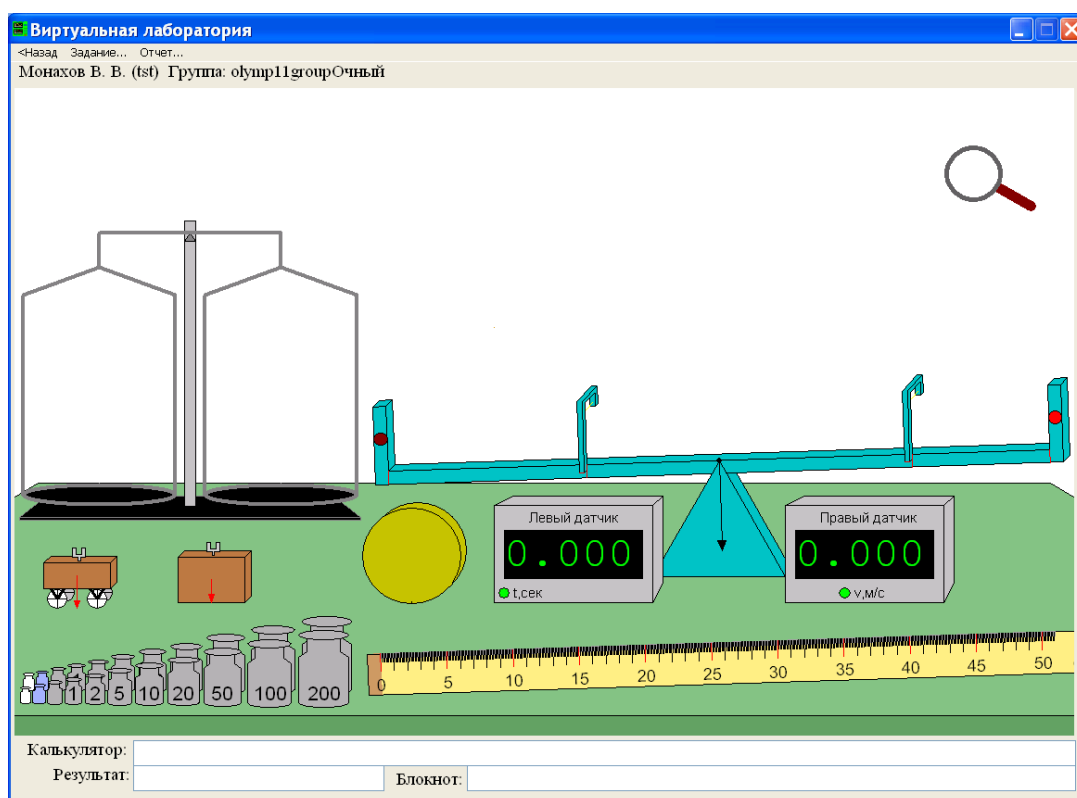
точностью до погрешности измерений совпадает с 344 Ом, приходим к выводу, что  $R_1=22.7$  Ом,  $R_2=170.4$  Ом,  $R_{3,4}=4.31$  В/12.53 мА = 321 Ом.

**Ответ:**

$R_1$	$22.7 \pm 0.15$	Ом
$R_2$	$170.4 \pm 0.4$	Ом
$R_3$	$321 \pm 0.6$	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.

## 11 класс очный тур 2012 г. Задание №6. 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 проскальзывает и потери энергии из-за трения качения отсутствуют.

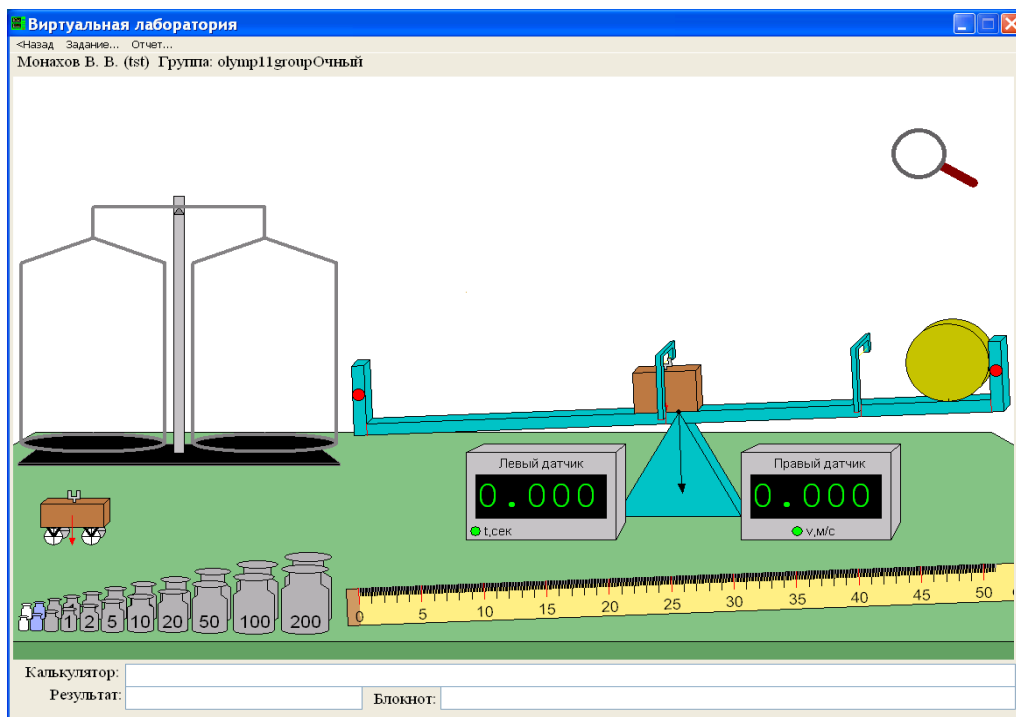
Определите **путь  $S$** , который пройдёт центр цилиндра за первые 1.093 секунды, и **полную кинетическую энергию  $T$**  (поступательного и вращательного движения) цилиндра в этот момент времени. Отослите результаты на сервер. Величины необходимо вводить с точностью до сотых. В промежуточных вычислениях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

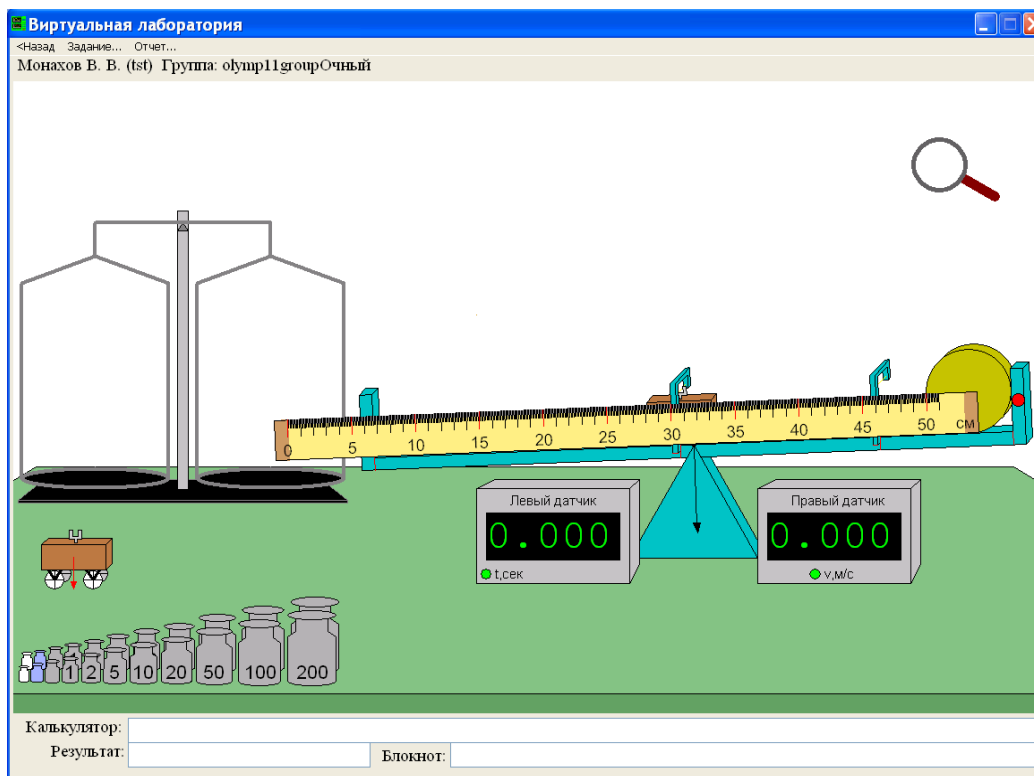
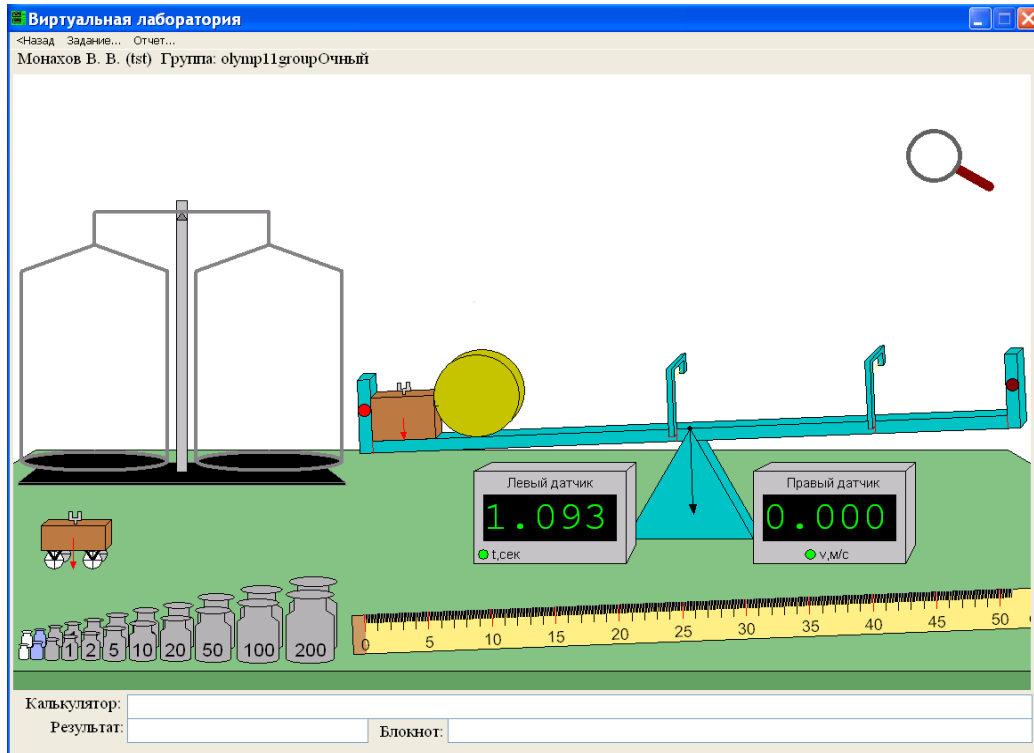
Оптические датчики срабатывают при пересечении флажком, установленном на тележке или бруске, их светового луча - в момент прохождения координаты оптических ворот маркером-стрелочкой. Положение оптических ворот можно изменять при помощи мыши, оно отмечается красным маркером. Линейку можно вращать, взявшись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

**Сложность задания:** чрезвычайно высокая.

### Решение:

Для того, чтобы измерить время, за которое цилиндр пройдёт заданный путь, очевидно, необходимо использовать датчик времени. Но нахождение 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 брусом, 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



брусочки расположены так, что с момента отпущения 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 отпущении 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  $\alpha$  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:**

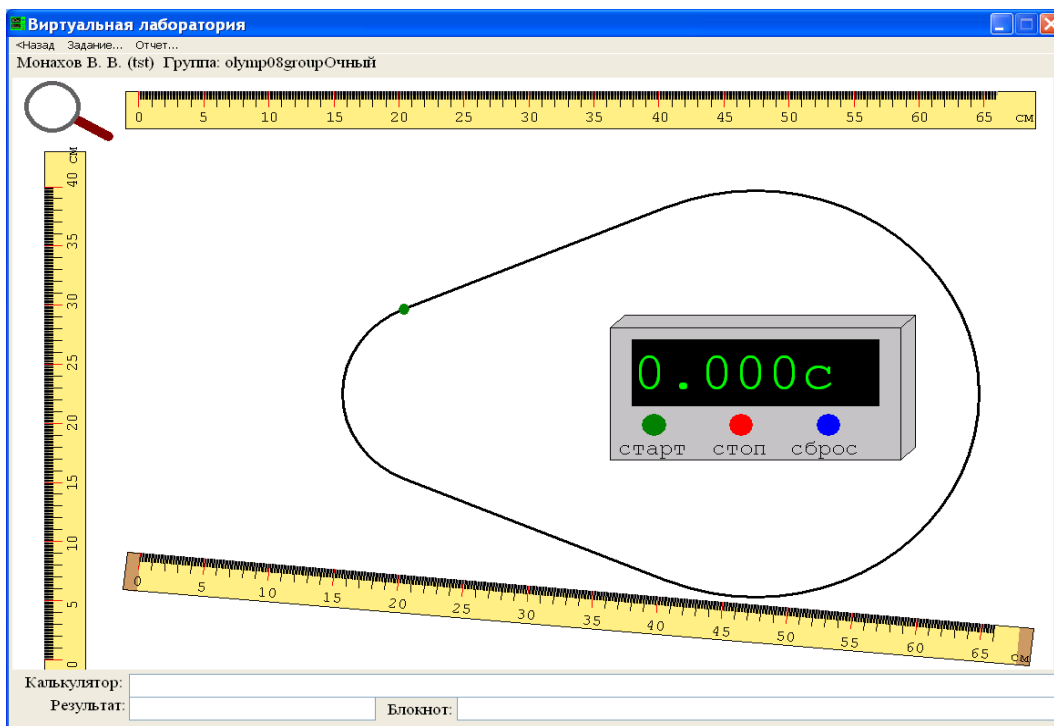
Путь $S$	$16.85 \pm 0.7 \text{ см}$
Полная кинетическая энергия $T$	$5.81 \pm 0.18 \text{ мДж}$

### **7 и 8 классы очный тур 2012 г. Задание №5. 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  $S_n$  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.*

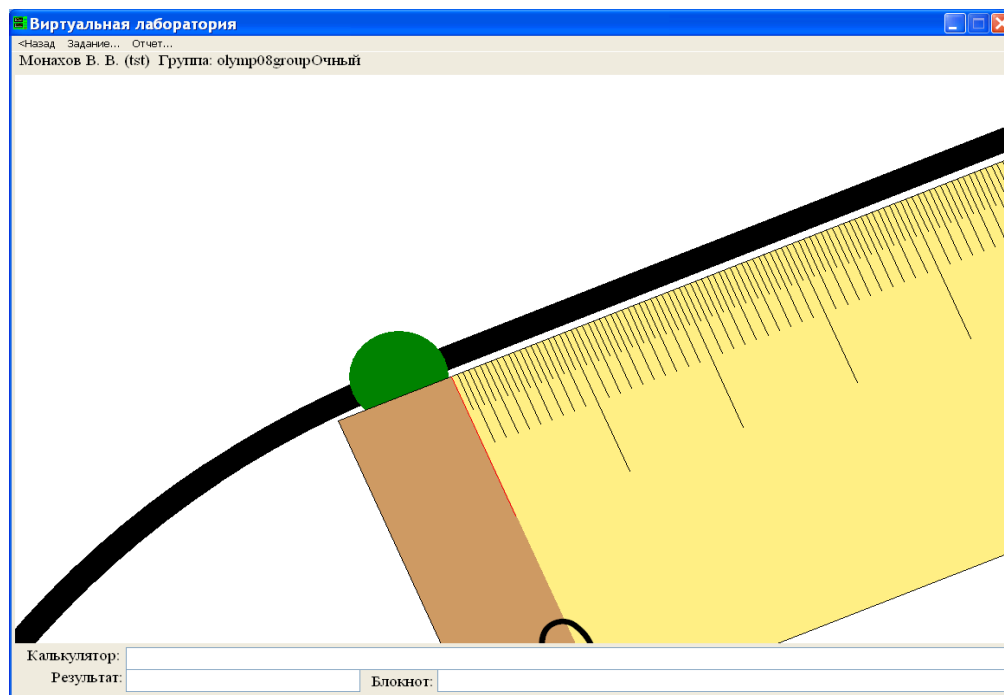
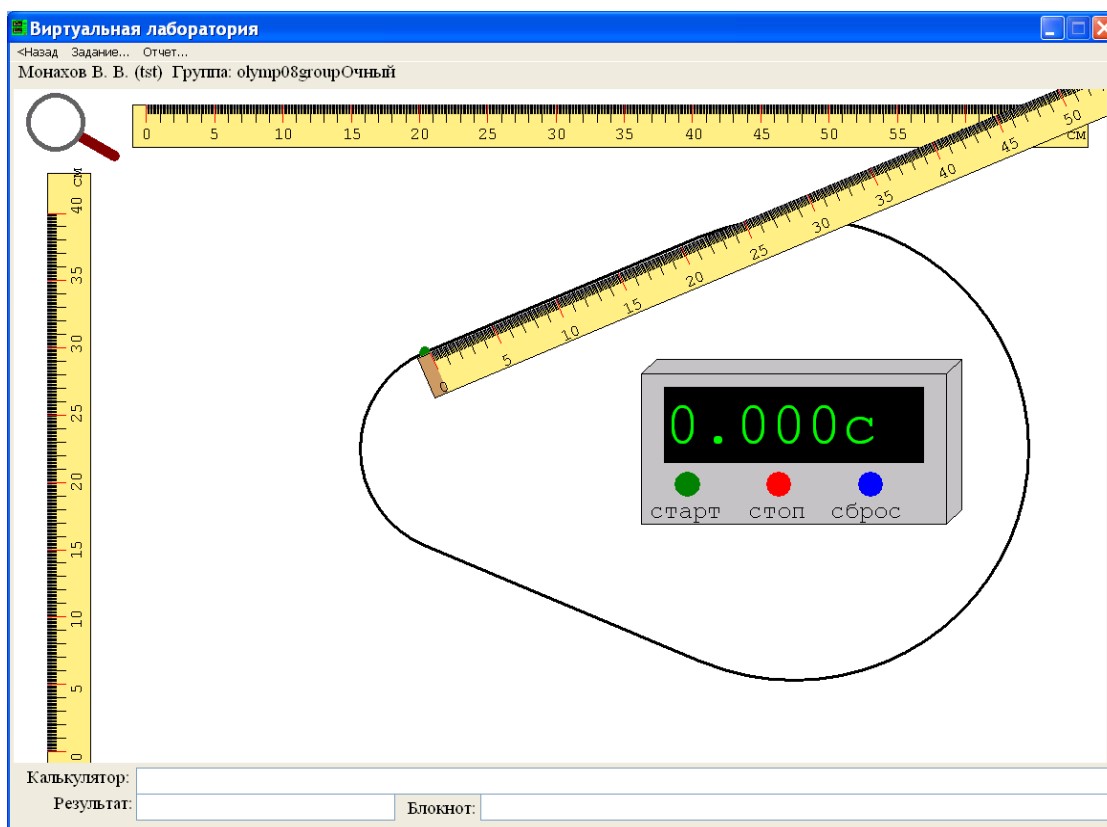
*Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается до 3 штрафных баллов.*

**Сложность задания:** чрезвычайно высокая.

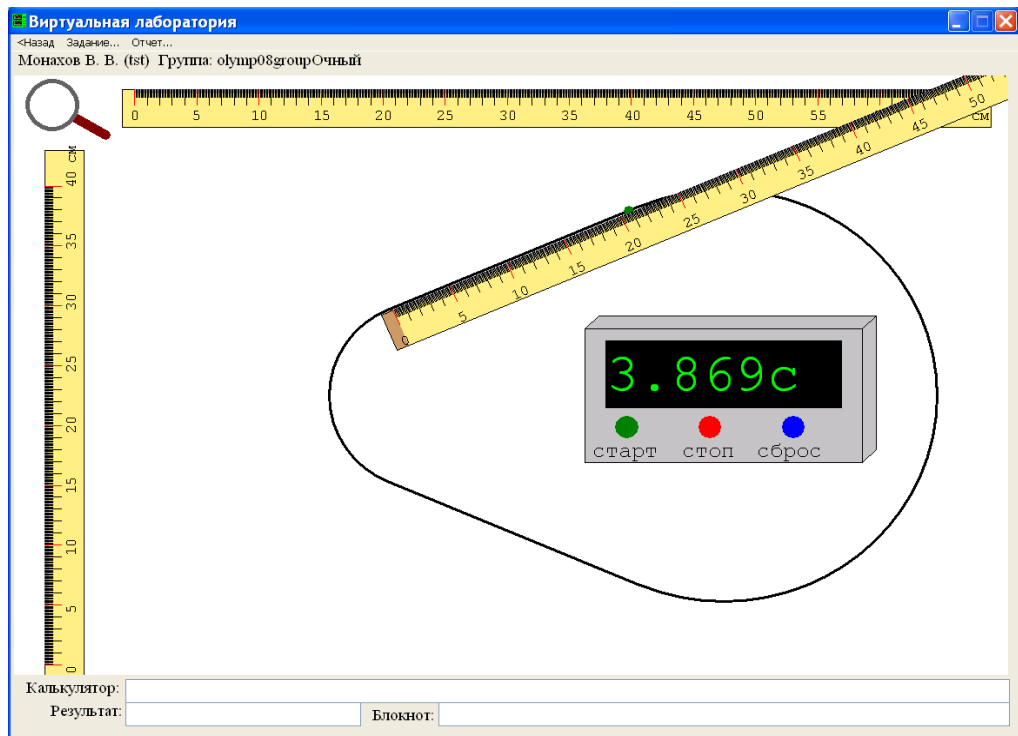
**Решение:**

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.

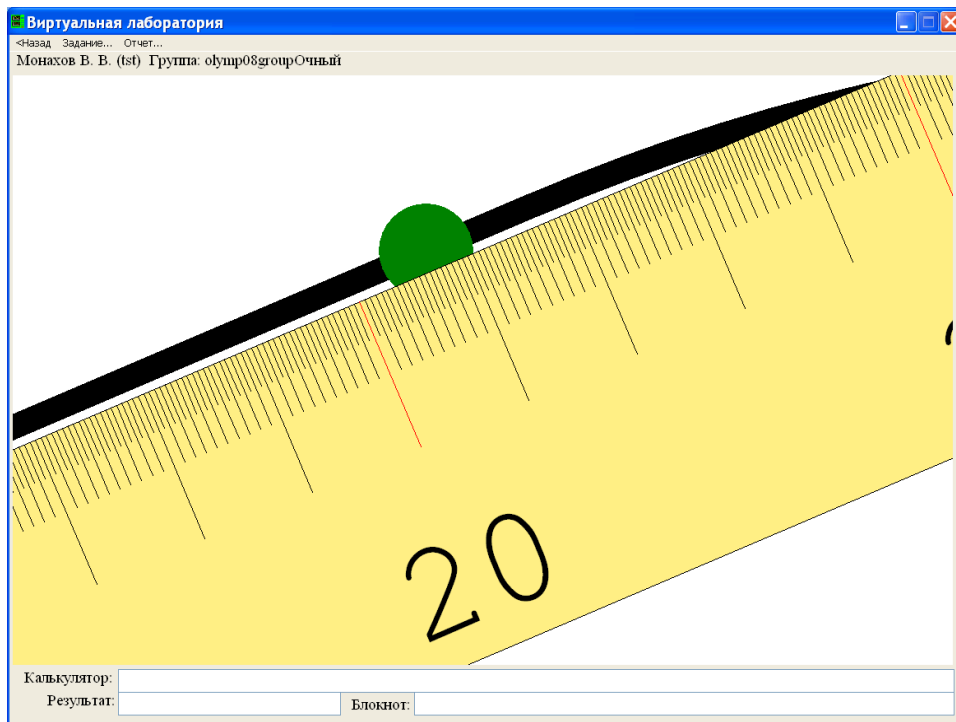
Приложим линейку так, чтобы она шла параллельно линейному участку трассы, а её начало находилось на краю кружка, помечающего положение автомобиля. Для этого сначала придвинем и развернём линейку в обычном масштабе экрана так, чтобы она была расположена примерно так, как надо, а затем подкорректируем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



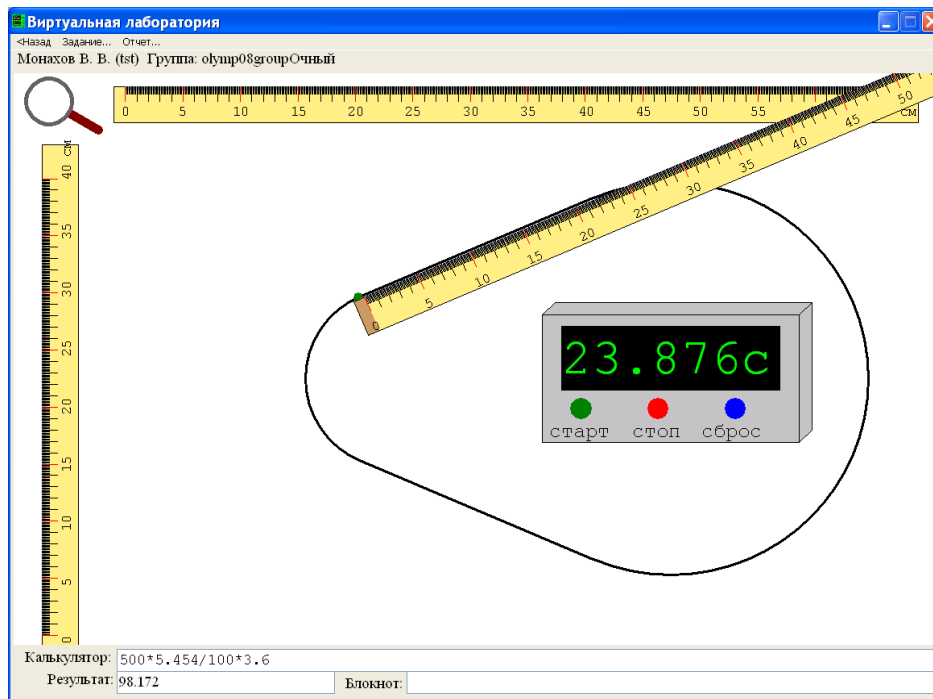
Измеряем время и путь:  $t=3.869$  с,  $S= 21.1$  см.



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

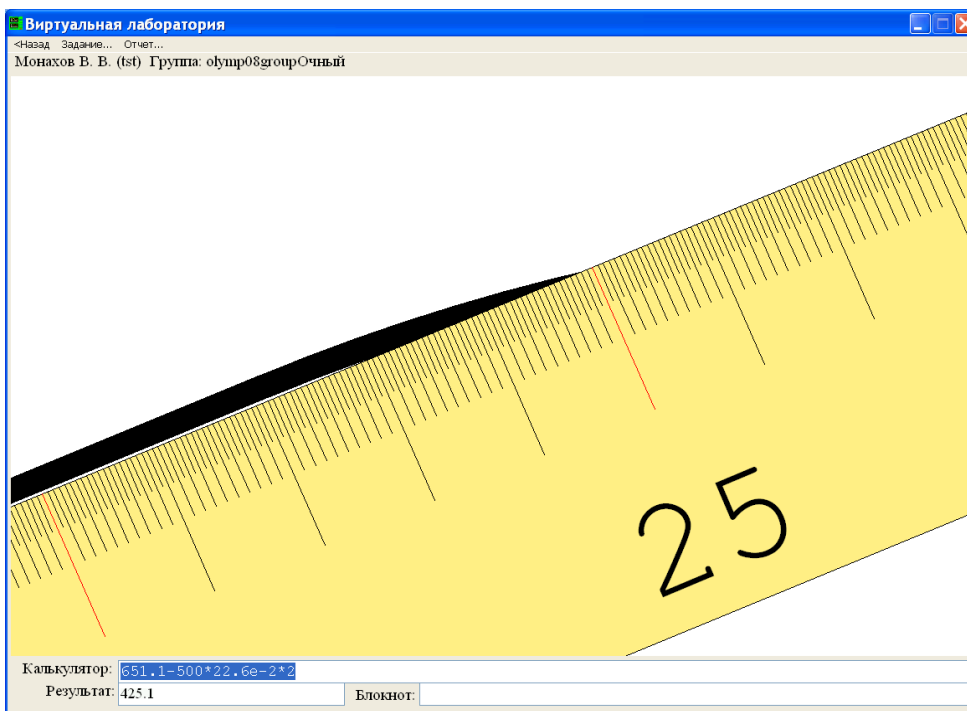
$V_a=500*V = 27.27$  м/с = 98.2 км/ч

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.

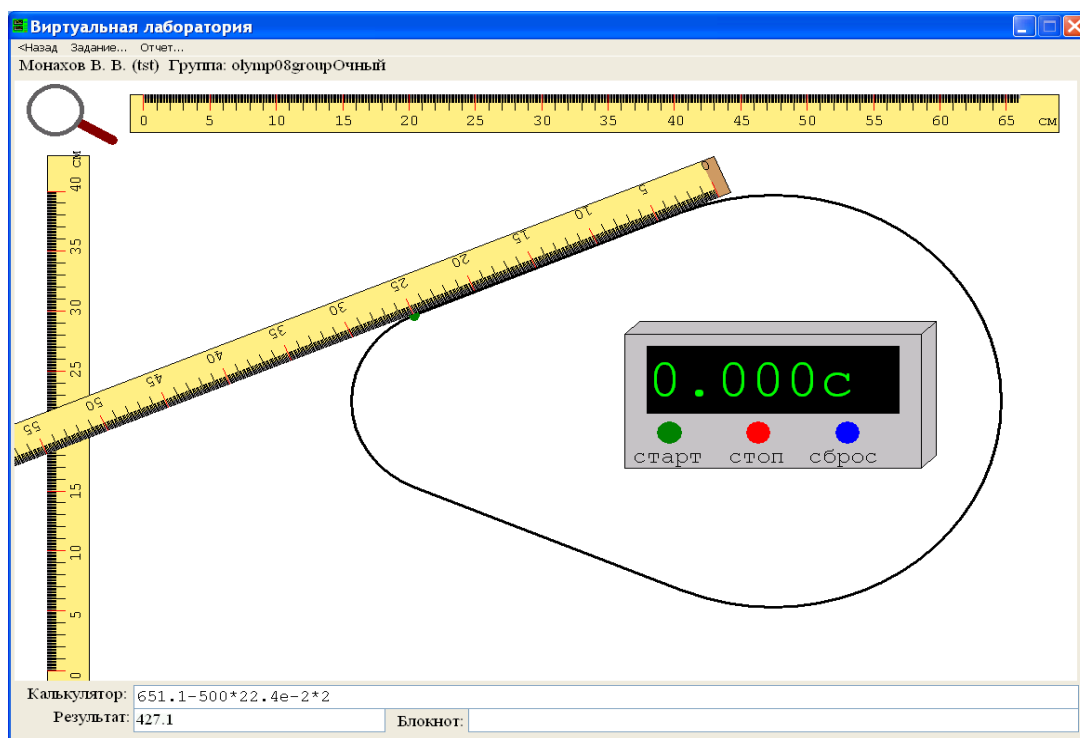


Длину  $S_n$  нелинейной части трассы проще всего найти с помощью измерения длины  $S_l$  линейного участка трассы:  $S_n = S - 2 * S_l$ . Измерить длину линейной части трассы можно прямым измерением с помощью линейки, если в режиме увеличительного стекла выровнять линейку параллельно участку трассы 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  $S_n = (425.1 + 427.1) / 2 \text{ м} = 426.1 \text{ м}$ .

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.

Ответственный секретарь олимпиады,  
председатель методической комиссии

В.В.Монахов / В.В.Монахов /