

# Интернет-олимпиада школьников по физике

## Разбор наиболее показательных заданий олимпиады 2010/2011 учебного года

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:

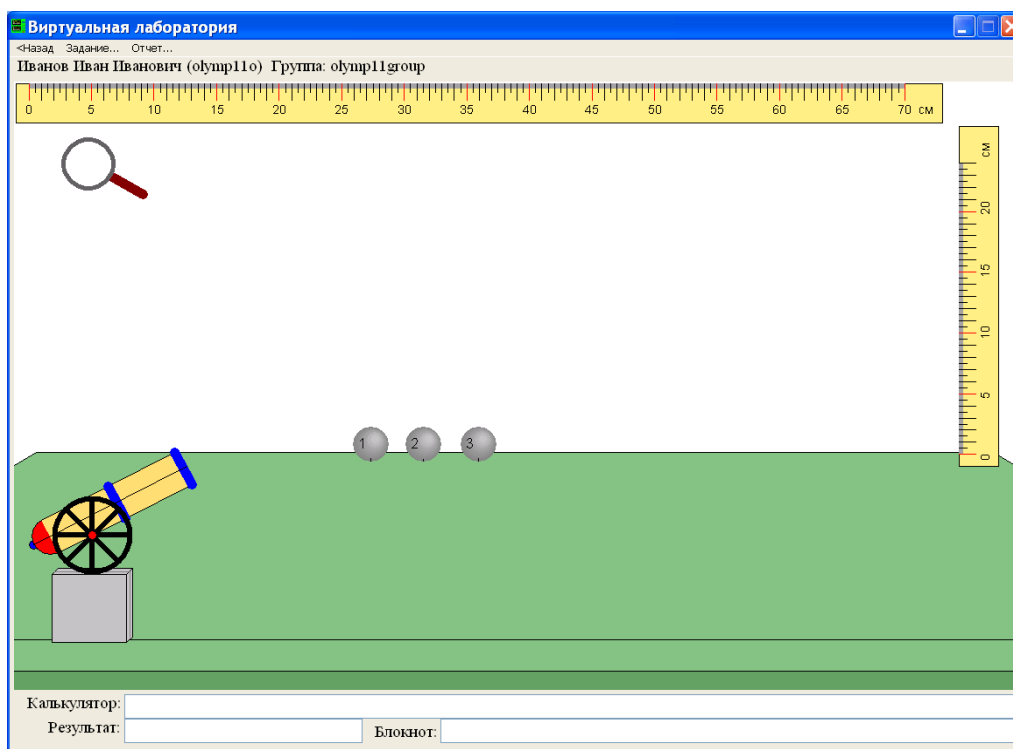
- Существует очень большое количество вариантов возможных действий пользователя, причём заранее трудно предсказать, какая последовательность приведёт к правильным результатам.
- Имеется гораздо большее число параметров эксперимента, чем в явном виде задано в условии. Например, существует большое количество (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-олимпиад 2010-2011 года.

## 11 класс очный тур 2011 г.: Задание №3. 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  $9.8 \text{ м/с}^2$ . 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.*

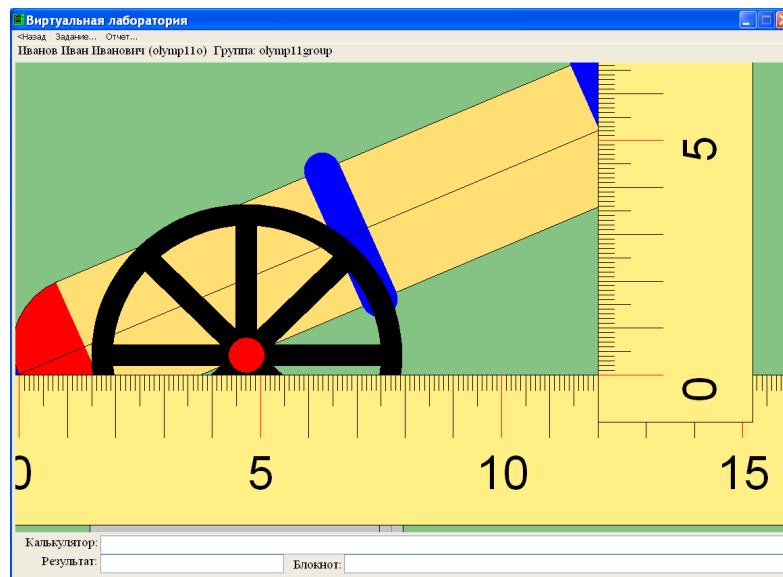
*Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе любой выбранный участок экрана, а также перемещать в этом состоянии ствол пушки и линейки. Щелчок мышью в любом другом месте экрана возвращает первоначальный масштаб.*

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

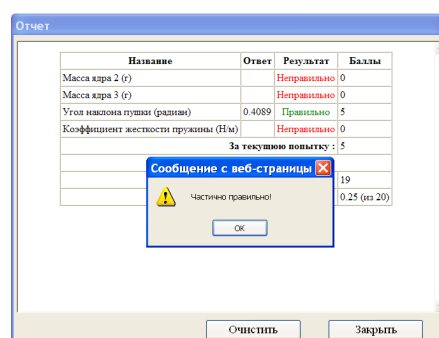
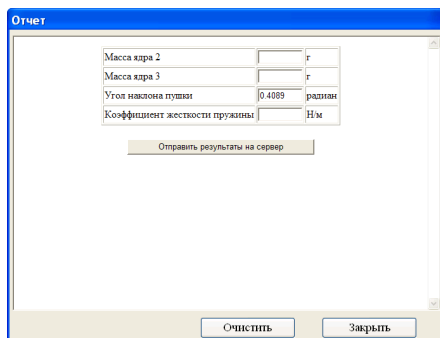
Сложность: уровня межрегиональной олимпиады

### 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  $\alpha$  наклона пушки с помощью чисто геометрических измерений с помощью двух перпендикулярных линеек в режиме использования увеличительного стекла.

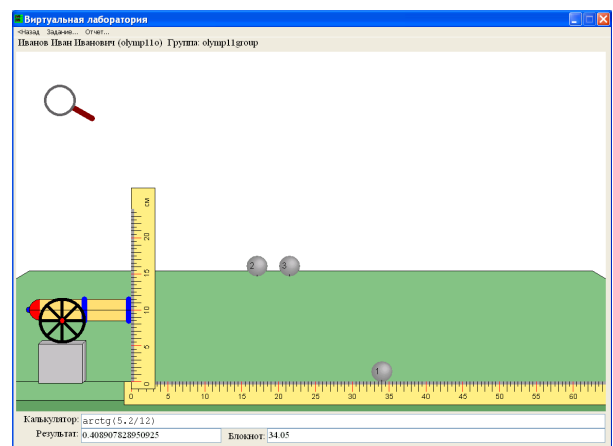
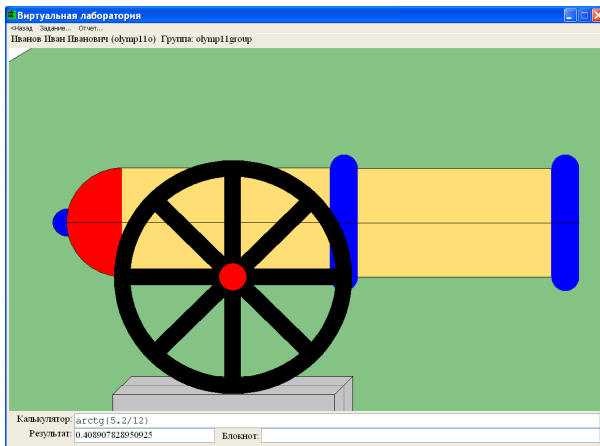


2. Измеряем наклон по линии, идущей по центру пушки. Выбираем по горизонтали основание треугольника 12,0 см, и получаем высоту 5,2 см. Поэтому  $\text{tg } \alpha = 5,2/12$ ,  $\alpha = \text{arctg}(5,2/12) = 0.4089$  радиан.



На рисунках приведен пример того, что разрешается отсылать 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.



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.

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

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)			

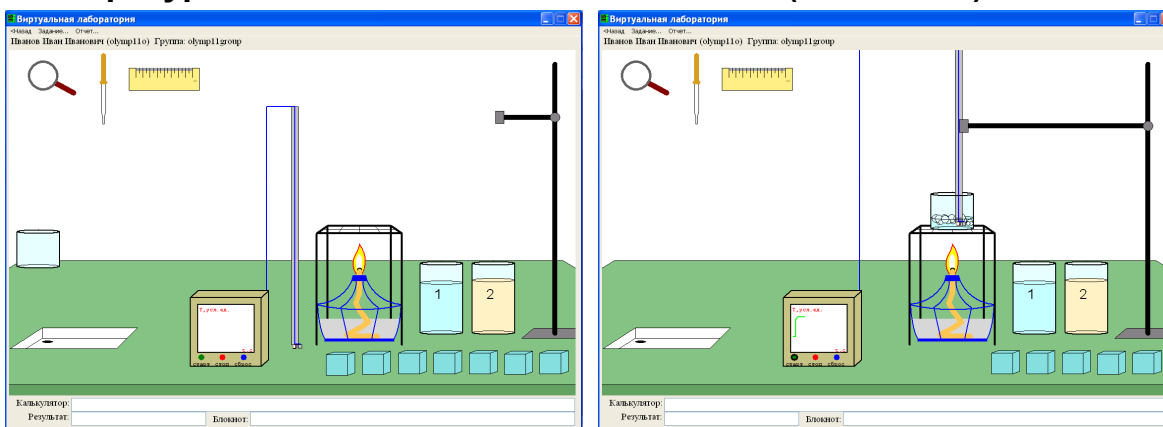
**Ответ:**

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.

### 11 класс очный тур 2011 г.: Задание №4. Модель: Теплоемкость и температура кипения неизвестной жидкости (20 баллов)



*В первом стакане находится вода, её плотность равна  $1 \text{ г/см}^3$ , а удельная теплоемкость равна  $4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$ . Во втором стакане находится неизвестная жидкость, имеющая плотность  $0.81 \text{ г/см}^3$ . На столе находятся кубики льда, длина ребра каждого кубика  $3 \text{ см}$ , плотность льда  $0.9 \text{ г/см}^3$ , удельная теплота плавления льда  $335\,000 \text{ Дж/кг}$ . 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 горящей спиртовкой. 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.*

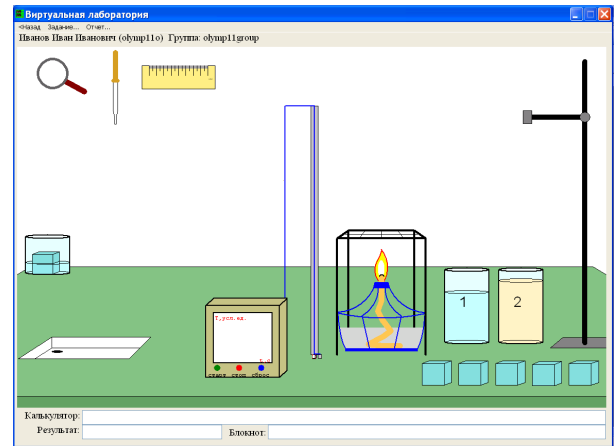
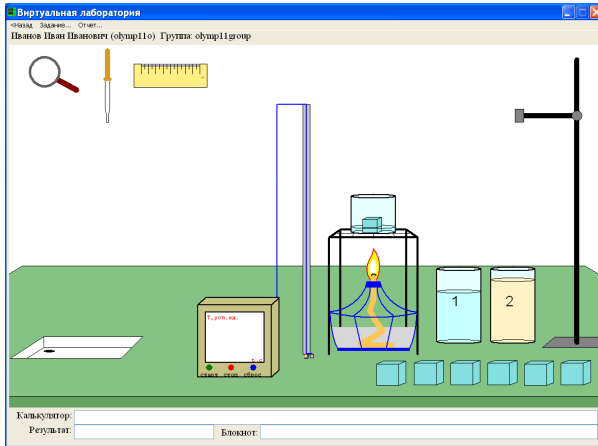
*Сложность: уровня международной олимпиады*

## **Решение**

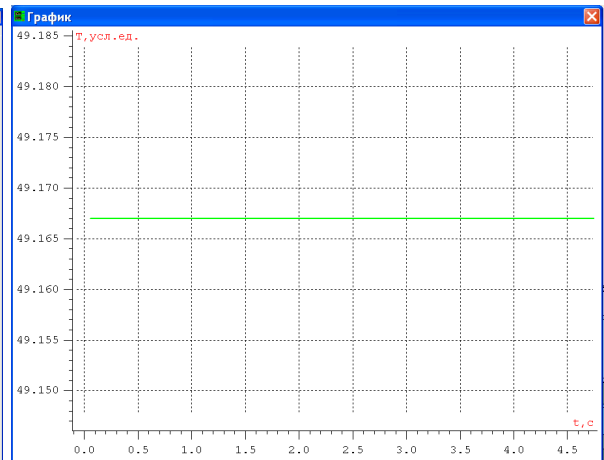
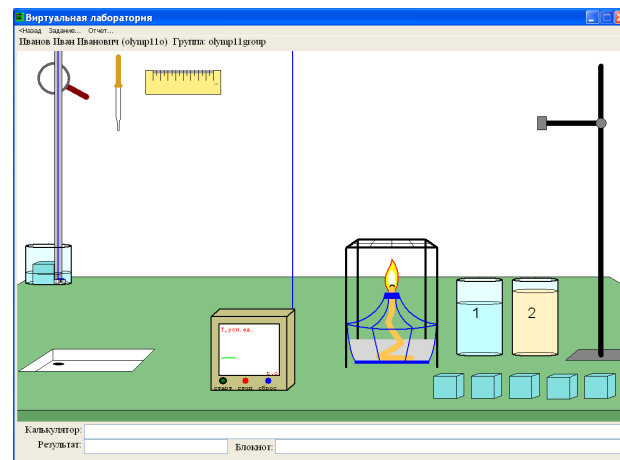
Массу воды, находящейся в первом стакане, можно измерить по изменению температуры воды при добавлении в нее кубиков льда. Теплоемкость неизвестной жидкости можно измерить несколькими способами, но для всех них требуется знать температуру жидкости. Поэтому сначала необходимо отградуировать шкалу термометра.

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.

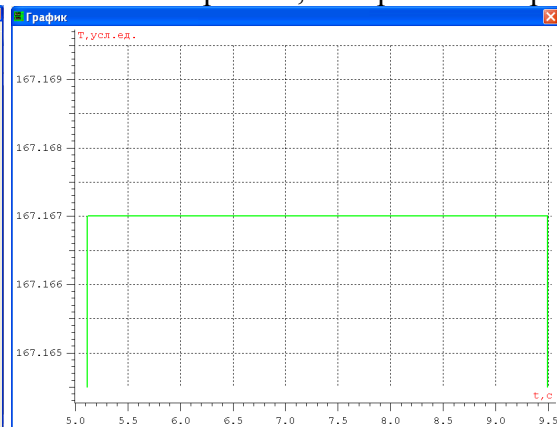
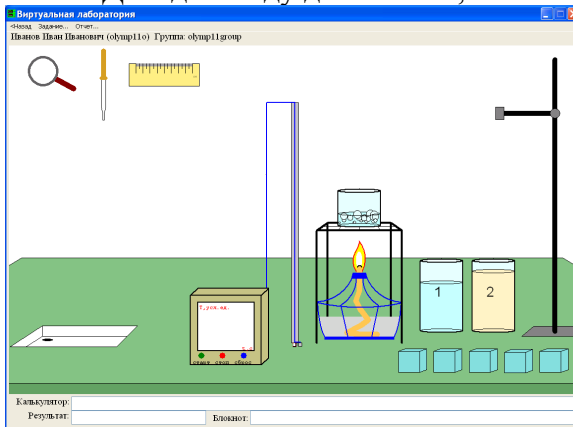


2. Запускаем прибор-термометр, останавливаем измерения и с помощью увеличительного стекла просматриваем получившийся график.



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

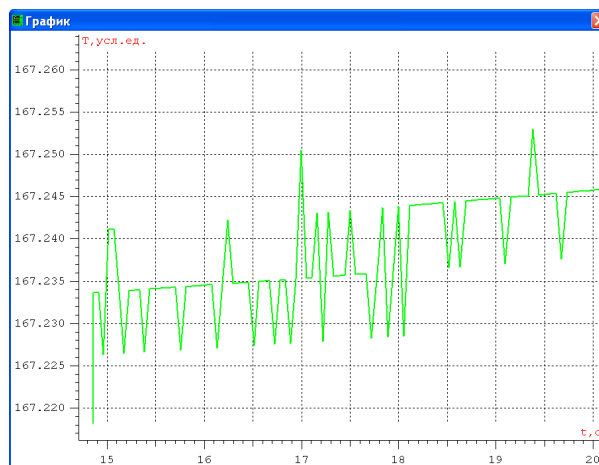
3. Доводим воду до кипения, снимаем стакан со спиртовки, измеряем температуру.



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,  $t = 0.84746(\tilde{t} - t_0)^\circ\text{C}$

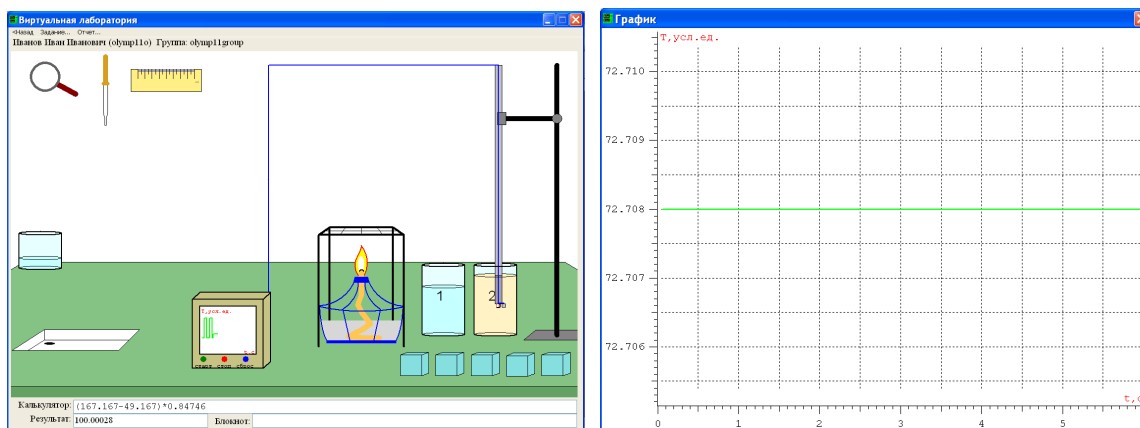
Необходимо обратить внимание, что если нагревается небольшой объем воды, происходит небольшой ее перегрев, как в реальной жизни:



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.

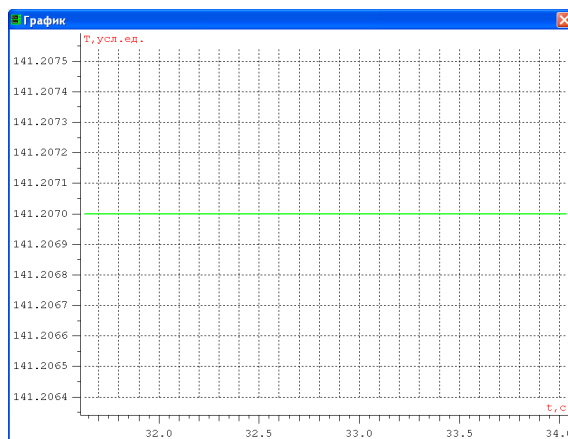
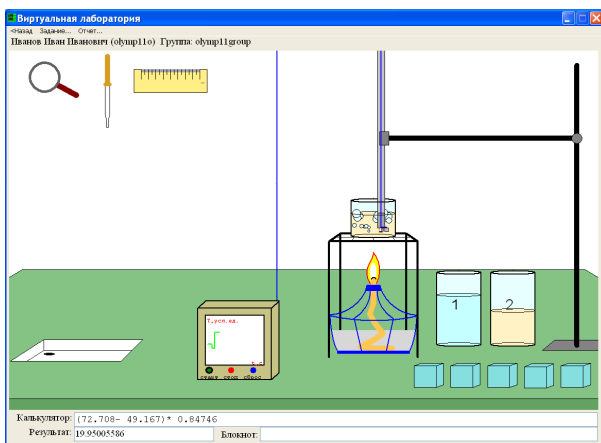
#### 4. Находим температуру неизвестной жидкости:



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. 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 =  $19,95$  °C.

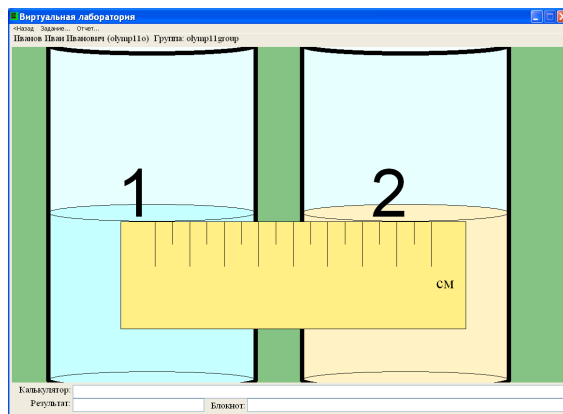
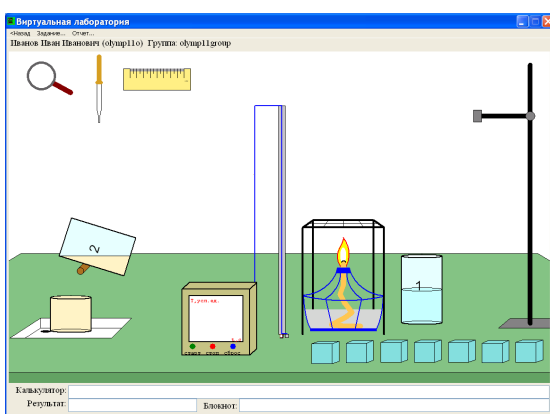
7. Бросаем в стакан с водой кубик льда, ждем, когда он растает, и измеряем установившуюся температуру воды. Она оказывается равна  $59,677$  условных единиц =  $8,907$  °C.

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  $8,907$  °C.

9. Пишем формулу для количество тепла, которое необходимо потратить на охлаждение  $m$  кг воды от  $19,95$  °C до  $8,907$  °C.

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

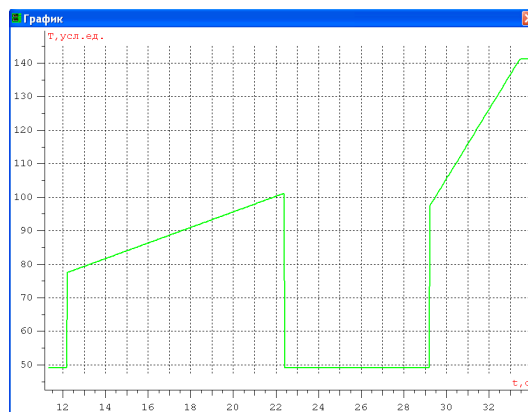
10. Теплоемкость неизвестной жидкости можно найти аналогичным способом в случае, когда имеются одинаковые объемы воды и неизвестной жидкости: в этом случае по изменению температуры воды можно найти ее массу, а значит, и массу неизвестной жидкости (объем такой же, плотность жидкости известна). Одинаковые 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.

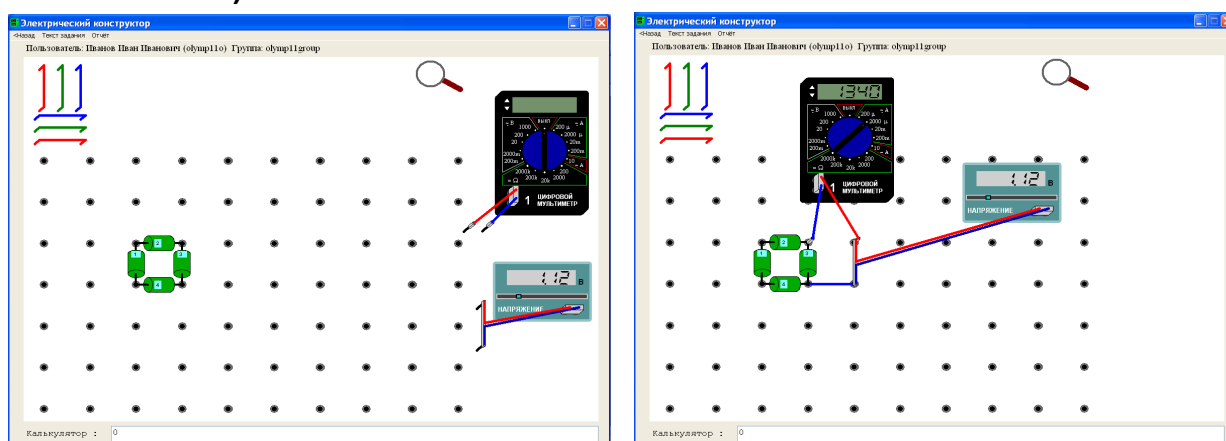


**Ответ:**

Масса воды	$195 \pm 0.5$	г
Начальная температура неизвестной жидкости	$19,95 \pm 0.25$	°C
Температура кипения неизвестной жидкости	$78,0 \pm 0.35$	°C
Теплоёмкость неизвестной жидкости	$1160 \pm 40$	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.

### 11 класс очный тур 2011 г.: Задание 7. Модель: Четыре резистора (20 баллов)



*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 точно-*

сти 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  $\mu$  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 перемычки - провода, имеющие практически нулевое сопротивление.

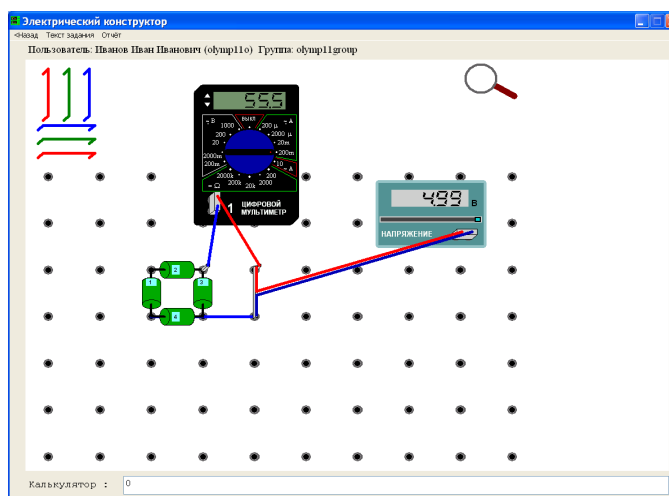
Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки. В данной работе измерение сопротивлений в мультиметре отключено. Внутреннее сопротивление мультиметра в режиме вольтметра очень велико, а в режиме амперметра очень мало.

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  $R'_3 = \frac{4,99B}{55,5mA} = 89,91 \text{ Ом}$

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.

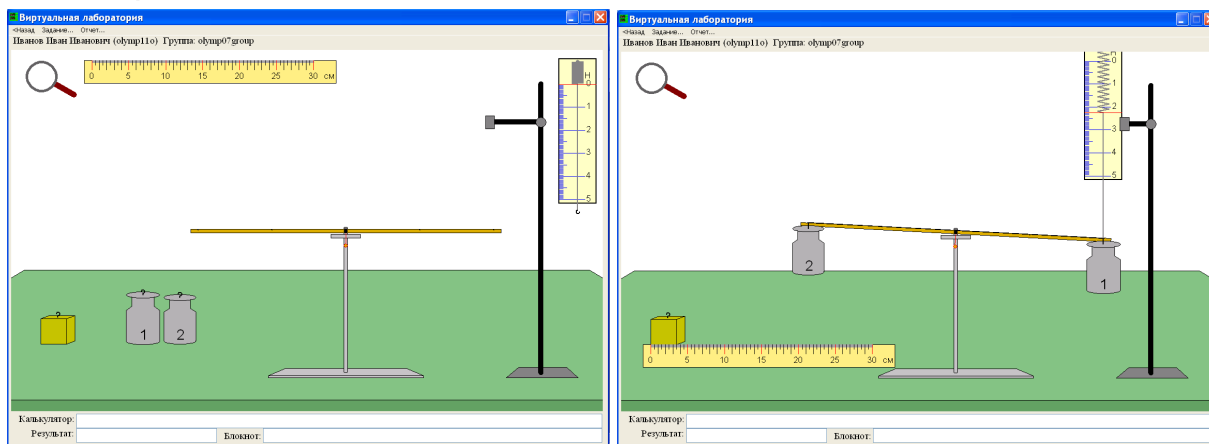
Следует отметить, что имеется еще несколько вариантов решения, различающихся по методам измерений, сложности вычислений и точности нахождения значений резисторов..

#### **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.

## 7 и 8 класс, очный тур 2011 г.: Задание №4. Модель: Рычаг и тела (20 баллов)



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

*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 непросто. 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 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 распо-

ложением 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 уравнился. 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.

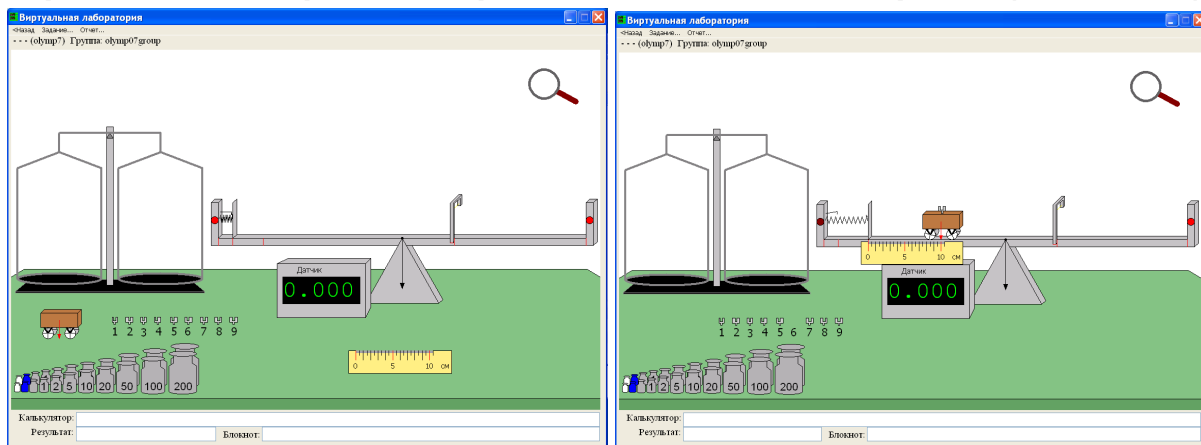
Наконец, возможно подвесить гири на произвольном расстоянии друг от друга (хотя желательно на равных) и, подцепив динамометром в произвольной точке, уравновесить рычаг. Измерение значения силы, показываемой на динамометре, а также необходимых расстояний позволяет рассчитать избыточный вес, а значит,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

## 7 и 8 класс, очный тур 2011 г.: Задание №5., 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.*

*В модели имелось ещё одна, очень сложная, часть задания, но с ней не справился ни один участник, поэтому в данном изложении она не учитывается в баллах за задание, и не описывается её решение.*

Заместитель председателя оргкомитета,  
председатель методической комиссии,  
доцент физического факультета СПбГУ

В.В.Монахов