

*Монахов Вадим Валериевич,  
Кожедуб Алексей Владимирович,  
Уткин Алексей Борисович*

## ОСОБЕННОСТИ ЗАДАНИЙ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОЛИМПИАДЕ

Олимпиаду организует *Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)* и *Санкт-Петербургский Национальный Исследовательский университет Информационных Технологий, Механики и Оптики (СПбНИУ ИТМО)*. Основной вклад в разработку методики и программного обеспечения олимпиады вносит физический факультет СПбГУ. Она была создана инициативной группой преподавателей и методистов из Санкт-Петербурга, имевших к 2005 году более чем десятилетний опыт создания электронных образовательных ресурсов по физике, в том числе – виртуальных интер-



*Основу олимпиады составляют задания виртуальных лабораторий, в которых с помощью компьютерных моделей имитируются физические системы и измерительные приборы...*

нет-лабораторий по физике. В настоящее время участники этой инициативной группы входят в Оргкомитет олимпиады и представляют методическую комиссию и жюри олимпиады.

Олимпиада предназначена для тех учащихся 7–11 классов, кому интересна физика и кто на достаточно высоком уровне знает математику и владеет компьютерными технологиями.

Олимпиада проводится в виде двух этапов, дистанционного и очного.

Дистанционный этап состоит из двух отборочных дистанционных туров, участие в которых свободное и может начинаться с любого тура. Участникам, пропустившим первый дистанционный тур, в дальнейшем разрешается его пройти – обеспечивается повторное проведение пропущенного тура. Задания туров соответствуют различным важнейшим темам школьного курса физики, изученным за все годы обучения, а не только в текущем классе.

На очный тур приглашаются участники, показавшие наилучшие результаты по сумме баллов дистанционных туров. Очный тур имеет такую же форму, как и дистанционные, с генерацией псевдослучайных условий заданий со стороны сервера, индивидуальных для каждого участника, и автоматической проверкой сервером правильности решений.

Основу олимпиады составляют задания *виртуальных лабораторий*, в которых с помощью компьютерных моделей имитируются физические системы и измерительные приборы [1, 2]. Организаторы олимпиады стараются максимально точно воспроизвести те особенности, которые присущи реальному физическому эксперименту. Участникам олимпиады выдаётся набор инструментов, с помощью которых он должен выполнить задания. Практически для всех заданий существует большое количество путей получения правильного решения. То, какие инструменты выбрать и какие действия предпринимать, должен самостоятельно решить участник олимпиады.

Как бывает и в науке (особенно в сложном эксперименте) и в жизни, не всегда удаётся сразу получить правильный результат. Участник олимпиады сразу после отсылки отчёта на сервер получает выдаваемую компьютером информацию о правильности или неправильности результатов и может переделать неправильно выполненные части задания. Правда, получает при этом штрафные баллы. Проверка умения исправлять ошибки по результатам своих действий - ещё один очень важный элемент, отличающий интернет-олимпиаду по физике от других олимпиад.

Помимо заданий на основе моделей, участникам предлагаются теоретические задачи с параметризованными заданиями и автоматической проверкой правильности решения.

На отборочных дистанционных турах также имеются тесты, которые вносят небольшой процент в число набранных баллов, служат для проверки базовых знаний и вносят дифференциацию в баллы тех «слабых» участников, которые неспособны справиться со сложными заданиями. Основное назначение тестов и относительно простых теоретических задач – не отпугнуть от физики «слабых» участников, а, напротив, максимально их заинтересовать в изучении физики. В заданиях очного тура тесты и простые теоретические задачи отсутствуют.

Интернет-олимпиада школьников по физике помогает найти учащимся со способно-

стями в области *экспериментальной деятельности*, умеющих применять на практике свои знания, чего не обеспечивает ни ЕГЭ, ни большинство других олимпиад. Массовое проведение реального эксперимента в таких масштабах (со свободным доступом всех участников к однотипному оборудованию) является крайне дорогостоящим и нереалистичным.

Олимпиада рассчитана как на *очень талантливых участников* (заключительный тур), так и на *обычных учащихся* (примерно треть заданий отборочных туров). Задания имеют разные уровни сложности, и практически каждый учащийся в отборочных турах может выполнить некоторые задания. Но имеются и очень сложные задания, с уровнем сложности всероссийской и международной олимпиад. С ними могут справиться считанные единицы участников из тысяч. Например, в 2012 году на очном туре олимпиады в 11 классе для 1466 участников было 8 заданий. Из них с наиболее сложным заданием (модель «Цилиндр на рельсе») полностью справился всего 1 человек, с заданием на основе модели «Колебания заряженных шариков в конденсаторе» полностью справились 5 человек, да и то не с первой попытки, с заданием на основе модели «Чёрный ящик – многополюсник» – 12 человек. А ведь на очный тур были приглашены лучшие из 7972 участников! Для выполнения таких заданий требуются не только знания и умения, но и большие творческие способности.

Конечно, задания такой высокой сложности не под силу выполнить большей час-



*Участник олимпиады сразу после отсылки отчёта на сервер получает выдаваемую компьютером информацию о правильности или неправильности результатов...*



*Но имеются и очень сложные задания...  
С ними могут справиться сбитанные единицы  
участников из тысяч.*

ти участников олимпиады, даже весьма талантливых. Наиболее сложные части заданий служат для отбора участников, достойных получить диплом 1 степени, остальные части заданий имеют меньшую сложность, и с ними оказывается способна в той или иной мере справиться примерно треть участников очного тура.

#### ПРОВЕДЕНИЕ ИНТЕРНЕТ-ОЛИМПИАДЫ ПО ФИЗИКЕ В 2005–2012 ГОДАХ

Год основания олимпиады – 2005.

Каждый год количество участников олимпиады увеличивается примерно в 2–3 раза.

- 2005 г. – 308 школьников из СПб
- 2006 г. – 424 школьника из СПб и Ленобласти
- 2007 г. – 2 209 школьников из СПб и Ленобласти
- 2007–2008 г. – 4 372 школьника из 9 субъектов РФ.
- 2008–2009 г. – 7 502 школьника из 63 субъектов РФ и 10 стран. Заключительный (очный) тур проходил только для 11 класса в трёх регионах – в Санкт-Петербурге, Москве и Тверской области. В нём приняло участие 788 школьников из 28 субъектов РФ. Олимпиада вошла в Перечень олимпиад школьников, получив уровень 3 (региональный).
- 2009–2010 г. – 19 016 школьников из 80 субъектов РФ (всего 83 субъекта) и 860 учащихся из 18 других стран. Заключитель-

ный (очный) тур проходил только для 11 класса – в 15 регионах на базе ведущих вузов во всех восьми федеральных округах России, а также в Казахстане на основе республиканского центра «Дарын» для работы с особо одаренными детьми. Получен уровень 2 (межрегиональный).

- 2010–2011 г. – 24 053 участника из всех 83 субъектов Российской Федерации, а также еще из 15 стран. Заключительный (очный) тур проходил в 15 регионах на базе ведущих вузов во всех восьми федеральных округах России, а также в Казахстане (на основе республиканского центра «Дарын» для работы с особо одаренными детьми). Очный тур, в отличие от предыдущих лет, проводился для всех классов с 7-го по 11-й – всего 1468 школьников из 61 субъекта РФ и 4 стран. Получен уровень 1 (всероссийский).

- 2011–2012 г. – 29 244 участника из 82 субъектов Российской Федерации, а также еще из 24 стран (2370 учащихся из следующих стран: Азербайджан, Армения, Беларусь, Великобритания, Грузия, Индия, Индонезия, Италия, Казахстан, Киргизия, Куба, Латвия, Мексика, Молдова и Приднестровская Молдавская Республика, Монголия, Сербия, США, Таджикистан, Тунис, Туркменистан, Турция, Узбекистан, Украина, Чешская Республика). В странах дальнего зарубежья в олимпиаде в основном принимают участие дети работников посольств и консульств России. Заключительный (очный) тур проходил в 19 регионах на базе ведущих вузов во всех федеральных округах России, а также в Казахстане (на основе республиканского центра «Дарын» для работы с особо одаренными детьми) – всего 2227 школьников из 69 субъекта РФ и 5 стран. Для 11-х классов конкурс на получение диплома призера составил 22 участника на диплом, на получение диплома 1 степени – 55 участников на диплом. Сохранен уровень 1 в Перечне.

#### РАЗБОР НАИБОЛЕЕ ПОКАЗАТЕЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ОЛИМПИАДЫ 2010–2011 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 имеется возможность проводить экспериментальный тур 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, соответствия ее 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 неизве-

стны, 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, дающей 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 отчёта – 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 одной из моделей Интернет-олимпиады 2011 года.

#### **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  $335 \text{ 000 Дж/кг}$ . Также имеются линейка, pipетка 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: уровень международной олимпиады.

### Решение

Массу воды, находящейся в первом стакане, можно измерить по изменению температуры воды при добавлении в нее кубиков льда. Начальное состояние системы показано на рис. 1. 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 (рис. 2). После плавления первого кубика

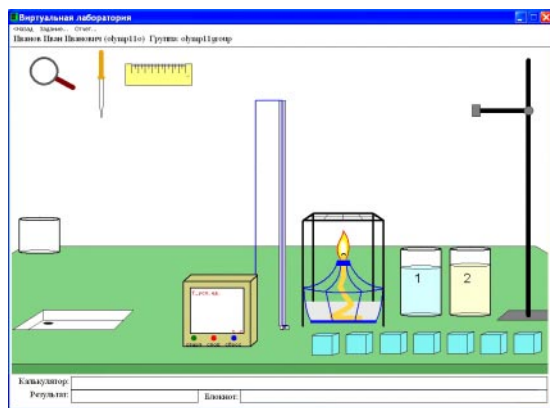


Рис. 1

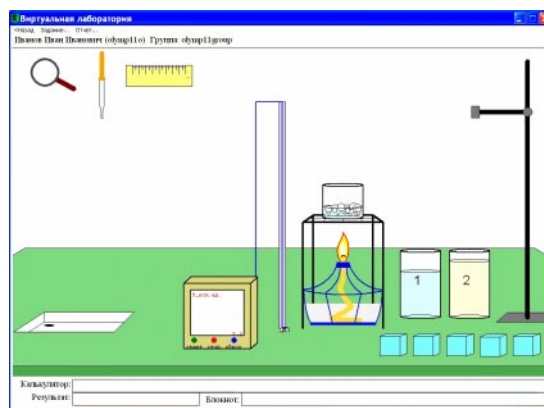


Рис. 2

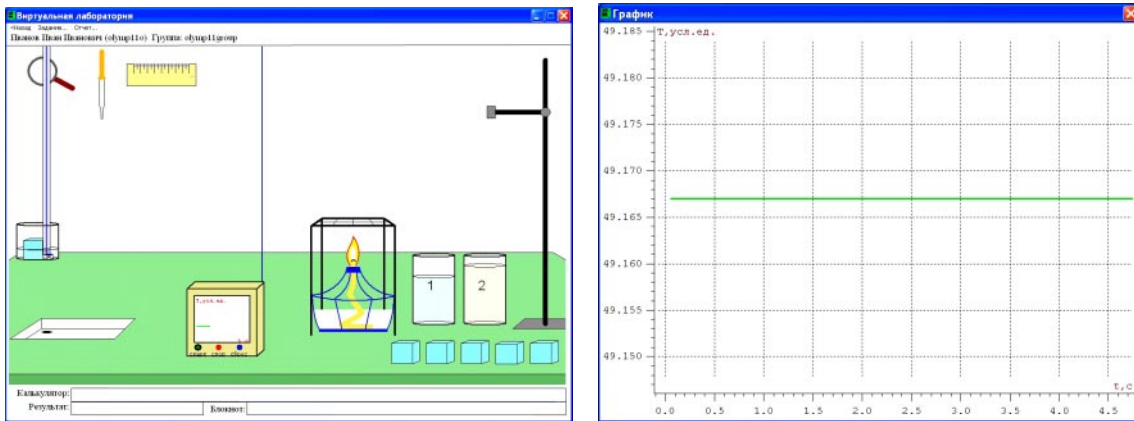


Рис. 3

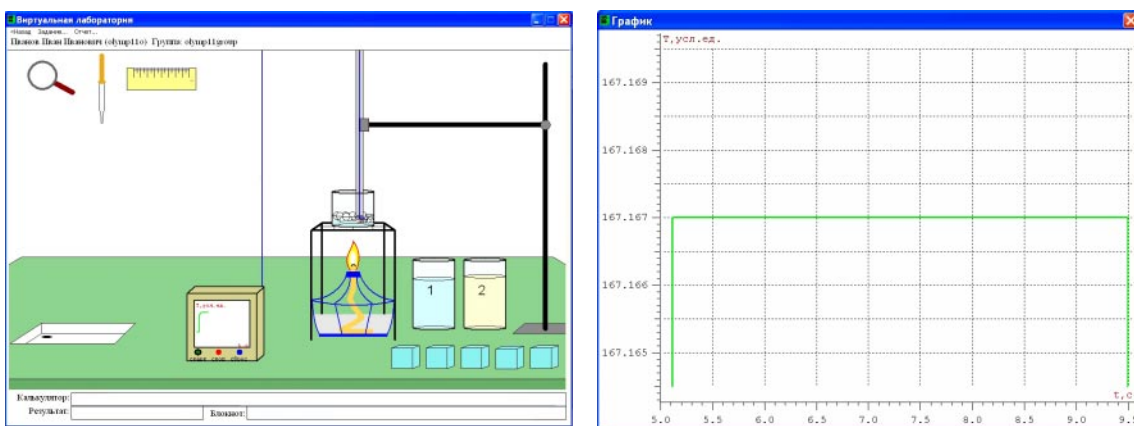


Рис. 4

бросаем в получившуюся воду второй и ждем установления равновесного состояния.

2. Запускаем прибор-термометр, останавливаем измерения и с помощью увеличительного стекла просматриваем получившийся график (рис. 3).

Выясняем, что температура  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ , соответствует  $\tilde{t}_1 = 49,167$  условных единиц.

3. Доводим воду до кипения (рис. 4), 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, то есть 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 (рис. 5)

Поэтому измерение температуры необходимо проводить сразу, после того как стакан снят со спиртовки. Отличие небольшое, менее чем на одну десятую градуса, и не сказыв-

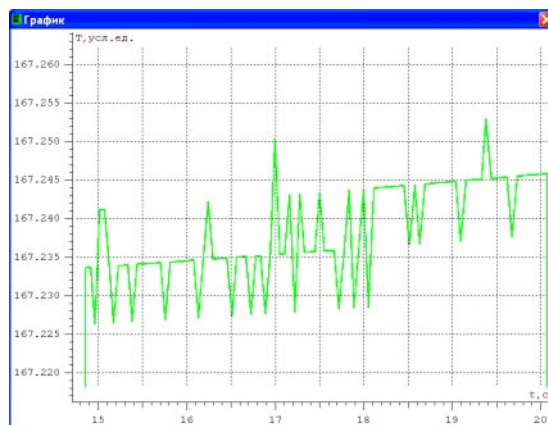


Рис. 5

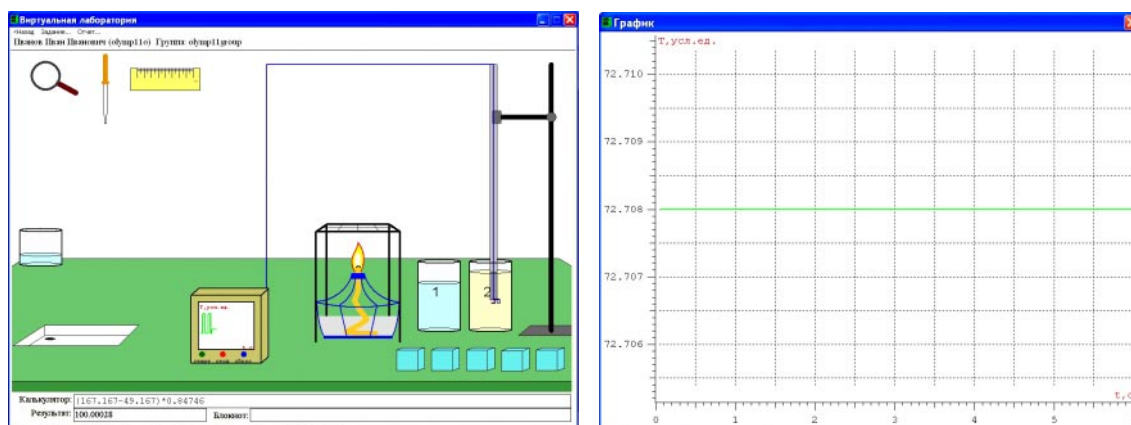


Рис. 6

вается на правильности ответа. Однако, если взять совсем мало воды или если вода почти вся выкипит, погрешность окажется настолько велика, что измерения 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 (рис. 6).

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

5. Находим температуру кипения неизвестной жидкости (рис. 7).

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

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.

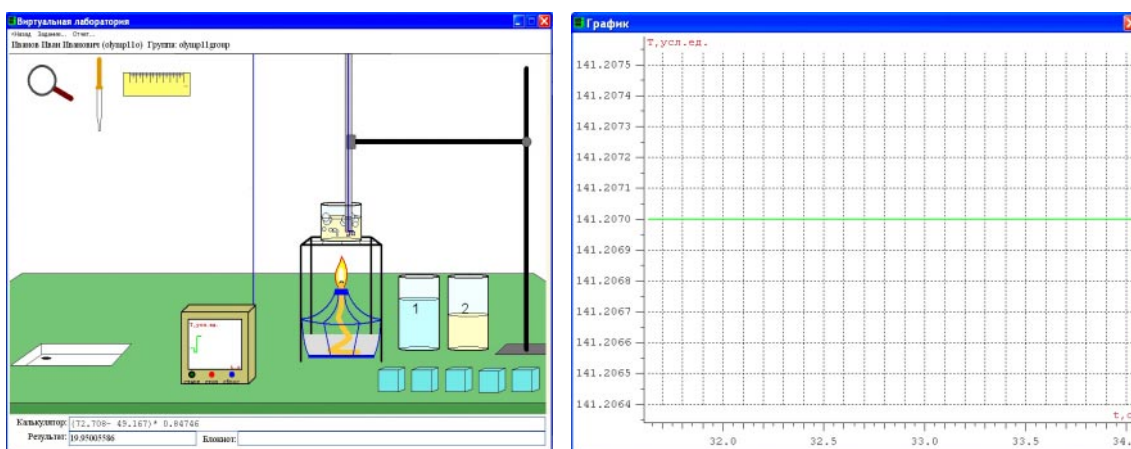


Рис. 7

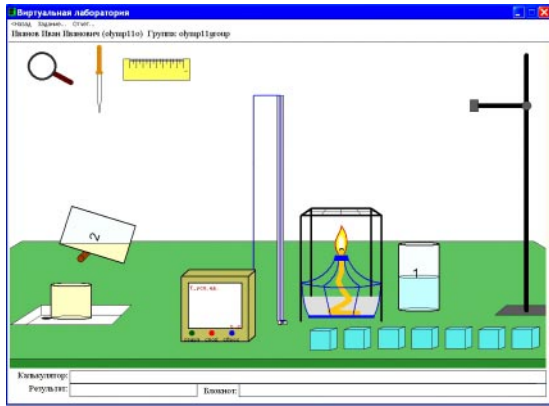


Рис. 8

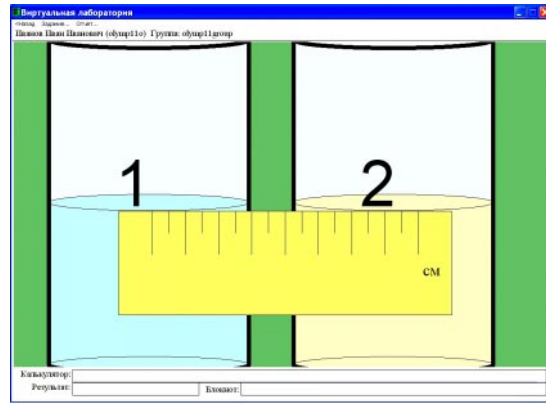


Рис. 9

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

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 °С.

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

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 (рис. 8).

При этом для проверки равенства уровней жидкостей в сосудах можно использовать линейку (рис. 9).

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 (рис. 10).

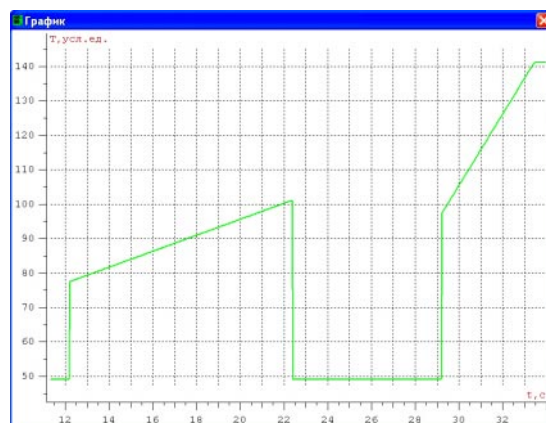


Рис. 10



**Ответ:**

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

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.

**Литература**

1. Монахов В.В., Стафеев С.К., Парфенов В.Г., Кожедуб А.В., Евстигнеев Л.А., Кавтрев А.Ф., Пономарев А.И. Проведение дистанционных экспериментальных туров олимпиад по физике с использованием программного комплекса BARSIC // Компьютерные инструменты в образовании, 2005, № 2. С. 5–15.
2. Монахов В.В., Ханнанов Н.К. Сравнение интернет-олимпиады по физике с другими формами интеллектуальных состязаний // Дистанционное и виртуальное обучение, 2011. № 4. С. 4–19.

*Монахов Вадим Валериевич,  
кандидат физико-математических  
наук, доцент кафедры  
вычислительной физики СПбГУ,  
Кожедуб Алексей Владимирович,  
кандидат физико-математических  
наук, старший преподаватель  
кафедра вычислительной физики  
СПбГУ,  
Уткин Алексей Борисович,  
кандидат физико-математических  
наук, доцент кафедры  
вычислительной физики СПбГУ.*

© Наши авторы, 2011.  
Our authors, 2011.