

Материалы интернет-олимпиады школьников по физике за 2008/2009 г.
(«Открытая интернет-олимпиада школьников по физике по Северо-Западному федеральному округу», №108 в Перечне олимпиад)

Оглавление

11 класс. Разбор заданий очного тура.....	3
Задание 1. Тест (8 вопросов, 15 баллов).....	3
Задание 2. Чему равна разность потенциалов? (3 балла).....	5
Задание 3. Какое количество теплоты нужно передать? (4 балла).....	6
Задание 4. Вычислите среднюю скорость движения человека (4 балла).....	7
Задание 5. Найдите плотности шариков (6 баллов).....	8
Задание 6. Модель: Найдите внутреннее сопротивление источника тока и сопротивления резисторов (36 баллов).....	8
Задание 7. Чему будет равно расстояние между частицами? (8 баллов).....	14
Задание 8. Модель: Гидравлический пресс (28 баллов).....	15
Задание 9. На каком расстоянии от заряда остановится тело? (8 баллов).....	18
Задание 10. До какой температуры надо нагреть газ в трубке? (16 баллов).....	19
7 класс.....	20
1. Тест 10 вопросов (18 баллов).....	20
2. Сколько воды перельется через край? (4 балла).....	21
3. Модель: Определите массу четырёх гирь (12 баллов).....	21
4. Модель: Определите параметры движения тележки (15 баллов).....	22
5. модель: Рычаг (18 баллов).....	22
6. Найдите плотности шариков (12 баллов).....	23
8 класс.....	24
1. Тест 10 вопросов (18 баллов).....	24
2. Какое количество теплоты нужно передать? (4 балла).....	24
3. Модель: Измерьте температуры и теплоёмкости двух жидкостей (30 баллов).....	24
4. модель: Сопротивления резисторов (22 балла).....	25
5. Модель: Архимедова сила (30 баллов).....	26
6. За сколько часов катер пройдет расстояние (6 баллов).....	27
7. На какое расстояние необходимо сдвинуть шарик? (9 баллов).....	28
9 класс.....	28
1. Тест 12 вопросов (21 балл).....	28
2. Определите длину поезда (4 балла).....	29
3. Модель: Движение частицы в электрическом поле (15 баллов).....	29
4. Модель: Рычаг (21 балл).....	30
5. Модель: Гидравлический пресс (28 баллов).....	30
6. Чему будет равно расстояние между частицами? (8 баллов).....	32
7. Определите отношение масс гирь (10 баллов).....	32
10 класс.....	33
1. Тест 12 вопросов (18 баллов).....	33
2. Найдите скорость тела в верхней точке траектории (3 балла).....	33
3. Модель: Частично упругое столкновение тележек (15 баллов).....	33
4. Модель: Гидравлический пресс (28 баллов).....	34
5. Модель: Движение частицы в электрическом поле (15 баллов).....	35

6. Какой заряд надо поместить посередине? (4 балла).....	36
7. Найти показания весов (5 баллов).....	37
8. На каком расстоянии от заряда остановится тело?(8 баллов).....	37

11 класс. Разбор заданий очного тура

Задание 1. Тест (8 вопросов, 15 баллов)

Сложность задания: несколько ниже средней (задание средней сложности для рассматриваемого набора участников имеет симметричное относительно среднего балла распределение, сложное – имеет сдвиг в сторону низких баллов, простое – имеет сдвиг в сторону максимального балла)

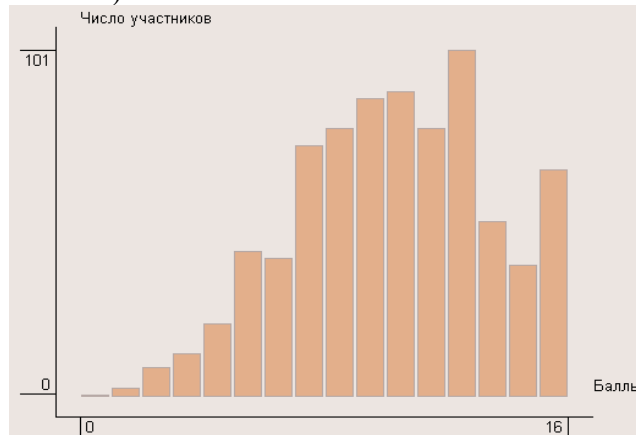
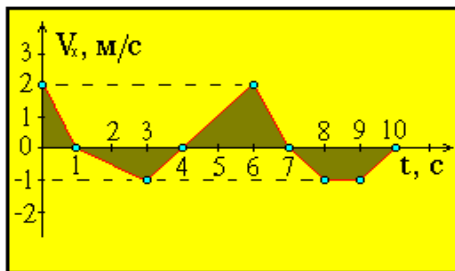


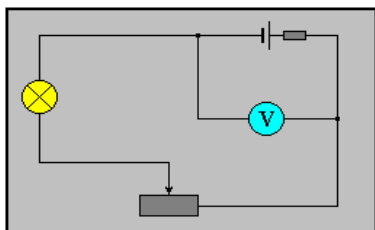
Рис.1 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов
Примеры заданий (8 вопросов, псевдослучайным образом выбираемых из банка, состоявшего из 56 вопросов):



На рисунке представлен график зависимости скорости V_x тела, движущегося вдоль оси X , от времени t . Какой путь прошло тело за время от $t = 0$ до $t = 3$ с?

Варианты ответов:

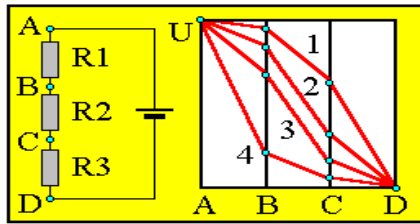
- 0 м
- 1 м
- 2 м
- 3 м
- 4 м



Ползунок реостата, включенного в цепь, переместили влево. Как изменились при этом накал лампы и показания вольтметра?

Варианты ответов:

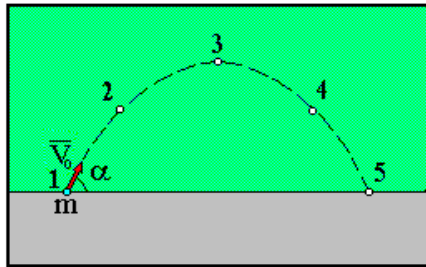
- Накал лампы уменьшился, показания вольтметра не изменились.
- Накал лампы увеличился, показания вольтметра уменьшились.
- Накал лампы и показания вольтметра увеличились.
- Накал лампы и показания вольтметра уменьшились.
- Накал лампы уменьшился, показания вольтметра увеличились.



Выберите график, соответствующий изменению потенциала в точках A, B, C и D, разделенных резисторами $R_1 = 12 \text{ Ом}$, $R_2 = 6 \text{ Ом}$ и $R_3 = 7 \text{ Ом}$.

Варианты ответов:

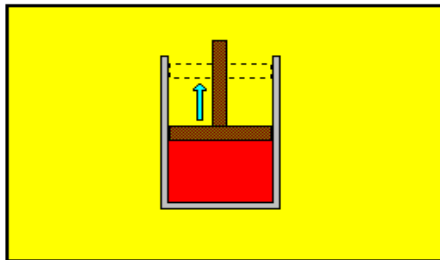
- 1
- 2
- 3
- 4
- Правильного варианта нет.



На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. В какой точке траектории кинетическая энергия имела минимальное значение? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Варианты ответов:

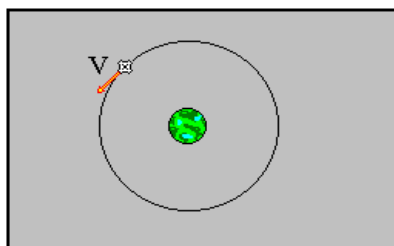
- 1
- 2
- 3
- 4
- Во всех точках одинакова.



Клапаны двигателя внутреннего сгорания закрыты. Сжатая горючая смесь воспламеняется от электрической искры и быстро сгорает. Какому такту это соответствует?

Варианты ответов:

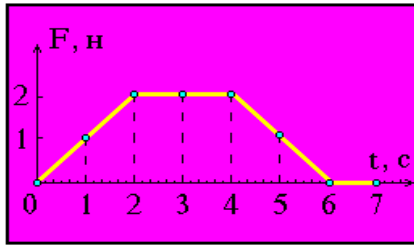
- Выпуску.
- Рабочему ходу.
- Впуску.
- Сжатию.
- Среди ответов 1-4 нет правильного.



Как изменится кинетическая E_k и потенциальная E_p энергии искусственного спутника Земли, вращающегося по круговой орбите, при уменьшении радиуса орбиты? Влиянием атмосферы пренебречь.

Варианты ответов:

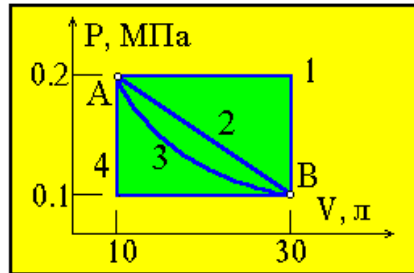
- E_k и E_p уменьшаются.
- E_k и E_p увеличиваются.
- E_k увеличивается, E_p уменьшается.
- E_k уменьшается, E_p увеличивается.
- E_k и E_p остаются без изменения.



Тело начинает двигаться из состояния покоя. На рисунке представлен график зависимости от времени модуля F равнодействующей всех сил. Направление равнодействующей не изменяется со временем. Каким было движение тела в промежутке от $t = 4$ с до $t = 6$ с ?

Варианты ответов:

- Равномерным.
- Равноускоренным.
- Тело покоилось.
- Скорость тела возрастала.
- Скорость тела убывала.



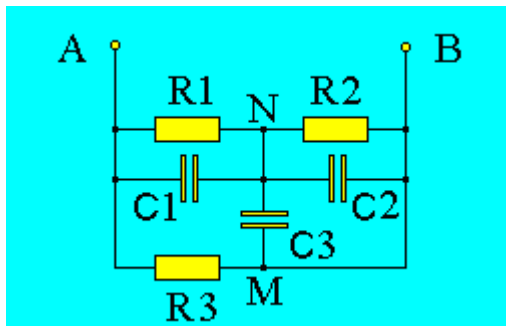
Переход газа из состояния А в состояние В совершается различными способами: 1, 2, 3, 4. В каком случае работа газа будет максимальна?

Варианты ответов:

- 1
- 2
- 3
- 4
- При всех способах работа одинакова.

Тесты присутствовали в олимпиаде исключительно в качестве дополнительного средства мониторинга добросовестности проведения олимпиады и оценки уровня базовых знаний участников, оценка за них составила менее 12% от общего числа баллов.

Задание 2. Чему равна разность потенциалов? (3 балла)



В схеме на рисунке сопротивления резисторов равны: $R_1 = 18 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$. Значения емкостей равны: $C_1 = 10 \text{ мкФ}$, $C_2 = 13 \text{ мкФ}$, $C_3 = 10 \text{ мкФ}$. Разность потенциалов $\Phi_A - \Phi_B = 140 \text{ В}$. Найдите разность потенциалов $\Phi_N - \Phi_M$ между точками N и M для устоявшегося состояния системы. В промежуточных вычислениях оставляйте не менее трёх значащих цифр, ответ вводите с точностью до десятых.

Введите ответ:

$$\Phi_N - \Phi_M = \text{___} \text{ В}$$

Замечание: во всех теоретических задачах для каждого участника генерировался свой набор численных значений.

Сложность задания: умеренно высокая.

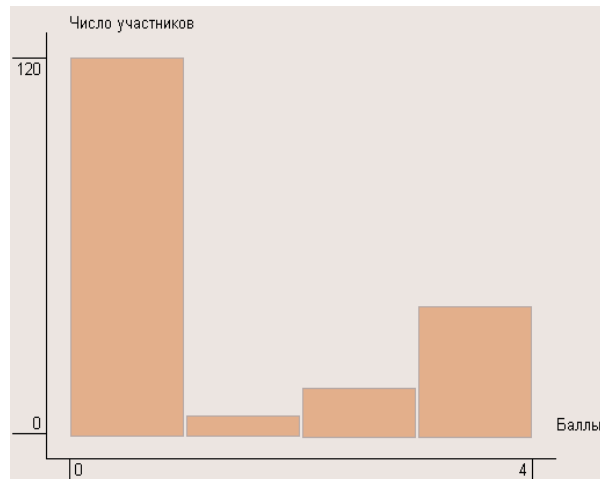


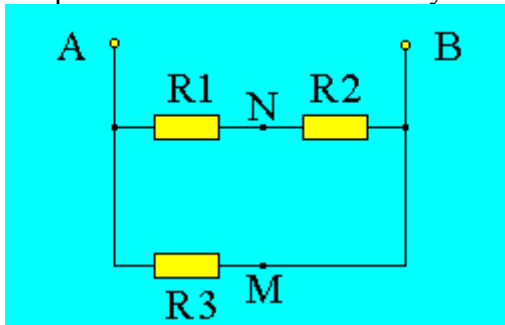
Рис.2 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Данная задача неожиданно для жюри оказалась слишком сложной для многих участников, хотя может быть решена в уме за несколько секунд. Подавляющее большинство участников даже не приступило к её решению, пропустив её и занявшись следующей задачей.

Из 788 участников стала решать задачу только половина. Из них не решили эту задачу две трети из тех, кто брался.

Решение:

Задача требует навыков физического мышления. Поскольку задана постоянная разность потенциалов, и режим установившийся, конденсаторы никак не влияют на распределение напряжения в системе. Поэтому их можно убрать:



Замечаем, что точка М имеет такой же потенциал, как точка В. Следовательно, нам необходимо найти разность потенциалов между точками N и В – то есть падение напряжения на резисторе R2. Оно равно $I \cdot R_2$, где I – ток, протекающий через резисторы R1 и R2. Но $I = (\Phi_A - \Phi_B) / (R_1 + R_2)$, поэтому $\Phi_N - \Phi_M = (\Phi_A - \Phi_B) \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$

Задание 3. Какое количество теплоты нужно передать? (4 балла)

В стальную кастрюлю массой $m_1=1.6$ кг налита вода массой $m_2=1.4$ кг. Какое количество теплоты нужно передать кастрюле с водой для изменения их температуры от $t_1=20^\circ\text{C}$ до $t_2=90^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость стали $C_1=0.5$ кДж/кг \cdot $^\circ\text{C}$, воды $C_2=4.2$ кДж/кг \cdot $^\circ\text{C}$. Ответ выразите в килоджоулях с точностью до целых.

Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Введите ответ:

Количество теплоты $Q = \text{___}$ кДж

Сложность задания: очень низкая, с задачей справилось подавляющее большинство участников.

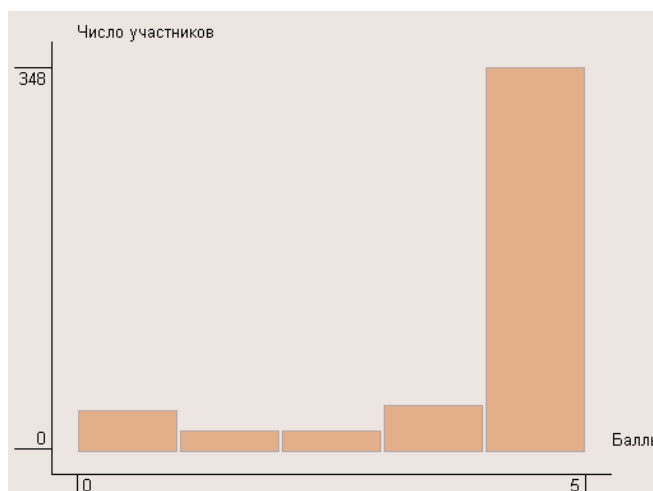


Рис.3 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Решение:

Количество переданного тепла $Q = C1*m1*(t2-t1) + C2*m2*(t2-t1)$

Задание 4. Вычислите среднюю скорость движения человека (4 балла)

Вычислите среднюю скорость v движения человека, если первую треть пути он шел со скоростью $v1=1.1$ м/с, а оставшуюся часть пути со скоростью $v2=0.6$ м/с. Ответ вводите с точностью до сотых.

Введите ответ:

Средняя скорость движения человека = ___ м/с

Сложность задания: низкая, с задачей справилось большинство участников.

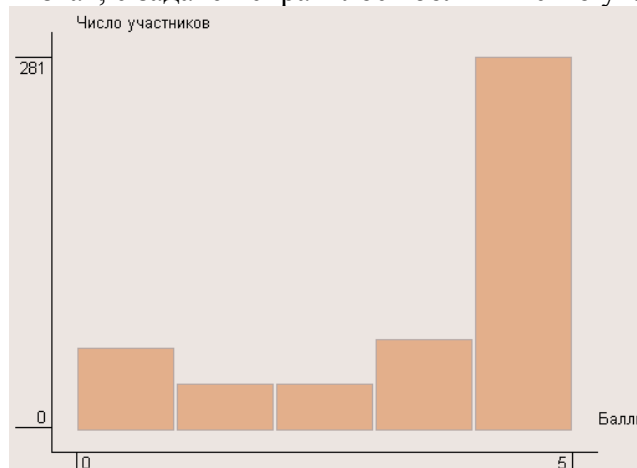


Рис.4 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Решение:

Обозначим весь путь как s . Тогда первая треть пути $s1 = s/3$, вторая часть пути $s2 = 2/3*s$
Время, затраченное на части пути: $t1 = s1/v1$, $t2 = s2/v2$. Полное время $t = t1+t2$,
 $v = s/t = s/(t1+t2) = s/(s1/v1+s2/v2) = s/(s/3/v1 + s*2/3/v2) = 1/(1/(3*v1) + 2/(3*v2))$

$$v = 3 \cdot v_1 \cdot v_2 / (2 \cdot v_1 + v_2)$$

Задание 5. Найдите плотности шариков (6 баллов)

Два шарика объемом 9 см^3 каждый связаны нитью и плавают в жидкости так, что один из шариков полностью погружен в неё, а верхний погружен наполовину. Нить вертикальна. Масса нижнего шарика m_2 в 2.5 раза больше, чем масса m_1 верхнего. Плотность жидкости $\rho = 1.3 \text{ г/см}^3$. Найдите плотности шариков ρ_1 и ρ_2 .

Ответ вводить с точностью до сотых. Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Введите ответ:

Плотность верхнего шарика $\rho_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ г/см³

Плотность нижнего шарика $\rho_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ г/см³

Сложность задания: чуть ниже средней сложности, с ней справилось большое количество участников.

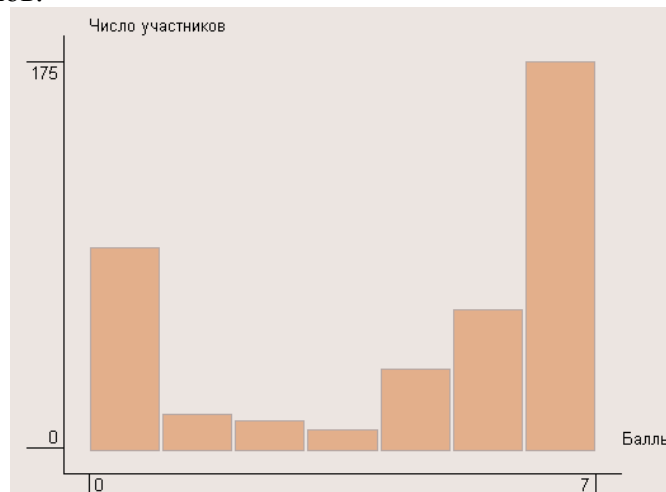


Рис. 5 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Решение:

Обозначим $\frac{m_2}{m_1} = k$.

Архимедова сила равна $1.5 \rho gV$. Система находится в равновесии, т.е. суммарная сила, действующая на шарики, равна нулю:

$$1.5 \rho gV - (k+1) m_1 g = 0,$$

отсюда: $\rho_1 = \frac{1.5 \rho V}{k+1}$, $\rho_2 = k \rho_1$

Задание 6. Модель: Найдите внутреннее сопротивление источника тока и сопротивления резисторов (36 баллов)

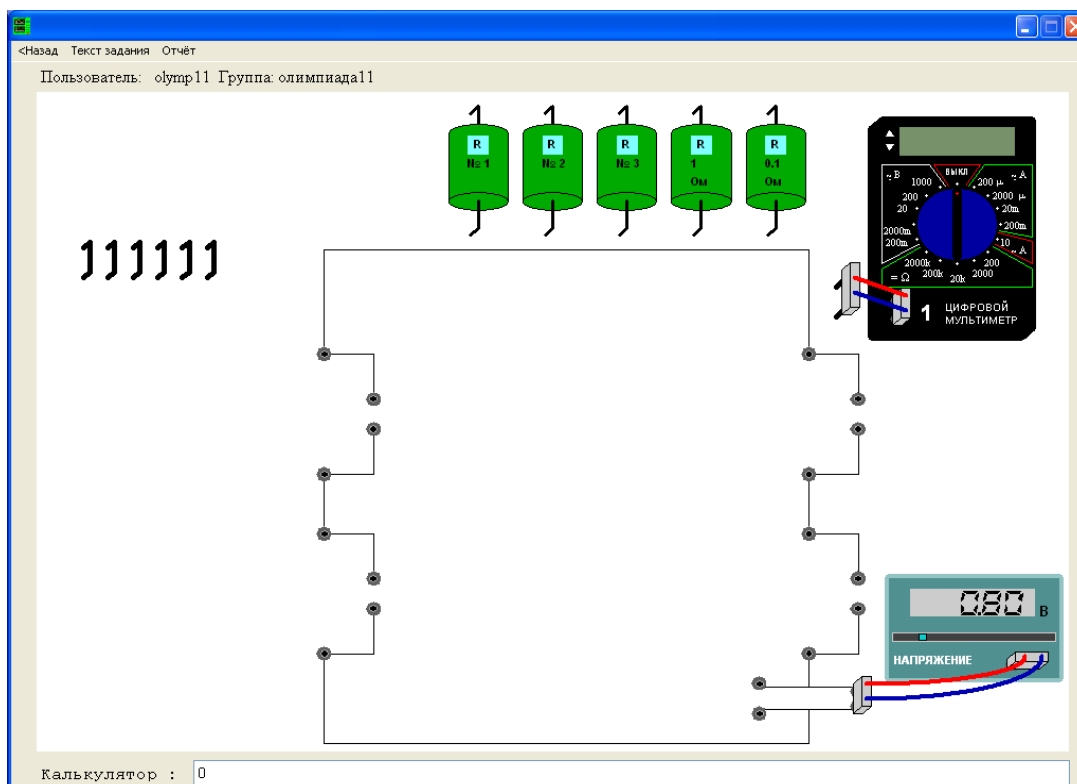


Рис.6.1 Начальное состояние системы – “холостой ход”

Найдите, чему равно внутреннее сопротивление источника тока и неизвестные сопротивления резисторов. Соберите для этого необходимую электрическую схему и проведите измерения.

Измерение тока работает только на диапазоне 200 микроампер и 10 ампер, измерение напряжения - на всех диапазонах. Внутреннее сопротивление мультиметра в режиме измерения тока пренебрежимо мало, а в режиме вольтметра очень велико.

Занесите результаты в отчёт и отошлите его на сервер. В отчёте сопротивления указывать с точностью до десятых долей процента. В промежуточных вычислениях округлений не делать.

Размер мультиметра можно увеличивать или уменьшать с помощью стрелок в его левом верхнем углу. Элементы можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели. К малым клеммам можно подсоединять мультиметр - измерительный прибор, позволяющий измерять токи и напряжения. К малым клеммам можно подсоединять перемычки - провода, имеющие практически нулевое сопротивление.

Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки. Напряжение источника постоянного тока регулируется перемещением его движка.

Сложность задания: очень высокая, с ним справилось в полном объёме с первой попытки 5 участников из 788, т.е. 0.6% участников очного тура, а в конечном итоге 16 участников, т.е. 2% участников. При этом характерное время выполнения задания от 30 минут до полутора часов.

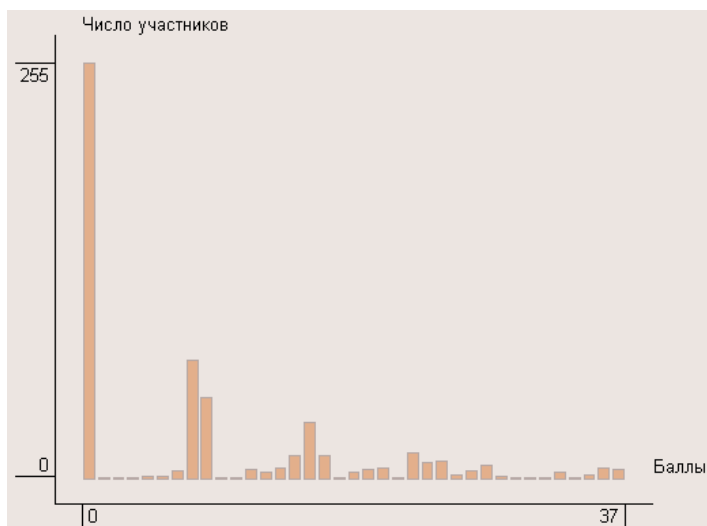


Рис.6 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Решение:

Для данного задания существует большое количество путей нахождения правильного решения – это принципиальная особенность предлагаемых моделей виртуальных лабораторий. Рассмотрим некоторые из вариантов.

Часть 1. Найти внутреннее сопротивление r источника напряжения.

- получить правильный ответ можно по напряжению холостого хода (в данном случае $V_0=0.8$ В – рис.6.1) и току короткого замыкания ($I_1=6.65$ А - рис.6.2): $r=V_0/I_1=0.80/6.65$ Ом = 0.12 Ом.

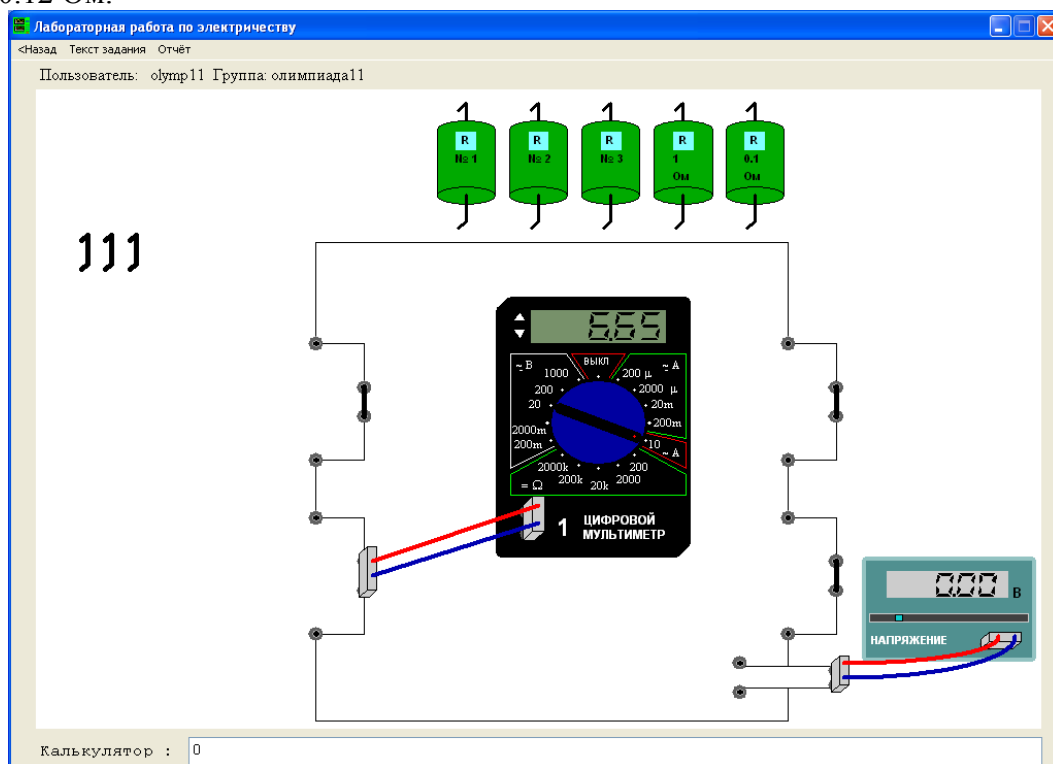


Рис.6.2 Измерение тока короткого замыкания

Часть 2. Найти сопротивление R_1 первого резистора.

- собираем соответствующую электрическую цепь, а мультиметр переключаем в режим микроамперметра (диапазон 200 мка) – рис. 6.3. Получаем $R_1 = 0.80/22.8E-6$ Ом = 35087.7

Ом. Допустим, мы ошиблись, и разделили не на $22.8 \cdot 10^{-6}$ А, а на $22.8 \cdot 10^{-3}$ А, из-за чего ввели 35.09 Ом, значения R2 и R3 не ввели и отослали результаты на сервер – рис. 6.4. В результате мы получим форму с информацией о проверке отосланных результатов – рис. 6.5.

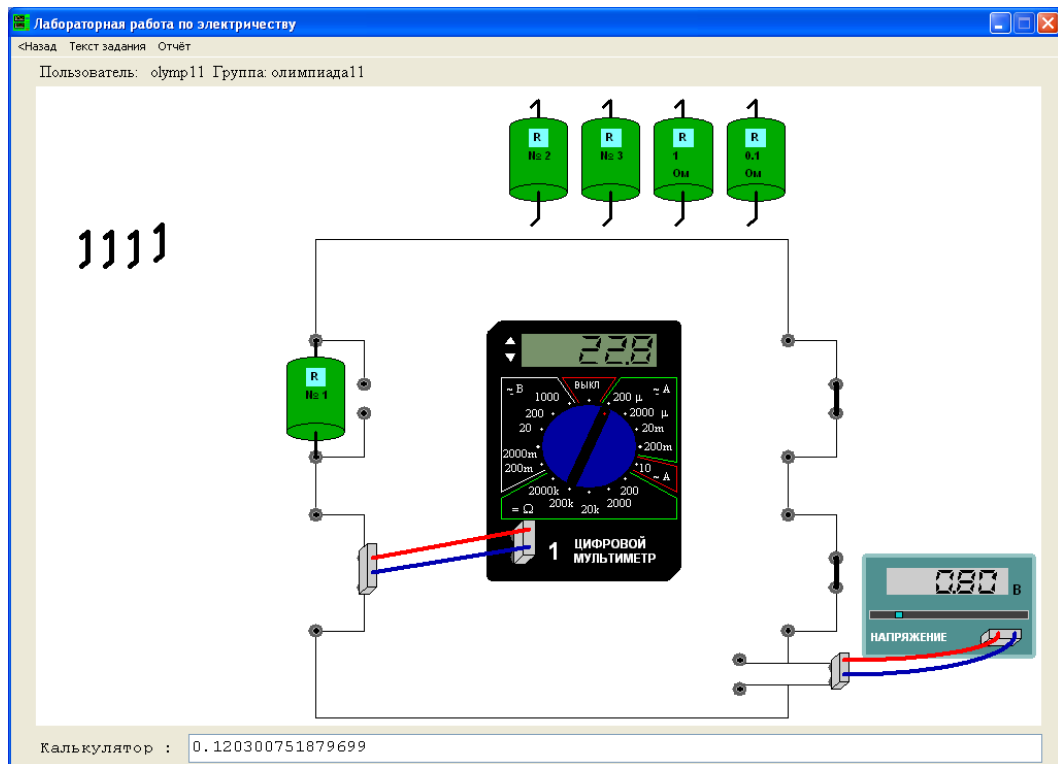


Рис.6.3 Измерение сопротивления R1

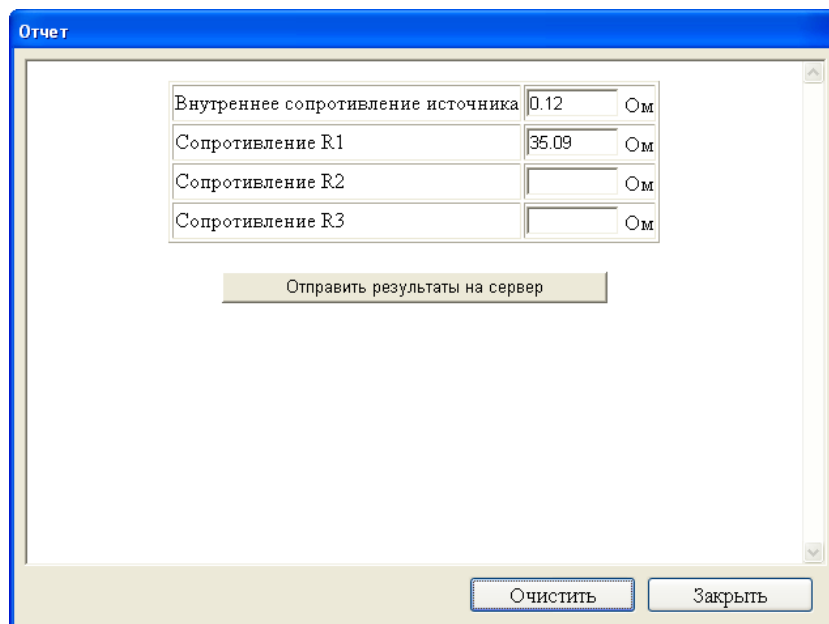


Рис.6.4 Отсылка отчёта с результатами

Название	Ответ	Результат	Баллы
Внутреннее сопротивление источника (Ом)	0.12	Правильно	8
Сопротивление R1 (Ом)	35.09	Неправильно	0
Сопротивление R2 (Ом)	0	Неправильно	0
Сопротивление R3 (Ом)	0	Неправильно	0
За текущую попытку :			8
Штрафных баллов :			10
Итого за задание :			5.78 (из 36)

Очистить Закрыть

Рис.6.5 Отчёт по отосланным результатам

После ввода в качестве ответа 35088 мы получаем сообщение, что R1 измерено правильно. Правильный ответ 35000 ± 350 Ом, допустимая погрешность выбрана достаточно большой для того, чтобы данную часть задания было проще выполнить. — чтобы проверялось базовое умение находить сопротивление элемента на основе измерения напряжения и тока с помощью цифровых приборов.

Часть 3. Найти сопротивление R2 второго резистора.

Попытка измерения R2 таким же способом, как и R1 обречена на неудачу — микроамперметр зашкаливает (рис.6.6). При этом на вольтметре источника тока напряжение заметно уменьшилось, и можно попытаться измерить R2 на основе этого и уже известного нам внутреннего сопротивления источника.

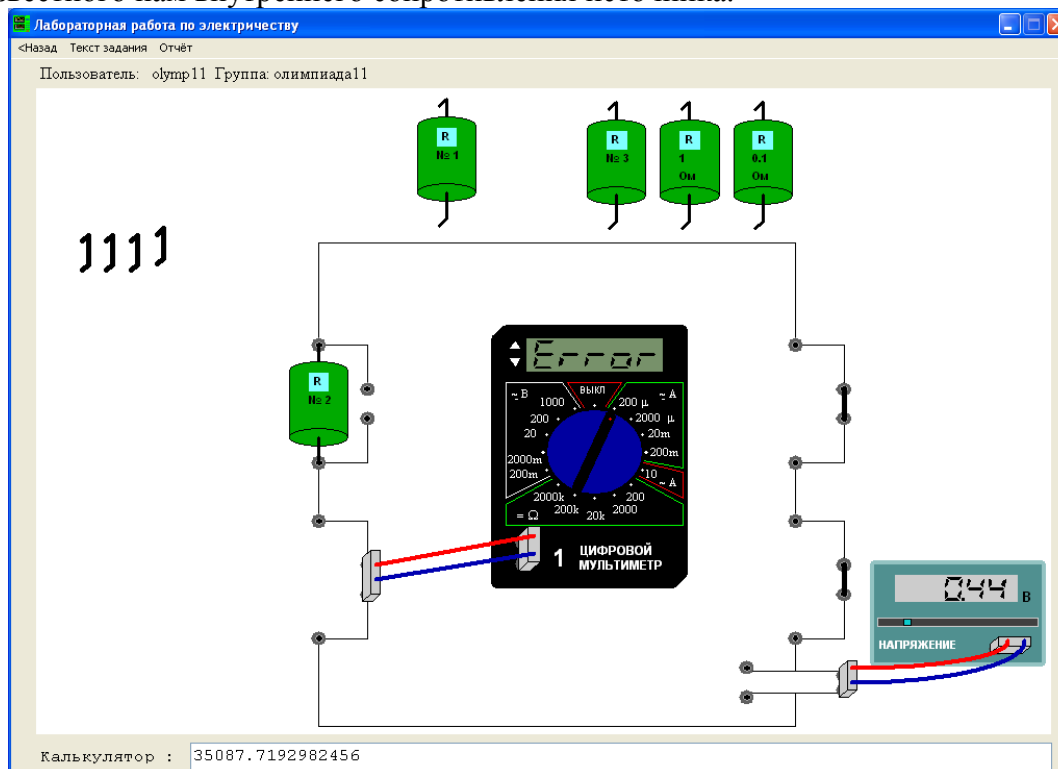


Рис.6.6 Неудачная попытка измерения сопротивления R2

$I_2 = V_0 / (r + R_2)$, т.е. $R_2 = V_0 / I_2 - r$. Падение напряжения на внутреннем сопротивлении источника $V_r = I_2 * r = 0.8 \text{ В} - 0.44 \text{ В} = 0.36 \text{ В}$. Следовательно, $I_2 = V_r / r = 0.36 \text{ В} / 0.12 \text{ Ом} = 3.0 \text{ А}$, поэтому $R_2 = (0.8 / 3.0 - 0.12) \text{ Ом} = 0.14667 \text{ Ом}$.

Несмотря на кажущуюся правильность решения значение R_2 не будет засчитано. Это связано с недостаточной точностью измерений.

Другой вариант, приводящий к правильному ответу: можно непосредственно измерить ток I_2 на диапазоне 10 А – мы получим $I_2 = 2.96 \text{ А}$, $R_2 = (0.8 / 2.96 - 0.12) \text{ Ом} = 0.15027 \text{ Ом}$.

Другой вариант, приводящий к правильному ответу: можно поставить сопротивление $r_{01} = 0.1 \text{ Ом}$ последовательно с резистором R_2 и измерить падения напряжения на R_2 и на сопротивлении r_{01} . И по измеренным напряжениям V_2 и V_{01} найти $R_2 = V_2 / V_{01} * r_{01}$.

Часть 4. Найти сопротивление R_3 третьего резистора.

Попытка непосредственного измерения тока через резистор на диапазоне 200 мкА даёт зашкал, а на диапазоне 10 А ток оказывается на уровне 0.01 А (рис. 6.7).

Поэтому правильное решение в данной части задания – измерить падение напряжения на резисторе 1 Ом. При этом требуется отрегулировать напряжение источника тока так, чтобы напряжение на резисторе 1 Ом было близко к максимальному, показываемому милливольтметром на диапазоне 200 мВ (рис. 6.8) – это обеспечит максимальную точность измерений.

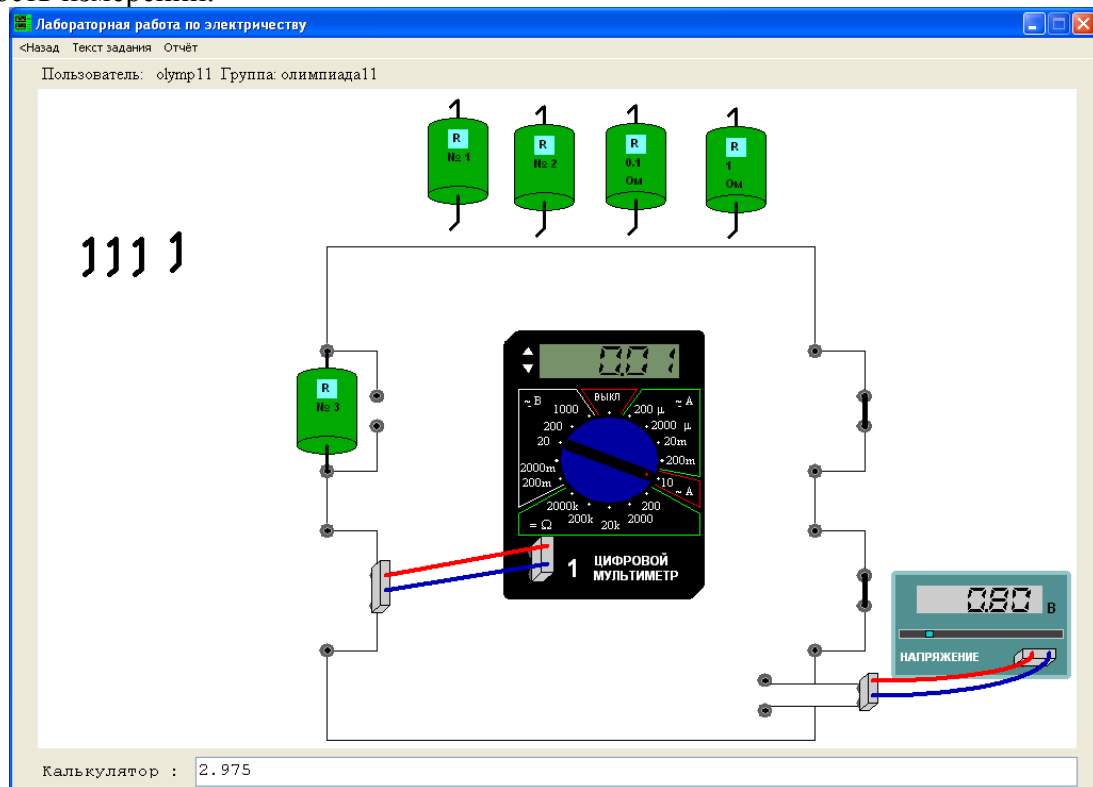


Рис. 6.7 Неудачная попытка измерения сопротивления R_3

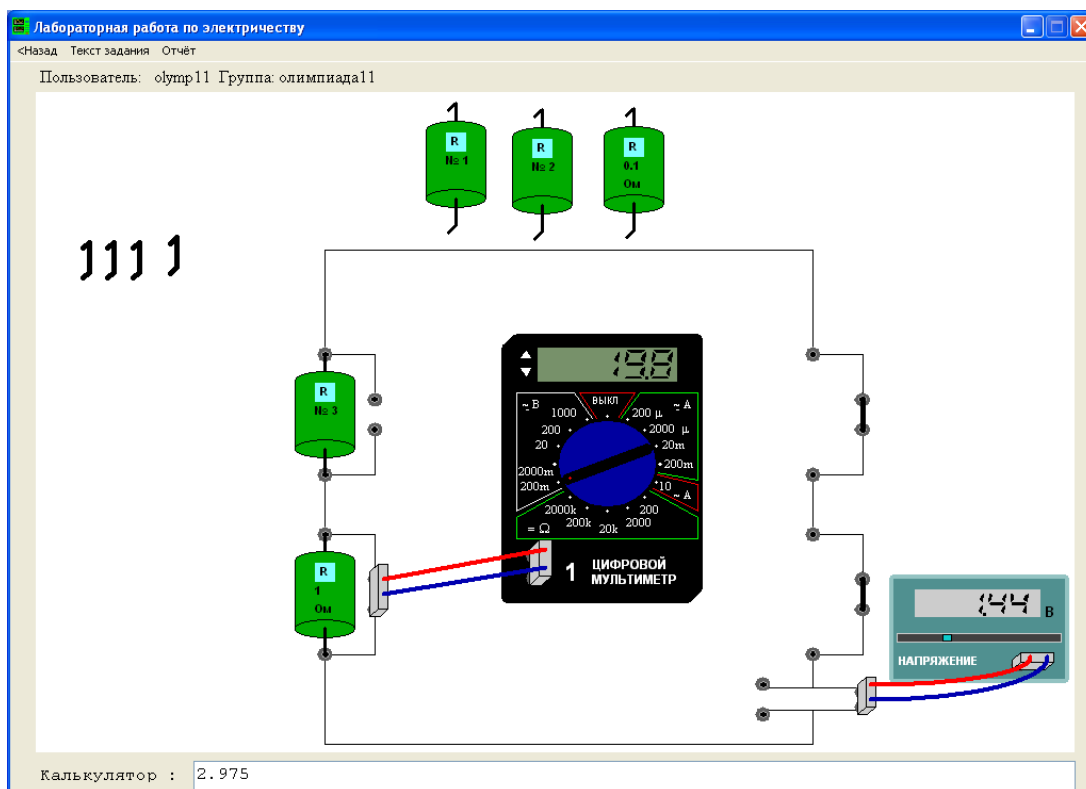


Рис.6.8 Измерение сопротивления R_3

Задание 7. Чему будет равно расстояние между частицами? (8 баллов)

Из одной точки вылетают одновременно две частицы с горизонтальными противоположно направленными скоростями 20 м/с и 45 м/с. Чему будет равно расстояние между частицами в тот момент когда угол между направлениями скоростей этих частиц будет равен 90° ? Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Ускорение свободного падения считать равным 9.8 м/с^2 .

Ответ вводить с точностью до десятых.

Введите ответ:

Расстояние между частицами $L = \underline{\hspace{2cm}}$ м

Сложность задания: умеренно высокая. С ним справился в полном объеме с первой попытки 51 участник, а в конечном итоге 76 участников из 210 участников, пытавшихся решить задачу.

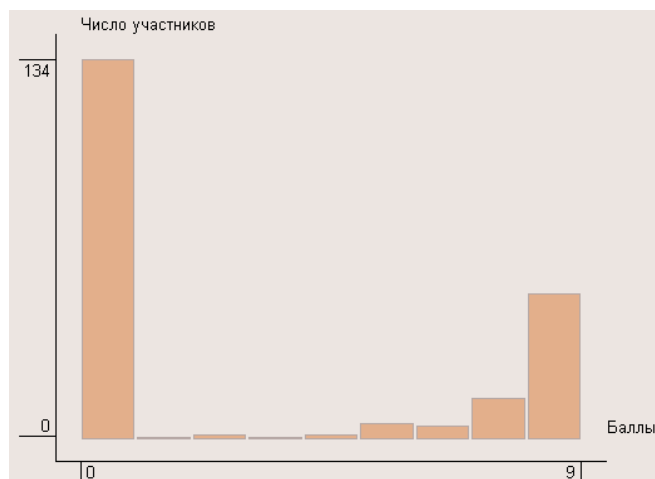


Рис.7 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Решение:

Когда угол между скоростями равен 90° скалярное произведение скоростей обращается в ноль, поэтому $v_{1x}v_{2x} + v_{1y}v_{2y} = 0$. Следовательно, $-v_1v_2 + g^2t^2 = 0$, отсюда $t = \frac{\sqrt{v_1v_2}}{g}$.

Таким образом, $L = \frac{\sqrt{v_1v_2}}{g} (v_1 + v_2)$

Аналогичные результаты можно получить, рассматривая проекции скоростей и находя соотношения между ними на основе подобия треугольников со взаимно перпендикулярными сторонами.

Задание 8. Модель: Гидравлический пресс (28 баллов)

В сообщающихся сосудах находится вода (плотность 1 г/см^3). Сверху положены невесомые диски, на которые можно ставить тела.

Определите объём кубов, площади поперечного сечения левого и правого сосудов, а также массы первого и второго куба. Объёмы и площади определите с точностью до единиц, а массы – до десятков. Массы гирь указаны в граммах. 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 назначается по одному штрафному баллу. Линейку можно перемещать, в том числе при использовании увеличительного стекла. Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе нужный участок экрана. Щелчок мышью в любом месте экрана (кроме линейки) возвращает первоначальный масштаб.

Сложность задания: очень высокая, с ним справилось в полном объёме с первой попытки 11 участников из 788, т.е. 1.4% участников очного тура, а в конечном итоге 25 участников, т.е. 3% участников. При этом характерное время выполнения задания от 30 минут до полутора часов.

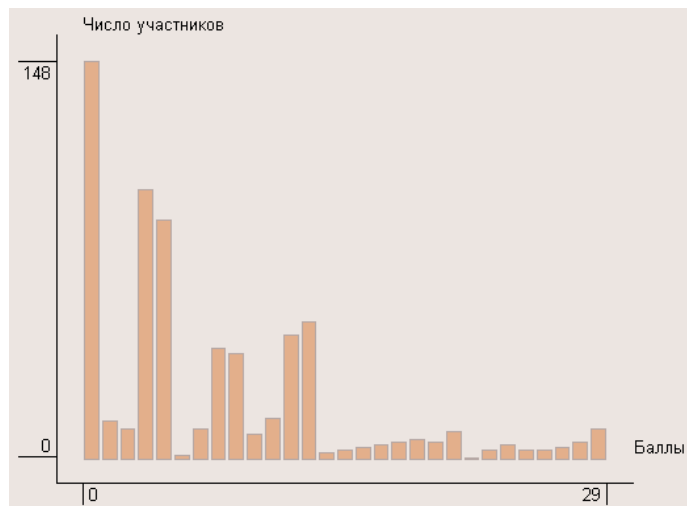


Рис.8 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

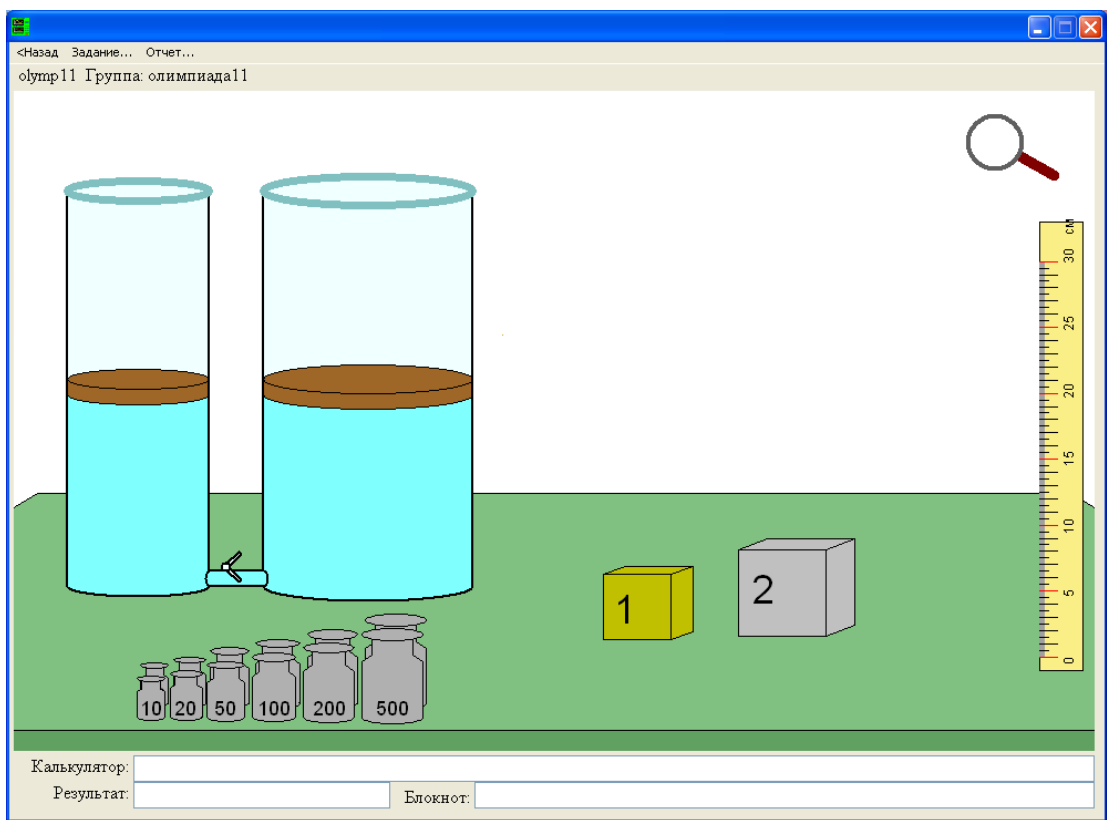


Рис.8.1 Начальное состояние системы

Решение:

Часть 1. Объём куба1

Длина ребра куба находится с помощью линейки и увеличительного стекла (рис.8.2).
 Объём куба находится как длина ребра, возведённая в куб.

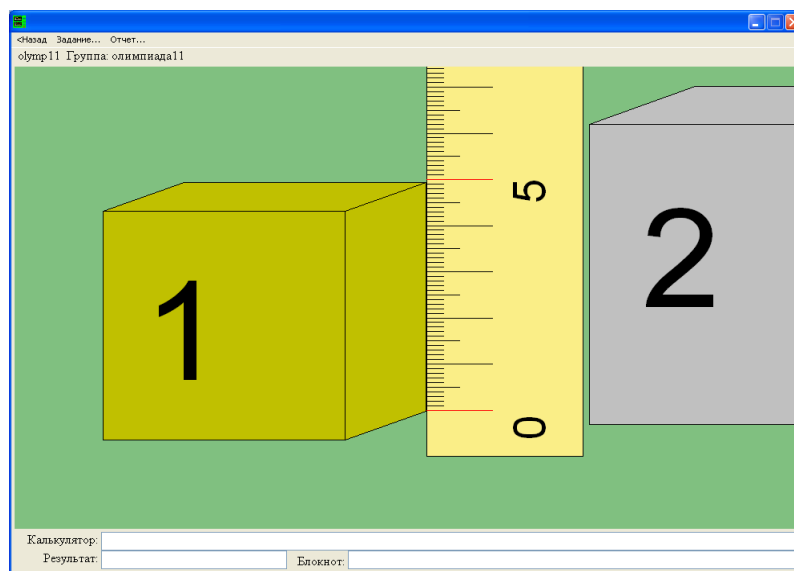


Рис.8.2 Измерение длины ребра куба1

Часть 2. Объём куба2

Находится совершенно аналогично.

Часть 3. Площадь поперечного сечения левого сосуда.

Часть 4. Площадь поперечного сечения правого сосуда.

- существует несколько путей решения этих двух частей задания.

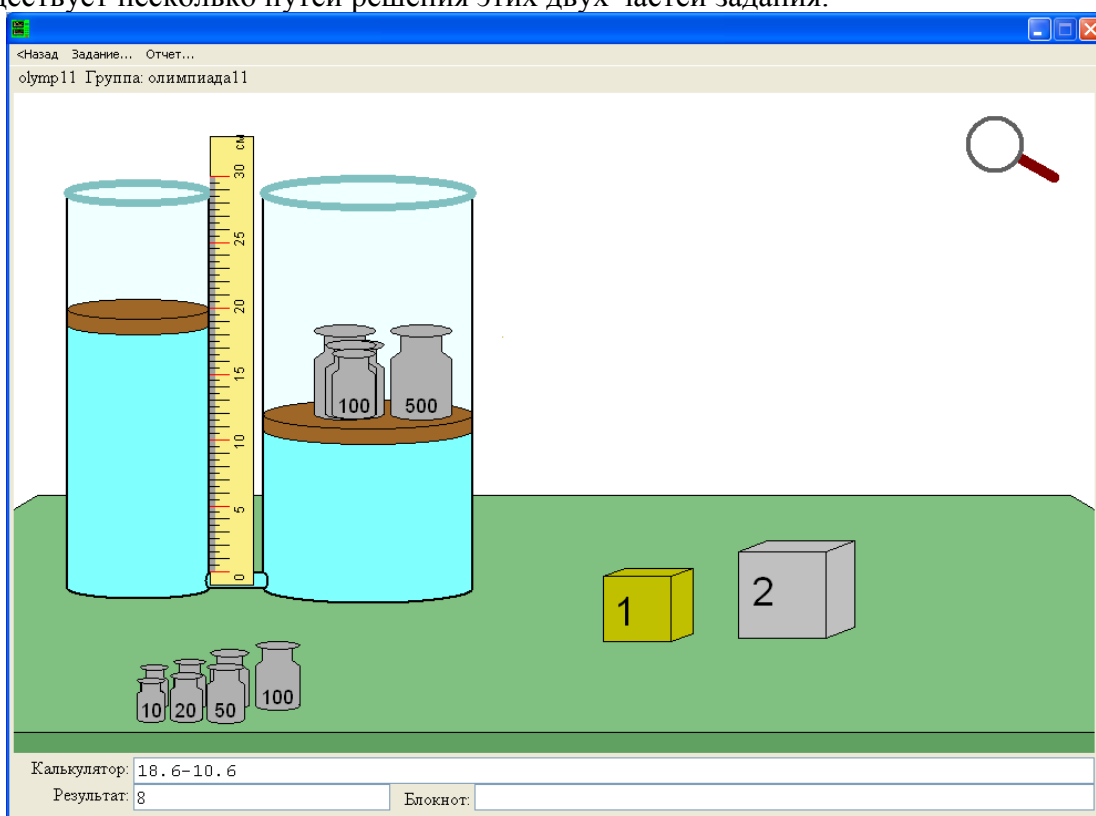


Рис.8.3 Измерение высоты жидкости в левом сосуде

Рассмотрим следующий способ: измерим, на какую высоту поднимется столб жидкости в левом сосуде относительно правого в случае, если поставить на правый поршень груз 1.5 кг (рис.8.3). Измерять высоту можно от любого уровня, но для повышения точности можно выбрать один из краев соединяющей сосуды трубки.

В нашем случае это $\Delta h = 18.6 \text{ см} - 10.6 \text{ см} = 8 \text{ см}$.

Давление на уровне верха правого сосуда $P_2 = \frac{mg}{S_2}$, где m - масса груза.

На том же уровне в левом сосуде $P_1 = \frac{\rho S_1 \Delta h g}{S_1} = \rho \Delta h g$, где ρ – плотность воды.

Поскольку давление воды на одной высоте в обеих частях соединяющихся сосудов должны совпадать, $P_1 = P_2$, поэтому $S_2 = \frac{m}{\rho \Delta h}$.

Получаем $S_2 = 187.5 \text{ см}^2$

Аналогичным образом измеряем площадь сечения левого сосуда.

Часть 5. Масса куба1.

Часть 6. Масса куба2.

Задача является обратной к предыдущей: при известной площади сечения сосуда масса m тела, поставленного на правый поршень, находится по формуле $m = \rho \Delta h S_2$

Задание 9. На каком расстоянии от заряда остановится тело? (8 баллов)

На горизонтальной шероховатой поверхности закреплен заряд $q_1 = 3 \text{ мкКл}$. Тело массы $m = 100 \text{ г}$, имеющее заряд $q_2 = 2 \text{ мкКл}$, может перемещаться по поверхности. На каком расстоянии L от заряда тело остановится, если в начальный момент оно покоилось и находилось на расстоянии $L_0 = 30 \text{ см}$ от закрепленного заряда? Коэффициент трения равен $\mu = 0.2$. Постоянная в законе Кулона равна $k = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$, $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.
Ответ вводить с точностью до десятых. Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Введите ответ:

Расстояние от заряда $L = \underline{\hspace{2cm}}$ см

Сложность задания: высокая. С ним справилось в полном объеме с первой попытки 16 участников, а в конечном итоге 34 участника из 277 участников, пытавшихся решить задачу. По-видимому, большинству просто не хватило времени на решение этой задачи, так как она не содержит каких-либо особо сложных элементов и находится на уровне заданий части С ЕГЭ.

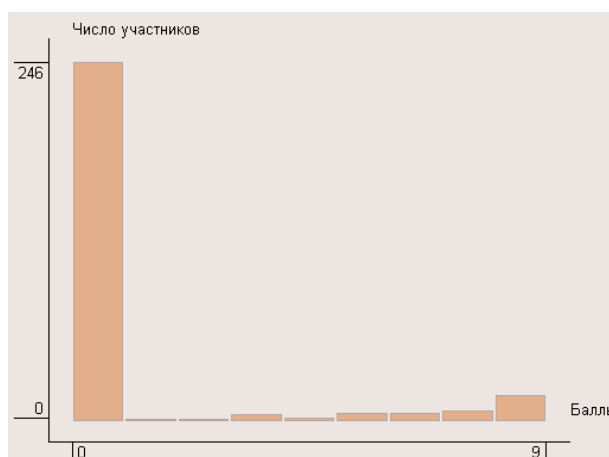


Рис.9 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов
Решение:

По условию $k \frac{q_1 q_2}{L_0^2} > \mu mg$, поэтому тело сдвинется с места. Используя соотношение для

начальной и конечной энергии $W_2 - W_1 = A_{\text{тр}}$, где $W_2 = k \frac{q_1 q_2}{L}$, $W_1 = k \frac{q_1 q_2}{L_0}$,

$A_{\text{мп}} = -\mu mg(L - L_0)$ получаем: $k \frac{q_1 q_2}{L_0} = k \frac{q_1 q_2}{L} + \mu mg(L - L_0)$,

откуда следует, что $\mu mgL^2 - (\mu mgL_0 + k \frac{q_1 q_2}{L_0})L + k q_1 q_2 = 0$.

Решая это квадратное уравнение, учитывая условие $k \frac{q_1 q_2}{L_0^2} > \mu mg$ и выбирая корень не

равный L_0 , находим: $L = k \frac{q_1 q_2}{\mu mg L_0}$

Задание 10. До какой температуры надо нагреть газ в трубке? (16 баллов)

Нижний конец вертикальной узкой трубки длины $2L$ (в мм) запаян, а верхний открыт в атмосферу. В нижней половине трубки находится газ при температуре 24°C , а верхняя ее половина заполнена ртутью. Внешнее давление в миллиметрах ртутного столба равно L .

- На сколько градусов Δt надо нагреть газ, чтобы нижний уровень ртути поднялся на $h=L/20$?
- До какой минимальной температуры t надо нагреть газ в трубке, чтобы он вытеснил всю ртуть?

Ускорение свободного падения считать равным 9.8 м/с^2 . Значение Δt вводить с точностью до сотых градуса, значение t - с точностью до градуса.

Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Введите ответ:

$\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}^\circ\text{C}$
 $t = \underline{\hspace{2cm}}^\circ\text{C}$

Сложность задания: очень высокая. С ним справилось в полном объеме с первой попытки 2 участника, а в конечном итоге 7 участников из 115 участников, пытавшихся решать задачу.

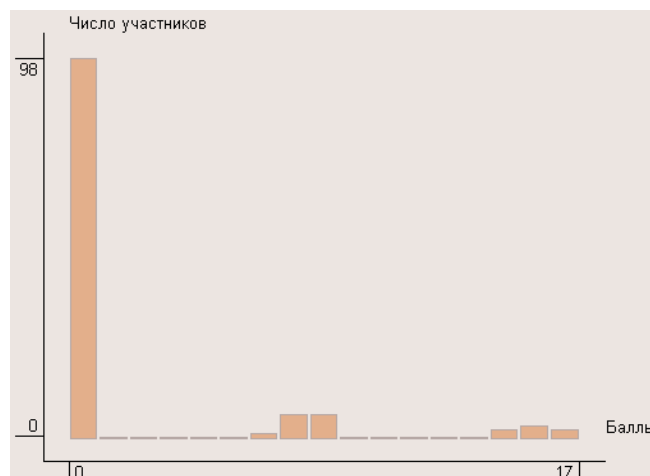


Рис.10 Гистограмма распределения количества участников по числу набранных баллов

Решение:

Часть 1. На сколько градусов Δt надо нагреть газ, чтобы нижний уровень ртути поднялся на $h=L/20$

Первоначальный объём газа $V_1=L S$, где S – поперечное сечение трубки. При этом давление газа в трубке $P_1=P_{\text{внешнее}}+P_{\text{ртути}}=2\rho gL$.

После нагревания трубки на Δt градусов и установления равновесия имеем

$$V_2=(L+h)S,$$

$$P_2=\rho gL+\rho g(L-h)=\rho g(2L-h)$$

Но $P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1$ и $P_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT_2$. Следовательно, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} T_1,$$

$$\Delta t = T_2 - T_1 = \left(\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} - 1 \right) T_1 = \left(\frac{\rho g(2L-h)(L+h)S}{2\rho gLLS} - 1 \right) T_1 = \left(\frac{(2-h/L)(1+h/L)}{2} - 1 \right) T_1$$

$$\Delta t = \frac{h(1-h/L)}{2L} T_1$$

Часть 2. До какой минимальной температуры t надо нагреть газ в трубке, чтобы он вытеснил всю ртуть

Пусть x – высота столба ртути после нагревания. Тогда $P_2 = \rho g(L+x)$, $V_2 = (2L-x)S$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}, \text{ т.е. } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \text{ т.е. } \frac{2\rho gL^2 S}{T_1} = \frac{\rho g(L+x)(2L-x)}{T_2},$$

поэтому $2 \frac{T_2}{T_1} L^2 = 2L^2 - Lx + 2Lx - x^2$

$$x^2 - Lx + 2L^2 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 0, \quad x = L \frac{1 \pm \sqrt{1 - 8 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)}}{2}$$

Пусть $T_2 = T_1$, тогда $x = L \frac{1 \pm 1}{2} = L$

$$\text{Следовательно, знак “+”, т. е. } x = L \frac{1 + \sqrt{1 - 8 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)}}{2}$$

При увеличении температуры T_2 подкоренное значение уменьшается. При достижении им значения 0 дальнейшее повышение температуры приводит к состоянию, когда решений нет – из-за того, что выталкивание ртути газом из трубки оказывается слишком сильным, и вся ртуть выливается.

Таким образом, искомое значение T_2 находится из уравнение $1 - 8 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 0$, т.е.

$$T_2 = \frac{9}{8} T_1$$

7 класс**1. Тест 10 вопросов (18 баллов)**

Вопросы теста выбирались из большого банка вопросов псевдослучайным образом.

2. Сколько воды перельется через край? (4 балла)

В банку, заполненную до краев водой, помещают: в первом случае - сплошной кусочек железа массой 30 г, а во втором - лодочку, сделанную из этого кусочка, которая плавает в банке. Сколько воды в граммах перельется через край в первом и втором случаях? Плотность железа 7.8 г/см³, воды - 1 г/см³.

Ответ вводить с точностью до десятых.

масса воды m1= _____ г

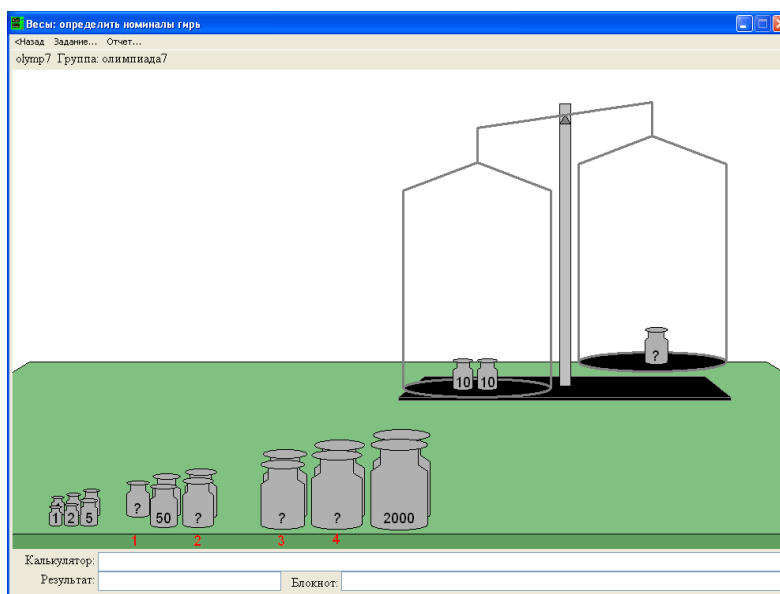
масса воды m2= _____ г

Решение:

1) сплошной кусок железа. $m_{\text{в}} = \rho_{\text{в}} V = m_{\text{тела}} \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{тела}}}$

2) лодка: $m_{\text{тела}} g = F_{\text{арх}}, F_{\text{арх}} = m_{\text{в}} g \Rightarrow m_{\text{в}} = m_{\text{тела}}$

3. Модель: Определите массу четырёх гирь (12 баллов)

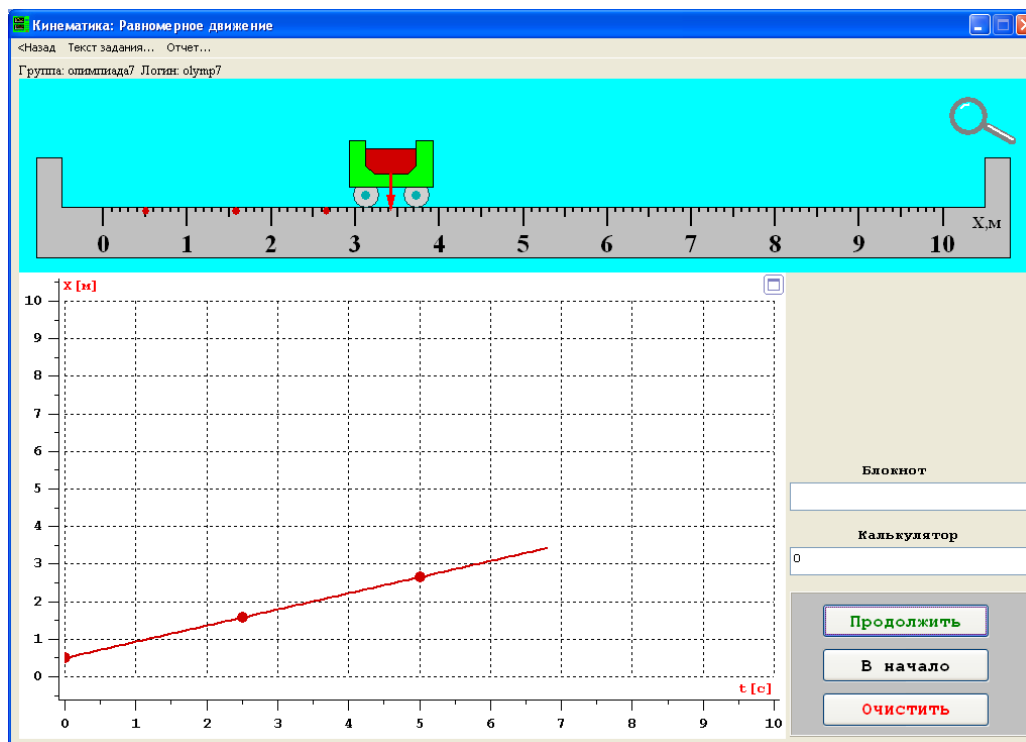


Определите массы гирь, помеченных знаком "?". При заполнении формы отчета учтите, что пары гирь нумеруются красными цифрами по месту их расположения на столе.

Решение:

Для моделей виртуальных лабораторий решений как таковых не существует, необходимо выполнение последовательности действий. Причем как последовательность действий, так и сами действия, приводящие к правильному результату, могут быть разными – что является одной из наиболее интересных особенностей виртуальных лабораторий, предусмотренной разработчиками заданий олимпиады. Поэтому в дальнейшем для моделей будет приводиться краткое описание одного из возможных вариантов действий. В данном случае можно сначала найти массу самой легкой гири (пары гирь), затем более тяжелой. Затем найти массу пары гирь номер 4 с использованием двух этих гирь, гири 2000 г и маленьких гирь. После чего найти массу одной гири номер 4. После чего аналогичным образом найти массу гири номер 3.

4. Модель: Определите параметры движения тележки (15 баллов)



При нажатии на кнопку Пуск по горизонтальному рельсу из заданной точки начинает равномерно двигаться тележка. Измерьте начальную координату тележки, её координату в момент времени 0.63 сек после начала движения, путь, пройденный тележкой до этого момента, а также скорость тележки. Требуемые величины определите с точностью до сотых, занесите результаты в отчёт и отошлите его на сервер.

Вы можете воспользоваться следующими средствами, если решите, что они вам необходимы:

Увеличительное стекло - позволяет увеличивать изображение выбранной области окна.

Нажатие мышью в любой части того же окна восстанавливает первоначальный масштаб.

Выделение мышью области графика (нажать кнопку мыши и вести вправо вниз, а затем отпустить кнопку)- позволяет увеличивать изображение выбранной области графика.

При необходимости можно опять выбрать нужный участок графика для показа во всём окне. и так далее.

Движение в обратном направлении (справа налево снизу вверх) в любой части того же окна либо вызов правой кнопкой мыши всплывающего меню и выбор пункта "Восстановить масштаб" восстанавливает первоначальный масштаб графика.

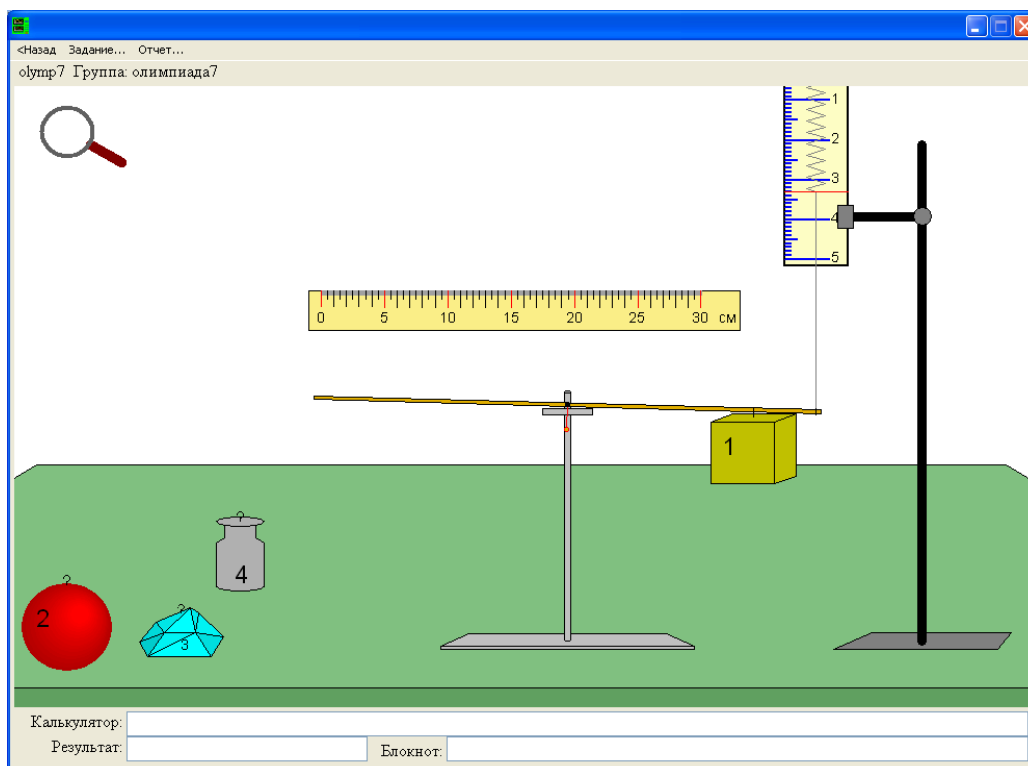
Решение:

Начальную координату можно измерить по положению тележки на рельсе (по стрелке) – а можно по начальной точке графика, который будет строиться после того, как тележка начнет двигаться.

Координата в заданный момент времени находится по графику. Путь находится как разница этой координаты и начальной координаты тележки.

Скорость тележки находится по наклону зависимости X от t .

5. модель: Рычаг (18 баллов)



Определите массы тел. Значения масс тел округляйте до целых. 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 назначается по одному штрафному баллу.

Тела можно подвешивать к рычагу (в любом месте) и к динамометру. Захват штатива можно перемещать (вверх-вниз и влево-вправо). Динамометр можно закреплять в захвате штатива. Для этого его необходимо расположить так, чтобы его край находился в области захвата и отпустить. Линейку можно перемещать, ухватив её вблизи центра, и вращать за левый или правый край.

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

Решение:

Первое и второе тела могут быть просто взвешены с помощью динамометра. Третье – с помощью рычага (например, как показано на рисунке). Четвертое – с помощью уравнивания рычага с использованием массы наиболее массивного из уже взвешенных тел.

6. Найдите плотности шариков (12 баллов)

Два шарика объемом 12 см^3 каждый связаны нитью и плавают в жидкости так, что один из шариков полностью погружен в неё, а верхний погружен наполовину. Нить вертикальна. Масса нижнего шарика в 2 раза больше, чем верхнего. Плотность жидкости 0.8 г/см^3 . Найдите плотности шариков.

Ответ вводить с точностью до сотых. Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Плотность верхнего шарика $\rho_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ г/см}^3$

Плотность нижнего шарика $\rho_2 = \text{___}$ г/см³

Решение:

Обозначим $\frac{m_2}{m_1} = k$. Запишем второй закон Ньютона: $1,5\rho_0 gV - (k + 1)m_1 g = 0$, отсюда:

$$\rho_1 = \frac{1,5\rho_0}{k + 1}, \quad \rho_2 = k\rho_1$$

8 класс

1. Тест 10 вопросов (18 баллов)

Вопросы теста выбирались из большого банка вопросов псевдослучайным образом.

2. Какое количество теплоты нужно передать? (4 балла)

В стальную кастрюлю массой $m_1 = 1.6$ кг налита вода массой $m_2 = 1.4$ кг. Какое количество теплоты нужно передать кастрюле с водой для изменения их температуры от $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до $t_2 = 90^\circ\text{C}$. Удельная теплоемкость стали $C_1 = 0.5$ кДж/кг $\cdot^\circ\text{C}$, воды $C_2 = 4.2$ кДж/кг $\cdot^\circ\text{C}$. Ответ выразите в килоджоулях с точностью до целых.

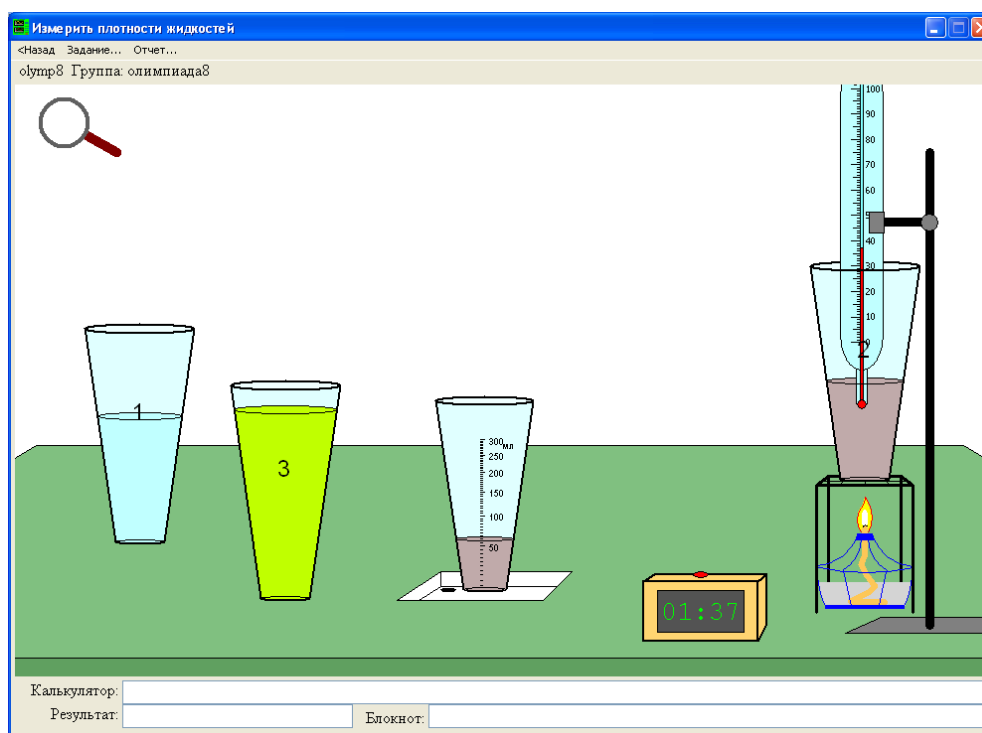
Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Количество теплоты $Q = \text{___}$ кДж

Решение:

Количество переданного тепла $Q = C_1 * m_1 * (t_2 - t_1) + C_2 * m_2 * (t_2 - t_1)$

3. Модель: Измерьте температуры и теплоёмкости двух жидкостей (30 баллов)



В первом стакане находится вода, её теплоёмкость равна 4200 Дж/(кг °С). Во втором и третьем стаканах находятся жидкости с такой же плотностью, но другими теплоёмкостями. Измерьте температуру, объёмы и теплоёмкости этих жидкостей, занесите результаты в отчёт. Теплоёмкости округлять до десятков. Теплоёмкостью стаканов пренебречь.

Термометр необходимо опускать в стакан только через верхнюю открытую часть стакана. Для удобства измерений термометр 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.

Секундомер включается и выключается щелчком по красной кнопке.

При считывании результатов измерений рекомендуется использовать увеличительное стекло, которое можно перемещать за рукоятку. Щелчок в любом месте окна возвращает первоначальный масштаб.

Решение:

Температура жидкостей определяется с помощью термометра прямым измерением.

Объём первой и второй жидкостей находится прямым измерением с помощью мерного стакана. Объём третьей жидкости превышает объём мерного стакана, поэтому его измерение приходится делать в два захода – сначала налить в мерный стакан часть жидкости (например, около половины), измерить объём этой части и **ВЫЛИТЬ ЕЁ**. После чего измерить объём оставшейся части и просуммировать измеренные объёмы.

Теплоёмкость жидкостей находится по изменению температуры жидкости за заданное время при установке стакана на спиртовку. При использовании одинаковых стаканов количество тепла, полученное жидкостью за единицу времени, не зависит от вида и объёма жидкости (участник олимпиады должен сделать такое предположения исходя из физических соображений). Поэтому скорость изменения температуры за единицу времени будет обратно пропорциональна произведению теплоёмкости жидкости и её массе, с одинаковым коэффициентом пропорциональности для воды и для изучаемых жидкостей. Отсюда находим теплоёмкости жидкостей (масса жидкостей находится по их объёму).

4. модель: Сопротивления резисторов (22 балла)

Найдите, чему равны сопротивления резисторов. Соберите для этого необходимую электрическую схему, проведите измерения и выполните расчеты. Занесите результаты в отчёт, величины сопротивлений указывать с точностью до одного Ома.

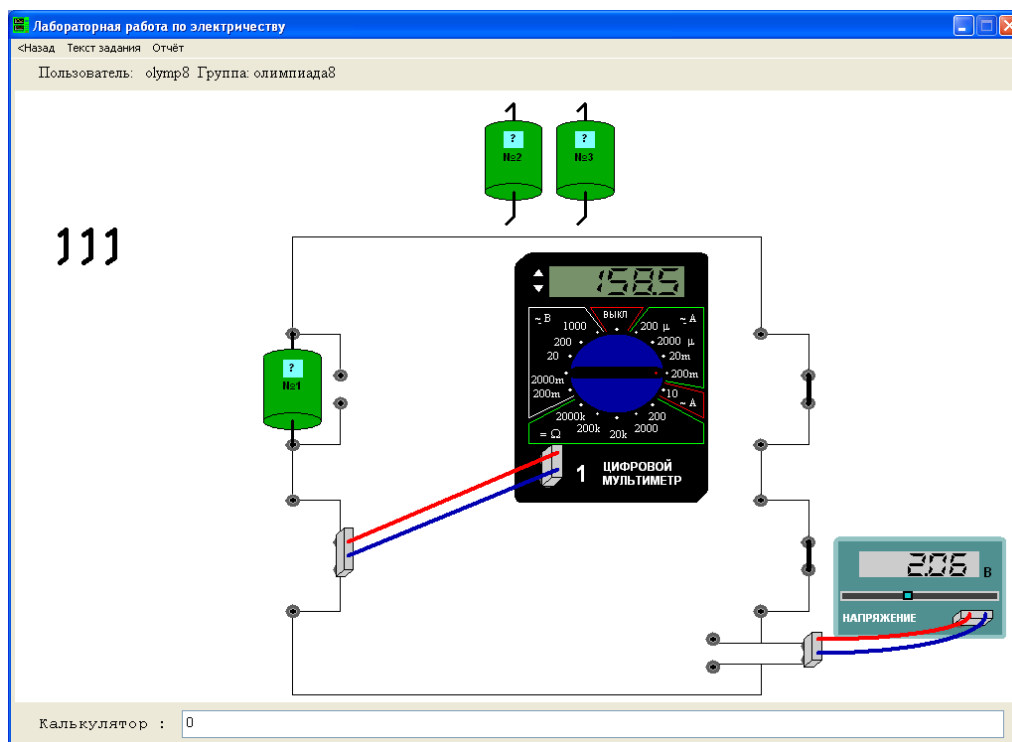
Элементы можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели. К малым клеммам можно подсоединять мультиметр - измерительный прибор, позволяющий измерять токи, напряжения и сопротивления. Кроме того, к малым клеммам можно подсоединять перемычки - провода, имеющие практически нулевое сопротивление.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

Щелчок мышью в области голубого поля элемента приводит к появлению диалога, в котором имеется возможность подписать этот элемент - указать его параметры.

Подписывание элемента не означает, что данные параметры будут отосланы на сервер - это просто удобная этикетка для элементов.



Решение:

Необходимо собрать соответствующую электрическую цепь (например, такую, какая показана на рисунке), и выбрать соответствующий диапазон измерения тока. При этом для второго и третьего резисторов требуется изменение напряжения источника тока таким образом, чтобы значение тока было близко к максимально допустимому для соответствующего диапазона — в противном случае точность измерения сопротивления окажется недостаточной.

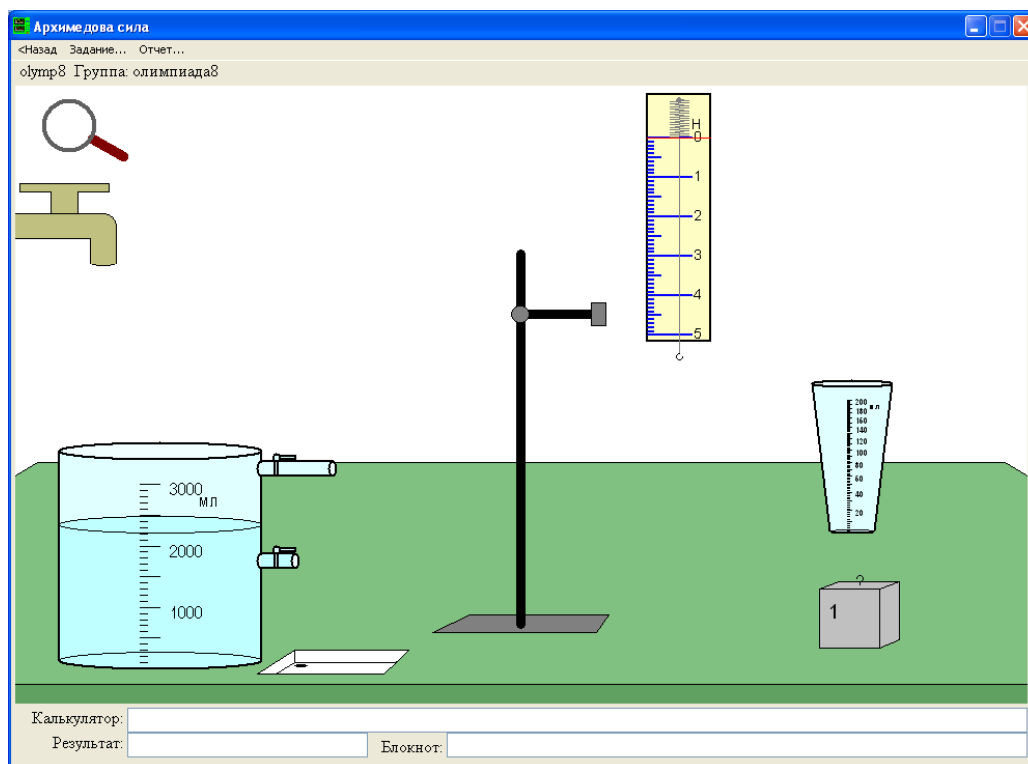
Также желательно, чтобы напряжение источника было больше 1 В, чтобы на индикации вольтметра источника показывалось не менее трёх значащих цифр — в противном случае точность измерения сопротивления может оказаться недостаточной.

5. Модель: Архимедова сила (30 баллов)

В отливном стакане находится неизвестная жидкость¹, из-под крана течёт неизвестная жидкость², которая сразу же хорошо перемешивается с жидкостью¹. Измерьте объём и массу куба, а также плотности куба и обеих жидкостей. Значение g считать равным 9.8 м/с^2

Занесите результаты в отчёт и отправьте его на сервер. Плотности округлять до сотых. Задания модели можно переделывать, но за каждую повторную отсылку на сервер назначается по одному штрафному баллу.

Краны открываются/закрываются щелчком по ручке крана. Захват штатива можно перемещать, а динамометр - закреплять в захвате штатива (отпустив динамометр так, чтобы его край находился в области захвата). Увеличительное стекло позволяет просматривать в увеличенном масштабе любой выбранный участок экрана, после чего щелчок мышью в любом месте экрана возвращает первоначальный масштаб. Для взвешивания куба, погруженного в жидкость, следует подцепить куб динамометром и погрузить его с помощью динамометра в отливной стакан.



Решение:

Объём куба измеряется по объёму вытесненной им жидкости. Для этого следует до края налить отливной стакан, поставить пустой мерный стакан в раковину и погрузить куб в отливной стакан – в мерный стакан выльется объём, равный объёму куба. Но эту операцию следует проделать в самом конце, после проведения всех остальных измерений, так как иначе мы не сможем найти параметры первой жидкости (находящейся вначале в отливном стакане).

Масса куба находится взвешиванием с помощью динамометра и вычислению массы по измеренному весу. Плотность куба находится по его массе и объёму.

Плотность первой жидкости находится по величине архимедовой силы, действующей на куб, полностью погруженный в эту жидкость, и объёму куба (он равен объёму вытесненной им жидкости). Архимедова сила находится как разность между весом куба в воздухе и весом куба, погруженного в жидкость (измерения проводятся с помощью штатива и динамометра, значения со шкалы динамометра считываются при использовании увеличительного стекла).

Плотность второй жидкости можно определить аналогичным образом в случае, когда в отливном сосуде находится только жидкость². Этого можно добиться путем длительного наливания в отливной сосуд жидкости из-под крана. За процессом полезно наблюдать с помощью шкалы динамометра, на который подвешен куб, погруженный в жидкость. Как только показания динамометра перестают изменяться со временем, можно считать, что с практически важной точностью архимедова сила достигла значения, соответствующего погружению куба в жидкость².

6. За сколько часов катер пройдет расстояние (6 баллов)

Расстояние между двумя пунктами катер проходит, двигаясь вниз по течению за 3 часа, а обратно - за 6 часов. За сколько часов t катер пройдет расстояние между этими пунктами при выключенном моторе?

Ответ вводить с точностью до десятых. Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Решение:

$$t_1 = \frac{S}{v + v_m}, t_2 = \frac{S}{v - v_m}, t_3 = \frac{S}{v_m}. \text{ Из первых двух соотношений выражаем } v = v_m \frac{t_1 + t_2}{t_2 - t_1},$$

$$\text{после чего находим } t_3 = t_1 \left(1 + \frac{t_1 + t_2}{t_2 - t_1}\right) = \frac{2t_1 t_2}{t_2 - t_1}$$

7. На какое расстояние необходимо сдвинуть шарик? (9 баллов)

На левый конец однородного тонкого стержня массой 1 кг нанизан свинцовый шарик, на правый - чугунный. Стержень опирается серединой на острие и находится в горизонтальном равновесном положении в воде, при этом расстояние между центрами шариков равно 66 см и они расположены симметрично относительно точки опоры. На какое расстояние с учетом знака (положительное - вправо, отрицательное - влево) необходимо сдвинуть чугунный шарик для сохранения равновесия в воздухе?

Плотность свинца 11 г/см^3 , чугуна 7 г/см^3 , воды 1 г/см^3 .

Ответ вводить с точностью до сотых.

Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Решение:

Уравнение моментов относительно опоры для случая системы, находящейся в воде:

$$\frac{l}{2}(\rho_{\text{св}} g V_{\text{св}} + \rho_{\text{в}} g V_{\text{чуг}}) = \frac{l}{2}(\rho_{\text{чуг}} g V_{\text{чуг}} + \rho_{\text{в}} g V_{\text{св}})$$

отсюда

$$\frac{V_{\text{св}}}{V_{\text{чуг}}} = \frac{\rho_{\text{чуг}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{в}}} \quad (1)$$

Уравнение моментов относительно опоры для случая системы в воздухе:

$$\frac{l}{2} \rho_{\text{св}} g V_{\text{св}} = \left(\frac{l}{2} + x\right) \rho_{\text{чуг}} g V_{\text{чуг}}, \text{ где } x \text{ величина искомого сдвига. Отсюда получаем:}$$

$$x = \frac{l}{2} \left(\frac{\rho_{\text{св}} V_{\text{св}}}{\rho_{\text{чуг}} V_{\text{чуг}}} - 1\right) \text{ и окончательно, подставляя отношение объемов (1):}$$

$$x = \frac{l}{2} \left(\frac{\rho_{\text{св}} (\rho_{\text{чуг}} - \rho_{\text{в}})}{\rho_{\text{чуг}} (\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{в}})} - 1\right), \text{ если } x \text{ получится отрицательным, двигаем к опоре,}$$

положительным - от опоры.

9 класс

1. Тест 12 вопросов (21 балл)

Вопросы теста выбирались из большого банка вопросов псевдослучайным образом.

2. Определите длину поезда (4 балла)

Поезд полностью проезжает мост длиной $L_1=200$ м за $t_1=1$ мин., а мимо неподвижного наблюдателя проходит за $t=24$ с. Определите длину поезда L , если его скорость v постоянна. Ответ округлять до целых.

Длина поезда $L=$ ____ м

Решение:

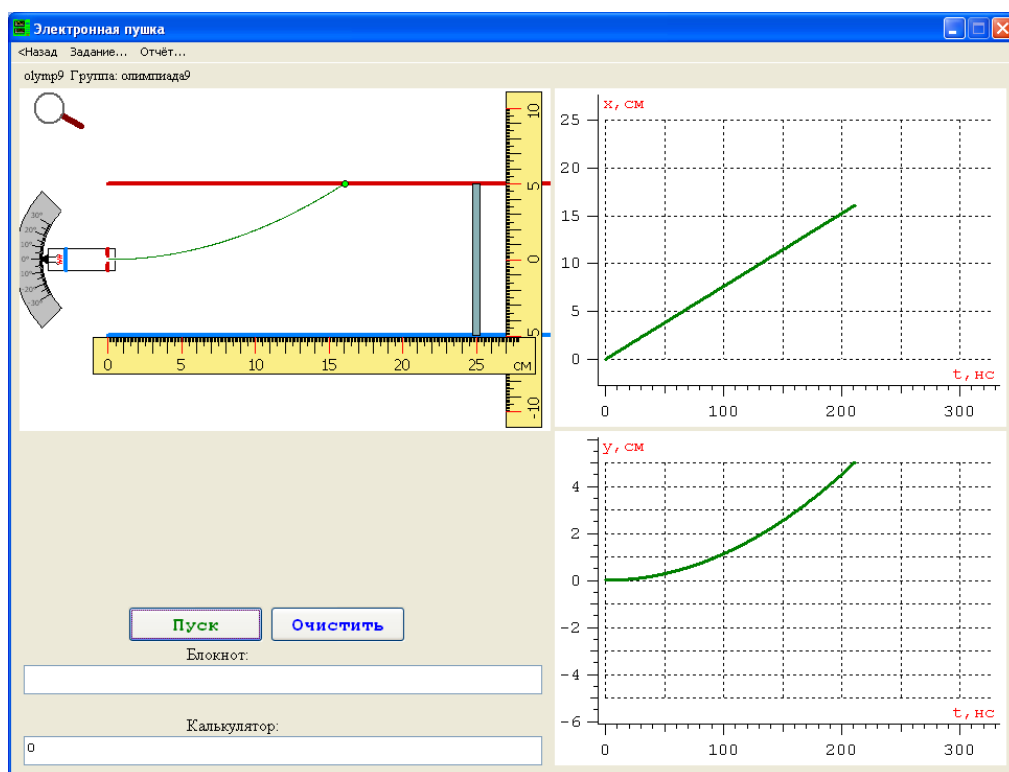
Сначала необходимо перевести t_1 в секунды. Скорость $v=L/t$.

Найдём путь, пройденный головной частью поезда при прохождении поездом моста: в первый момент голова поезда находится у начала моста, а после прохождения поездом моста хвост поезда находится на уровне конца моста. То есть путь, пройденный головой поезда, равен $L+L_1$.

Таким образом, $v=(L+L_1)/t_1$. Приравнявая выражения для v , находим: $L/t=(L+L_1)/t_1$

$$\text{Отсюда } L = \frac{L_1 t}{t_1 - 1}$$

3. Модель: Движение частицы в электрическом поле (15 баллов)



Заряженная частица вылетает из электронной пушки и движется в постоянном электрическом поле, создаваемом двумя параллельными пластинами, на которые подано постоянное напряжение.

Определите время (в наносекундах, $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$), прошедшее с момента вылета частицы из электронной пушки до столкновения с одной из пластин, начальную скорость частицы, и её ускорение вдоль оси y . Полученные результаты занесите в отчет и

отправьте на сервер для проверки и начисления баллов. Время и скорость округлять до целых, ускорение - до сотых.

Вертикальную и горизонтальную линейки можно перемещать. При считывании с их помощью результатов рекомендуется использовать увеличительное стекло, которое можно перемещать за рукоятку. Щелчок в любом месте окна возвращает первоначальный масштаб.

Выделение мышью области графика (нажать кнопку мыши и вести вправо вниз, а затем отпустить кнопку)- позволяет увеличивать изображение выбранной области графика. При необходимости можно опять выбрать нужный участок графика для показа во всём окне, и так далее.

Движение в обратном направлении (справа налево снизу вверх) в любой части того же окна либо вызов правой кнопкой мыши всплывающего меню и выбор пункта "Восстановить масштаб" восстанавливает первоначальный масштаб графика.

Решение:

Время t_1 , прошедшее до столкновения, находится по графику. Поскольку частица вылетает горизонтально, её начальная скорость равна проекции скорости на ось X , которая остается неизменной во время движения частицы. А эта проекция находится по наклону зависимости X от t . Ускорение a_y вдоль оси y находится по найденному времени движения до столкновения и координате y_1 части пластины из формулы $y_1 = \frac{a_y t_1^2}{2}$.

4. Модель: Рычаг (21 балл)

Определите массы тел. Значения масс тел округляйте до целых. 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 назначается по одному штрафному баллу.

Тела можно подвешивать к рычагу (в любом месте) и к динамометру. Захват штатива можно перемещать (вверх-вниз и влево-вправо). Динамометр можно закреплять в захвате штатива. Для этого его необходимо расположить так, чтобы его край находился в области захвата и отпустить. Линейку можно перемещать, ухватив её вблизи центра, и вращать за левый или правый край.

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

Модель аналогична использовавшейся в 7 классе, но несколько сложнее, так как измерить с необходимой точностью массу третьего тела можно только с помощью предварительного измерения массы четвертого тела, которое несколько легче, и последующего использования четвертого тела при взвешивании третьего тела.

5. Модель: Гидравлический пресс (28 баллов)

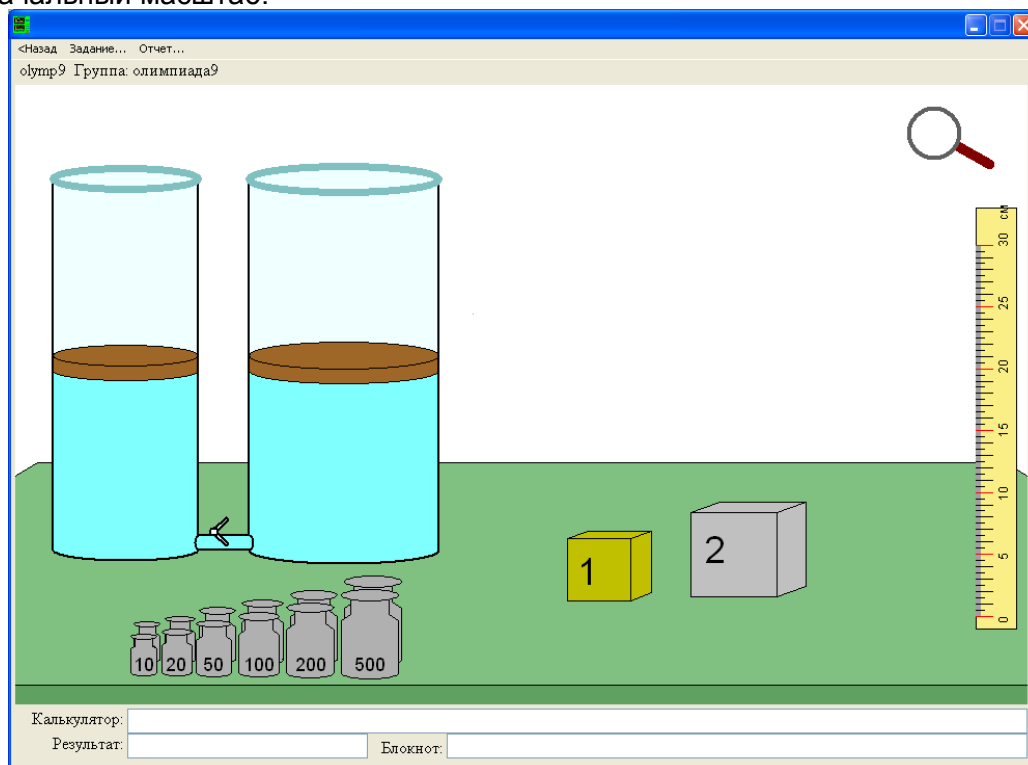
В сообщающихся сосудах находится вода (плотность 1 г/см^3). Сверху положены невесомые диски, на которые можно ставить тела.

Определите объём кубов, площади поперечного сечения левого и правого сосудов, а также массы первого и второго куба. Объёмы и площади определите с точностью до единиц, а массы – до десятков. 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 назначается по одному штрафному баллу.

Линейку можно перемещать, в том числе при использовании увеличительного стекла.

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



Решение:

Часть 1. Объём куба1

Длина ребра куба находится с помощью линейки и увеличительного стекла. Объём куба находится как длина ребра, возведённая в куб.

Часть 2. Объём куба2

Находится совершенно аналогично.

Часть 3. Площадь поперечного сечения левого сосуда.

Часть 4. Площадь поперечного сечения правого сосуда.

- существует несколько путей решения этих двух частей задания.

Рассмотрим следующий способ: измерим, на какую высоту поднимется столб жидкости в левом сосуде относительно правого в случае, если поставим на правый поршень груз 1.5 кг. Измерять высоту можно от любого уровня, но для повышения точности можно выбрать один из краев соединяющей сосуда трубки.

В нашем случае это $\Delta h = 18.6 \text{ см} - 10.6 \text{ см} = 8 \text{ см}$.

Давление на уровне верха правом сосуде $P_2 = \frac{mg}{S_2}$, где m- масса груза.

На том же уровне в левом сосуде $P_1 = \frac{\rho S_1 \Delta h g}{S_1} = \rho \Delta h g$, где ρ – плотность воды.

Поскольку давление воды на одной высоте в обеих частях соединяющихся сосудов должны совпадать, $P_1=P_2$, поэтому $S_2 = \frac{m}{\rho \Delta h}$.

Получаем $S_2=187.5 \text{ см}^2$

Аналогичным образом измеряем площадь сечения левого сосуда.

Часть 5. Масса куба1.

Часть 6. Масса куба2.

Данная часть задания является обратной к предыдущей: при известной площади сечения сосуда масса m тела, поставленного на правый поршень, находится по формуле

$$m = \rho \Delta h S_2$$

6. Чему будет равно расстояние между частицами? (8 баллов)

Из одной точки вылетают одновременно две частицы с горизонтальными противоположно направленными скоростями 23 м/с и 49 м/с. Чему будет равно расстояние между частицами в тот момент когда угол между направлениями скоростей этих частиц будет равен 90° ?

Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Ускорение свободного падения считать равным 9.8 м/с^2 . Ответ вводить с точностью до десятых.

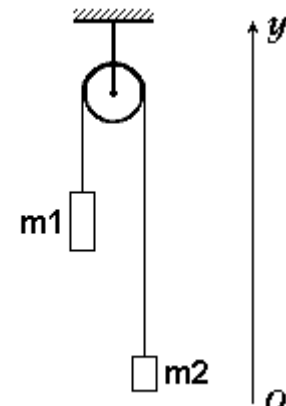
Решение:

Когда угол между скоростями равен 90° скалярное произведение скоростей обращается в ноль, поэтому $v_{1x}v_{2x} + v_{1y}v_{2y} = 0$. Следовательно, $-v_1v_2 + g^2t^2 = 0$, отсюда $t = \frac{\sqrt{v_1v_2}}{g}$.

Таким образом, $L = \frac{\sqrt{v_1v_2}}{g} (v_1 + v_2)$

Аналогичные результаты можно получить, рассматривая проекции скоростей и находя соотношения между ними на основе подобия треугольников со взаимно перпендикулярными сторонами – этот вариант решения не требует знания того, что такое скалярное произведение векторов.

7. Определите отношение масс гирь (10 баллов)

	<p>Две гири неравной массы m_1 и m_2 висят на концах нити, перекинутой через неподвижный блок. Первая гиря более тяжёлая и расположена на $h=16$ метров выше более лёгкой. Если предоставить гирям возможность свободно двигаться, то через $t=2$ секунды они будут находиться на одной высоте. Определите с точностью до десятых отношение m_1/m_2 масс гирь. Массой нити и блока, а также трением в оси блока пренебречь, считать $g=9.8 \text{ м/с}^2$.</p>
---	--

Отношение масс гирь $m_1/m_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

Решение:

Поскольку нить и блок невесомы и нет трения в оси блока, силы натяжения нити, действующие на оба тела, равны. Так как нить нерастяжима, гири проходят “до встречи” одинаковые пути, равные половине исходного расстояния:

$s_1 = s_2 = s = h/2$. Обозначим ускорение гири 2 за a , тогда $\frac{h}{2} = \frac{at^2}{2}$. Отсюда $a = \frac{h}{t^2}$.

Обозначим абсолютное значение силы натяжения нити за T . Уравнения второго закона Ньютона в проекциях на ось Oy для гирь имеют вид

$$\begin{matrix} M - m_1 g + T = -m_1 a \\ m_2 g + T = m_2 a \end{matrix}$$

Исключив T вычитанием первого уравнения системы из второго, получим

$$m_1 g - m_2 g = m_1 a + m_2 a \quad \text{или} \quad m_1 (g - a) = m_2 (g + a).$$

Поэтому $\frac{m_1}{m_2} = \frac{g+a}{g-a}$. Подставляя в эту формулу известное нам значение $a = \frac{h}{t^2}$, получаем ответ.

10 класс

1. Тест 12 вопросов (18 баллов)

Вопросы теста выбирались из большого банка вопросов псевдослучайным образом.

2. Найдите скорость тела в верхней точке траектории (3 балла)

Тело брошено с земли со скоростью $v_0 = 16$ м/с под углом $\alpha = 37^\circ$ к горизонту. Определите величину скорости тела в верхней точке траектории. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ вводить с точностью до десятых.

Скорость в верхней точке траектории $v_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ м/с

В верхней точке траектории проекция скорости на вертикальную ось равна нулю. Значит, в этой точке значение скорости равно значению горизонтальной составляющей начальной скорости (она на протяжении полёта не меняется, так как по горизонтали на тело никакая сила не действует). Поэтому $v_1 = v_0 \cos \alpha$

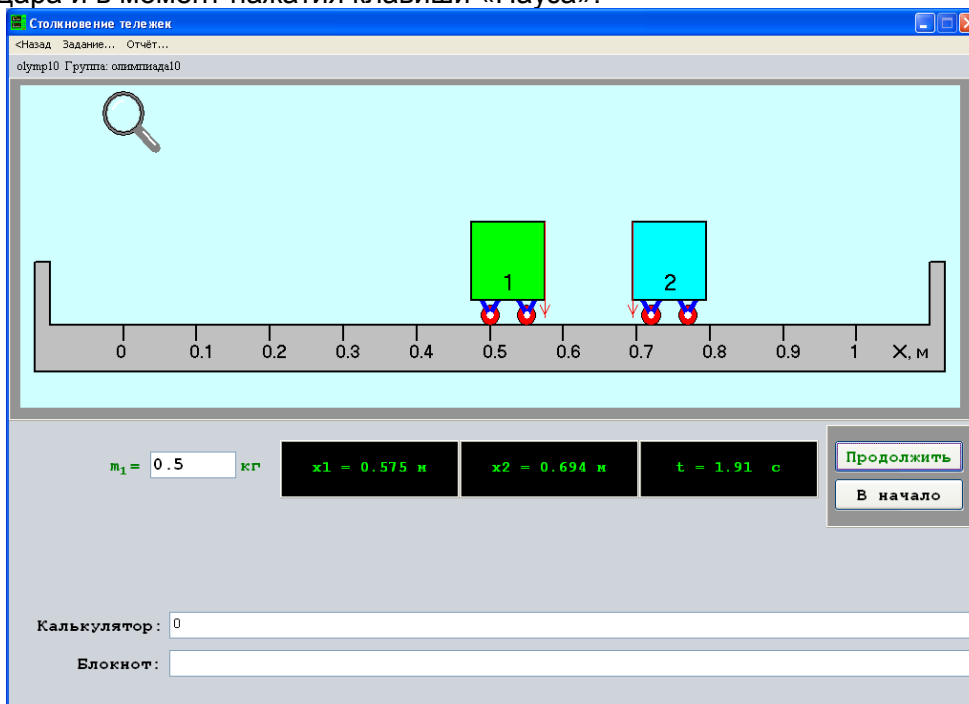
3. Модель: Частично упругое столкновение тележек (15 баллов)

Сталкиваются две тележки известной массы, движущиеся с некоторыми скоростями навстречу друг другу. Удар **частично упругий**. Масса m_1 первой тележки указана в модели, масса второй тележки $m_2 = 0.9$ кг.

Определите координату точки, в которой произошел удар, а также модули скоростей тележек до и после соударения.

Координату и скорости определите с точностью до сотых.

Индикаторы координат и времени показывают значения соответствующих величин в момент удара и в момент нажатия клавиши «Пауза».



Решение:

Координата точки, в которой произошел удар, находится простым измерением – при этом необходимо в подходящий момент времени нажать кнопку “Пауза”. Скорости тележек до и после соударения находятся одинаковым способом: измеряется координата тележки x_1 в момент времени t_1 (соответствующий моменту нажатия кнопки “Пауза”, при этом надпись на кнопке меняется на “Продолжить”). - С помощью нажатия кнопки “Пауза” получают “моментальную фотографию” состояния системы для соответствующего момента времени.

Затем возобновляют движение тележек нажатием на кнопку “Продолжить” (при этом надпись на кнопке меняется на “Пауза”) и вновь останавливают движение тележек (получают “моментальную фотографию”). Измеряют координату тележки x_2 в момент времени t_2 . Скорость тележки находят как $v = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

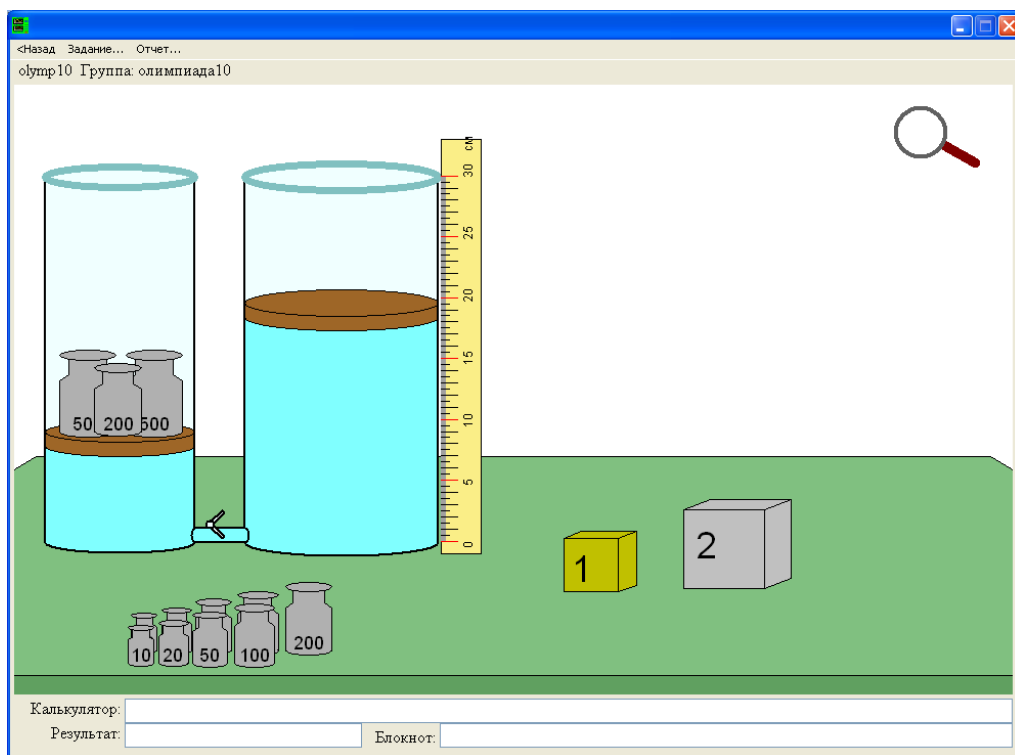
4. Модель: Гидравлический пресс (28 баллов)

В сообщающихся сосудах находится вода (плотность 1 г/см^3). Сверху положены невесомые диски, на которые можно ставить тела.

Определите объём кубов, площади поперечного сечения левого и правого сосудов, а также массы первого и второго куба. Объёмы и площади определите с точностью до единиц, а массы – до десятков. 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 назначается по одному штрафному баллу.

Линейку можно перемещать, в том числе при использовании увеличительного стекла.

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



Модель аналогична использовавшейся в 9 классе.

5. Модель: Движение частицы в электрическом поле (15 баллов)

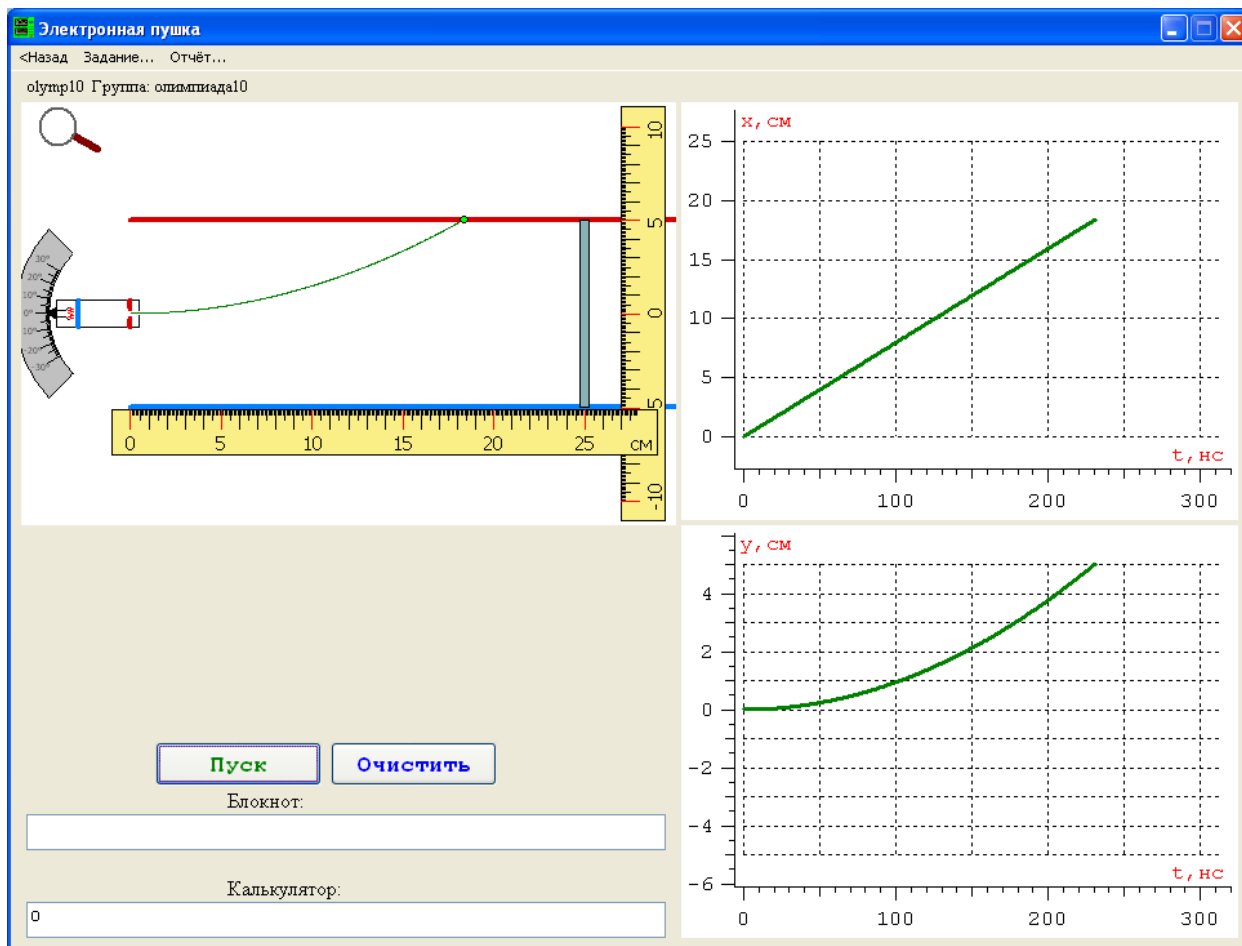
Заряженная частица вылетает из электронной пушки и движется в постоянном электрическом поле, создаваемом двумя параллельными пластинами, на которые подано постоянное напряжение.

Определите время (в наносекундах, $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$), прошедшее с момента вылета частицы из электронной пушки до столкновения с одной из пластин, начальную скорость частицы, и её ускорение вдоль оси y . Полученные результаты занесите в отчет и отправьте на сервер для проверки и начисления баллов. Время и скорость округлять до целых, ускорение - до сотых.

Вертикальную и горизонтальную линейки можно перемещать. При считывании с их помощью результатов рекомендуется использовать увеличительное стекло, которое можно перемещать за ручку. Щелчок в любом месте окна возвращает первоначальный масштаб.

Выделение мышью области графика (нажать кнопку мыши и вести вправо вниз, а затем отпустить кнопку)- позволяет увеличивать изображение выбранной области графика. При необходимости можно опять выбрать нужный участок графика для показа во всём окне, и так далее.

Движение в обратном направлении (справа налево снизу вверх) в любой части того же окна либо вызов правой кнопкой мыши всплывающего меню и выбор пункта "Восстановить масштаб" восстанавливает первоначальный масштаб графика.



Модель аналогична использовавшейся в 9 классе.

6. Какой заряд надо поместить посередине? (4 балла)

В двух вершинах равностороннего треугольника расположены одинаковые точечные заряды 17 мкКл и 17 мкКл. Какой заряд надо поместить посередине между этими зарядами, чтобы напряженность электрического поля в третьей вершине сохранила направление и увеличилась на 25%?

Ответ вводит с точностью до сотых. Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр. Вычисление квадратного корня из X в BARSIC можно проводить с помощью функции $\text{sqrt}(X)$.

Третий заряд = _____ мкКл

Решение:

Без дополнительного заряда:

$$E_{\text{рез}} = 2k \frac{q}{a^2} \cos 60 = k \frac{q}{a^2}, \text{ где } a\text{-сторона треугольника, } k\text{-постоянная из закона Кулона.}$$

С дополнительным зарядом: $E'_{\text{рез}} = \sqrt{\left(k \frac{q}{a^2}\right)^2 + \left(k \frac{q'}{h^2}\right)^2}$, где h -высота треугольника

По условию $E'_{\text{рез}} = 1.25 E_{\text{рез}}$, отсюда $q' = \pm \frac{9}{16} q$

7. Найти показания весов (5 баллов)

На пружинных весах стоит сосуд с водой, в которую полностью погружен кусок металла, висящий на нити и не касающийся дна и стенок сосуда. Весы показывают при этом 8.2 Н. Найти показания весов для случая, когда кусок металла положили на дно сосуда с водой. Масса куска металла 320 г, плотность 6.4 г/см³. Плотность воды 1 г/см³.

Ответ вводить с точностью до сотых.

Показание весов = _____ Н

Решение:

Обозначим вес сосуда за $P_{\text{сосуда}}$. Показания весов P_1 , когда брусок висит на нити,

$$\text{равны: } P_1 = P_{\text{сосуда}} + \rho_{\text{в}} g V = P_{\text{сосуда}} + \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho} mg$$

Показания весов P_2 , когда брусок кладут на дно, равны: $P_2 = P_{\text{сосуда}} + mg$.

$$\text{Отсюда, исключая вес сосуда, получаем: } P_2 = P_1 + mg \left(1 - \frac{\rho_{\text{в}}}{\rho} \right)$$

8. На каком расстоянии от заряда остановится тело?(8 баллов)

На горизонтальной шероховатой поверхности закреплен заряд $q_1 = 4$ мкКл. Тело массы $m = 158$ г, имеющее заряд $q_2 = 2$ мкКл, может перемещаться по поверхности. На каком расстоянии L от заряда тело остановится, если в начальный момент оно покоилось и находилось на расстоянии $L_0 = 40$ см от закрепленного заряда? Коэффициент трения равен $\mu = 0.2$. Постоянная в законе Кулона равна $K = 9 \cdot 10^9$ м/Ф, $g = 9.8$ м/с².

Ответ вводить с точностью до десятых. Вычисления проводить с точностью до 4 значащих цифр.

Решение:

По условию $k \frac{q_1 q_2}{L_0^2} > \mu mg$, поэтому тело сдвинется с места. Используя соотношение для

начальной и конечной энергии $W_2 - W_1 = A_{\text{тр}}$, где $W_2 = k \frac{q_1 q_2}{L}$, $W_1 = k \frac{q_1 q_2}{L_0}$,

$$A_{\text{тр}} = -\mu mg (L - L_0) \text{ получаем } k \frac{q_1 q_2}{L_0} = k \frac{q_1 q_2}{L} + \mu mg (L - L_0),$$

откуда следует, что $\mu mg L^2 - (\mu mg L_0 + k \frac{q_1 q_2}{L_0}) L + k q_1 q_2 = 0$. Решая это квадратное

уравнение, учитывая условие $k \frac{q_1 q_2}{L_0^2} > \mu mg$ и выбирая корень не равный L_0 , находим

$$L = k \frac{q_1 q_2}{\mu mg L_0}$$