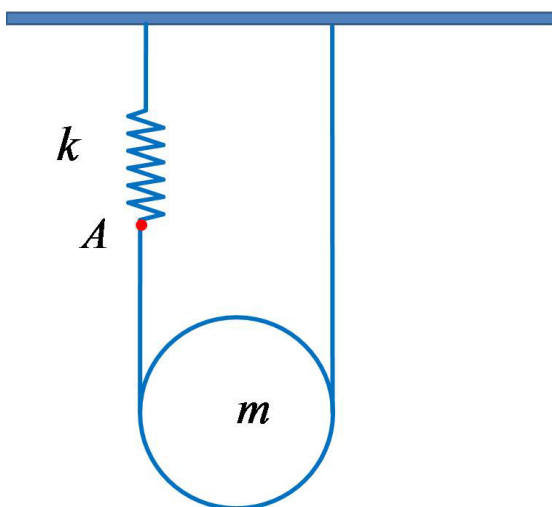


## 11 класс, заключительный тур

### Задание 1. Олимпиада, задача: Колесо на пружине (25 баллов)



По ободу тонкого кольца массой  $m=10.2$  кг и радиусом  $R=47$  см сделан паз, внутрь которого вставлен трос. При движении троса колесо поворачивается без проскальзывания. Один конец троса закреплён на потолке, второй - присоединён к пружине жёсткостью  $k=390$  Н/м. Сначала колесо удерживают неподвижным, прикладывая некоторую силу в точке А, чтобы пружина не была деформированной, затем отпускают. В системе возникают колебания. Потерями механической энергии можно

пренебречь. Определите:

- 1) Величину силы  $F$ , которую надо было прикладывать к точке А.
- 2) Величину максимальной деформации пружины  $\Delta X$  в процессе движения колеса.
- 3) Скорость  $V$  центра колеса, когда он в первый раз пройдёт положение равновесия.
- 4) Максимальную угловую скорость  $W_{\max}$  вращения колеса вокруг оси, проходящей через его центр, перпендикулярно его плоскости.
- 5) Полную кинетическую энергию  $E$  колеса, когда его центр опустился на расстояние  $L=10$  см относительно начального положения.

Ускорение свободного падения примите равным  $9.8$  м/с<sup>2</sup>. В ответ первые два числа вводите с точностью до десятых, остальные - с точностью до сотых. Задание разрешено переделывать, но за каждую повторную попытку начисляется до 5 штрафных баллов.

Введите ответ:

Сила, которую прикладывали к точке А,  $F =$   Н, ( $49.984 \pm 0.11$ )

Величина максимальной деформации пружины в процессе

движения колеса  $\Delta X =$   см, ( $25.63 \pm 0.11$ )

Скорость центра колеса в момент прохождения

положения равновесия,  $V =$   м/с, ( $0.5599 \pm 0.011$ )

Максимальная угловая скорость вращения колеса,  $W_{\max} =$   рад/с, ( $1.1924 \pm 0.011$ )

Кинетическая энергия колеса,  $E =$   Дж, ( $2.1956 \pm 0.011$ )

### Задание 2. Олимпиада, модель: Неисправные весы - определите массу тел (15 баллов)

В рычажных весах оказалась немного сдвинута от центра точка крепления коромысла, но ими всё-таки можно пользоваться, если немного подумать. Определите с максимальной возможной точностью массу тел №1, №2 и №3.

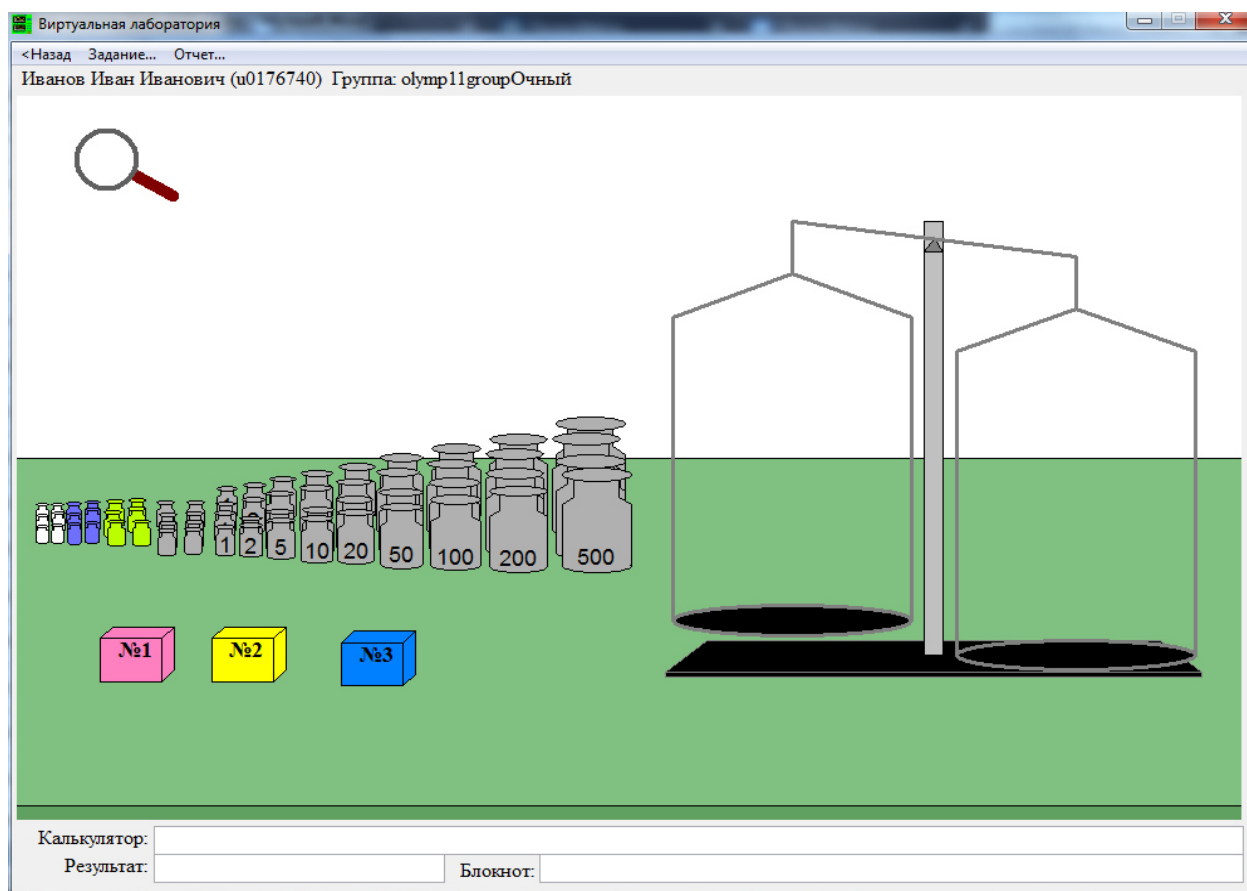
Числа на гирях указывают их массу в граммах. Учтите, что коромысла и чашки весов имеют небольшой ненулевой вес.

Задание разрешено переделывать, но за каждую повторную попытку начисляется до 3

штрафных баллов.

Комбинация клавиш Ctrl-C - копирование выделенной строки в буфер обмена.

Комбинация клавиш Ctrl-V - вставка данных из буфера обмена.



Тело	Масса, г	
Тело №1		$595 \pm 1$
Тело №2		$480 \pm 0.8$
Тело №3		$60 \pm 0.2$

### **Задание 3. Олимпиада, модель: Газовый пресс (25 баллов)**

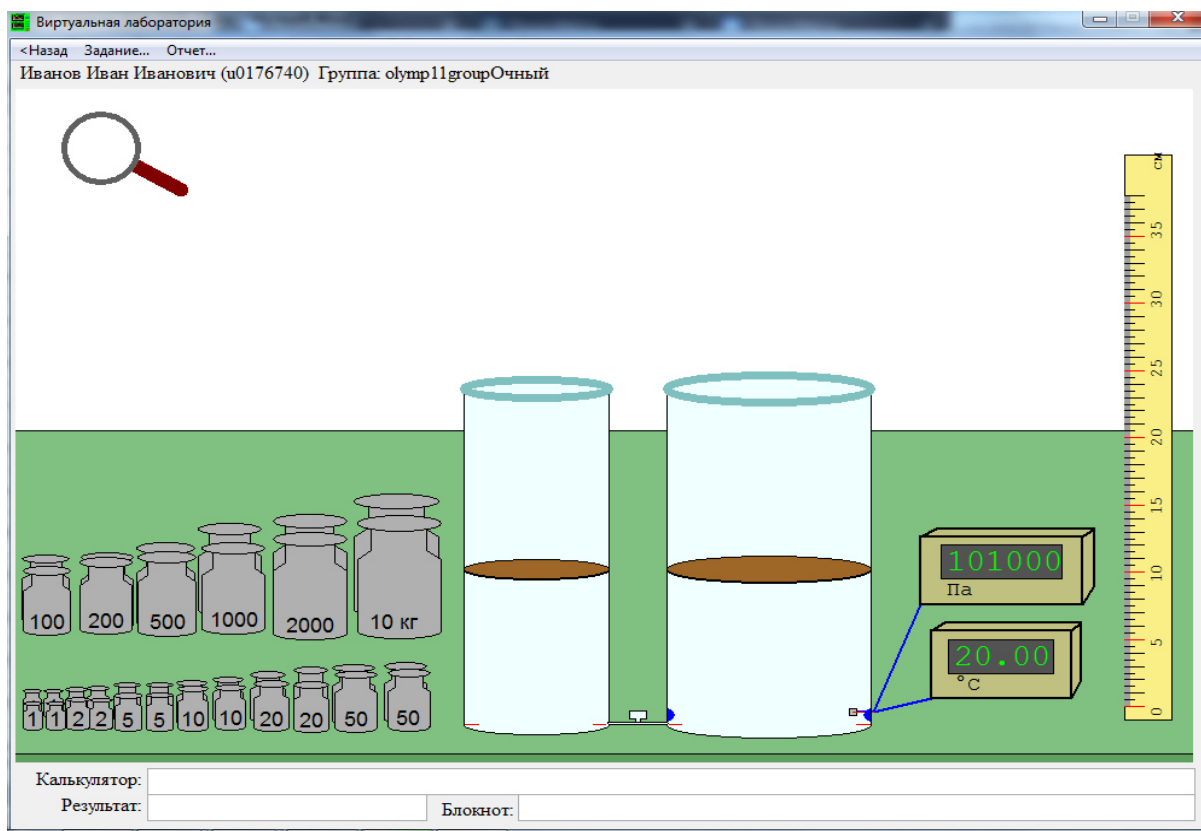
В цилиндрических теплоизолированных сосудах с невесомыми поршнями содержится некоторый газ. Уравнение адиабаты  $pV^k = \text{const}$ , температуру абсолютного нуля считайте равной  $T_0 = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Определите:

1. площадь  $S_2$  поперечного сечения правого поршня - с точностью до десятых;
2. площадь  $S_1$  поперечного сечения левого поршня - с точностью до десятых;
3. показатель адиабаты  $k$  - с точностью до тысячных;
4. количество молей газа, содержащегося в цилиндрах - с точностью до тысячных;
5. давление  $p$  газа после установления равновесия (в килоПаскалях), если соединительная трубка между сосудами открыта, на левый поршень поставлен груз массой  $M_1 = 22 \text{ кг}$ , а на правый поставлен груз массой  $M_2 = 43.5 \text{ кг}$  - с точностью до десятых.

Числа на гирях указывают их массу в граммах. Ускорение свободного падения  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8.31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ . При измерениях можно пренебречь трением, объемом газа в соединительной трубке между сосудами, массой поршней и изменением центра масс газа.

Задание разрешено переделывать, но за каждую повторную попытку начисляется до 5 штрафных баллов.  
 Комбинация клавиш Ctrl-C - копирование выделенной строки в буфер обмена.  
 Комбинация клавиш Ctrl-V - вставка данных из буфера обмена.



Площадь S2	<input type="text"/> см <sup>2</sup>	150.865 ± 0.11
Площадь S1	<input type="text"/> см <sup>2</sup>	75.45 ± 1.5
Показатель адиабаты k	<input type="text"/>	1.3299 ± 0.003
Количество молей газа	<input type="text"/>	0.108 ± 0.003
Давление p	<input type="text"/> кПа	129.25 ± 0.5

#### **Задание 4. Олимпиада, модель: Положительно заряженные шарики на подставках (20 баллов)**

Имеется рельс, линейка и два шарика, заряженных прикосновением к положительной клемме источника высокого напряжения, отрицательная клемма которого заземлена. Шарики установлены на подставки, которые можно двигать, потянув за верхнюю часть подставки вверх-вниз мышкой. Кроме того, имеется датчик напряженности электрического поля, реагирующий только на величину (**по модулю**) поля в его центре, но не на направление этого поля. Он закреплён на подставке, находящейся в центре рельса и показан маленьким красным кружком.

Определите:

1. заряд Q1 левого шарика;
2. заряд Q2 правого шарика.
3. вклад E1 левого шарика (фиолетового) в напряженность электрического поля в центре датчика в начальном состоянии системы (то есть какую величину напряженности

электрического поля E1 показал бы датчик в начальном состоянии, если бы правый шарик не был заряжен);

4. вклад E2 правого шарика (зелёного) в напряженность электрического поля в центре датчика в начальном состоянии системы (то есть какую величину напряженности электрического поля E2 показал бы датчик в начальном состоянии, если бы левый шарик не был заряжен);

Значения E1 и E2 определите с точностью не хуже чем доли процента, заряды - не хуже чем до сотых, и отошлите результаты на сервер. В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр.

Постоянная в законе Кулона  $K=1/(4\cdot\pi\cdot\epsilon_0)=9\cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$ , а поле вне заряженного шарика в данном задании можно считать соответствующим полю такого же точечного заряда, расположенного в центре шарика. Напоминаем, что  $1 \text{ нКл}=10^{-9} \text{ Кл}$ .

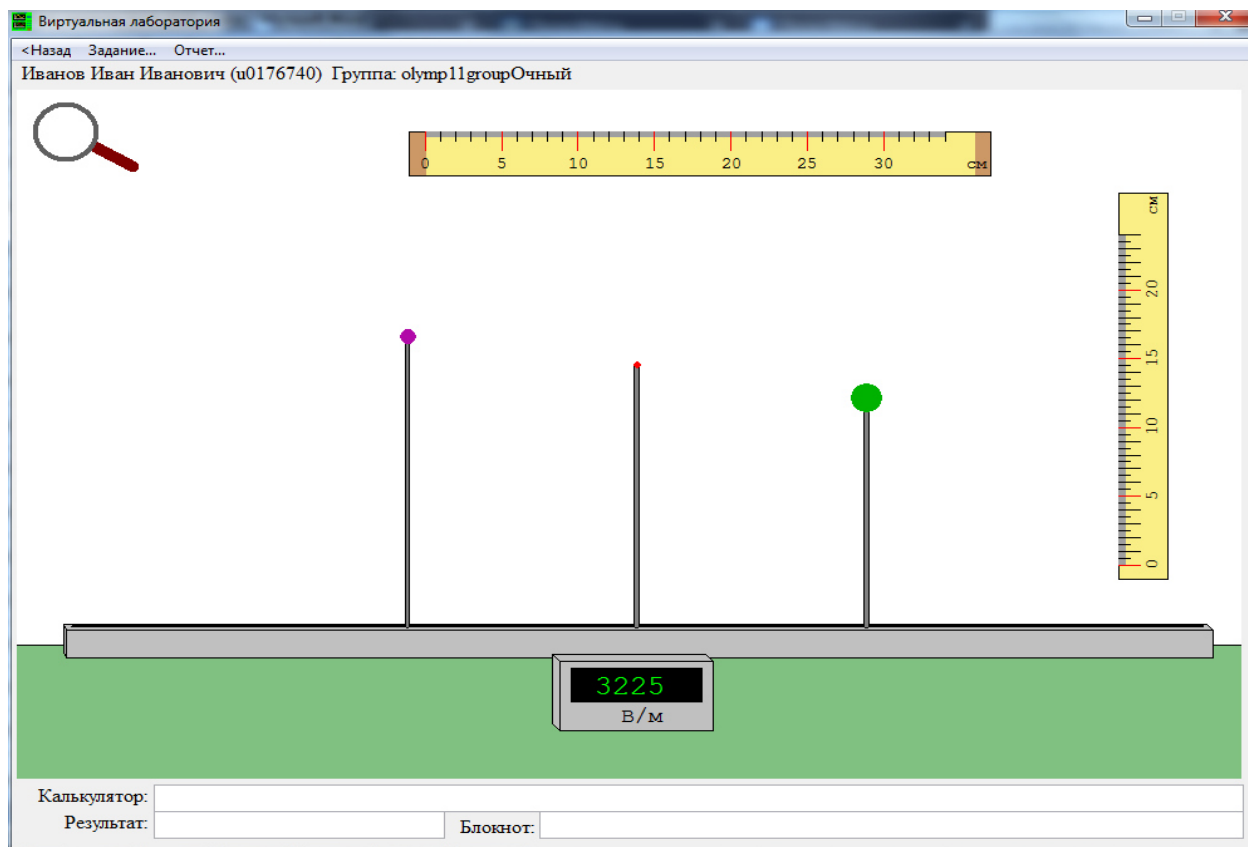
Первоначальную конфигурацию можно восстановить, если выйти из модели и снова зайти. За это не назначается штрафных баллов. Но до выхода не забудьте записать значения, которые вы вводили в отчёт - при повторном входе они могут не сохраниться.

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

Задание разрешено переделывать, но за каждую повторную попытку начисляется до 4 штрафных баллов.

Комбинация клавиш Ctrl-C - копирование выделенной строки в буфер обмена. Комбинация клавиш Ctrl-V - вставка данных из буфера обмена.

В калькуляторе можно использовать сложение, вычитание, умножение \*, деление /, функции  $\sqrt{x}$  - квадратный корень из x, а также  $\sin(x)$ ,  $\cos(x)$ ,  $\text{tg}(x)$ ,  $\arcsin(x)$ ,  $\arccos(x)$ ,  $\text{arctg}(x)$  и т.д., а также выражения любой сложности с использованием этих операций (не забывайте заключать части выражений в круглые скобки и ставить символ умножения).



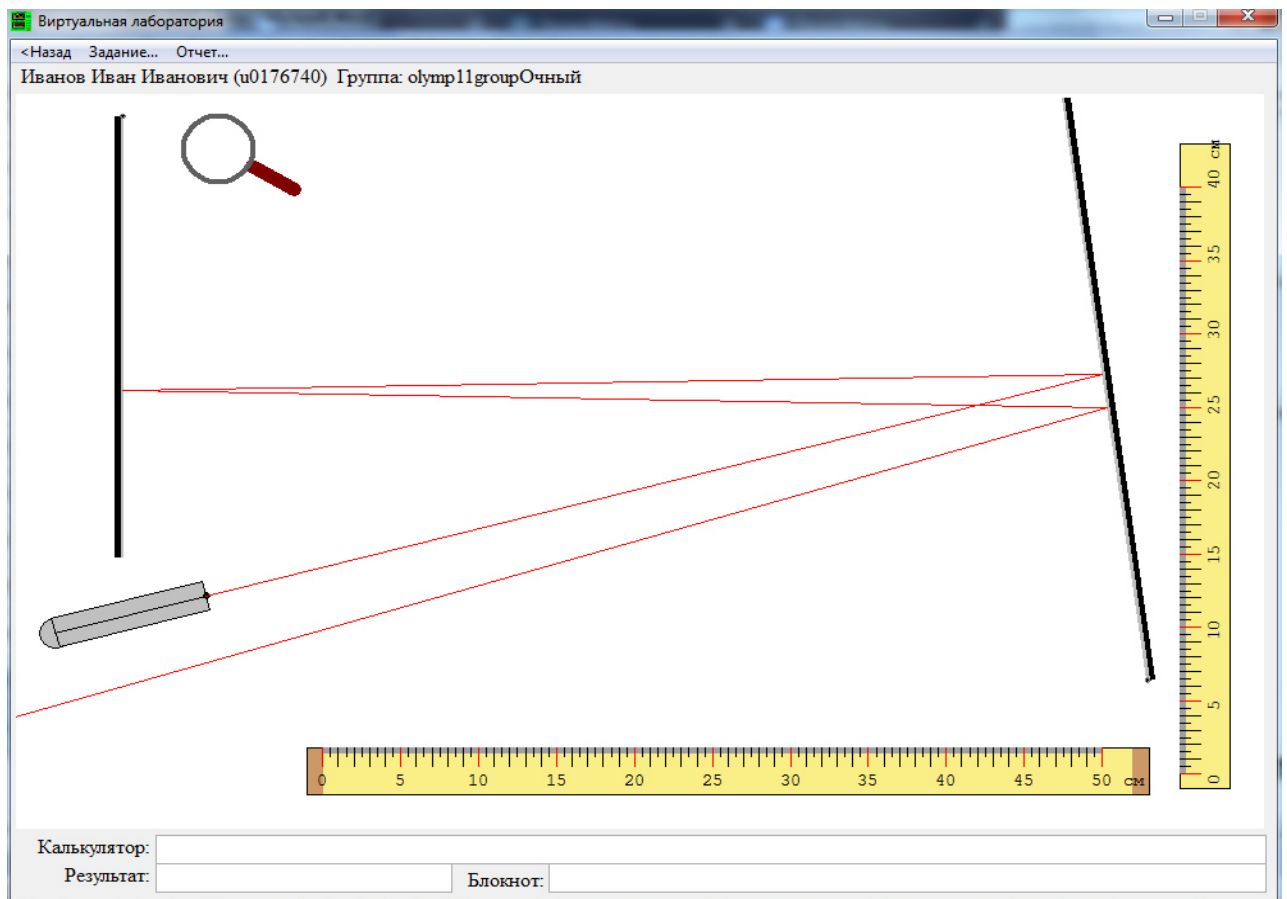
Заряд Q1 левого шарика	<input type="text"/>	нКл	8.3333333333 ± 0.083333333333
Заряд Q2 правого шарика	<input type="text"/>	нКл	16.6666666667 ± 0.166666666667
Напряженность поля E1	<input type="text"/>	В/м	2778.90992627 ± 27.7890992627
Напряженность поля E2	<input type="text"/>	В/м	6500.2600104 ± 162.50650026

### Задание 5. Олимпиада, модель: Лазер и два зеркала (20 баллов)

Имеется лазер, два зеркала и две линейки. Лазер, одно из зеркал и одну линейку можно вращать.

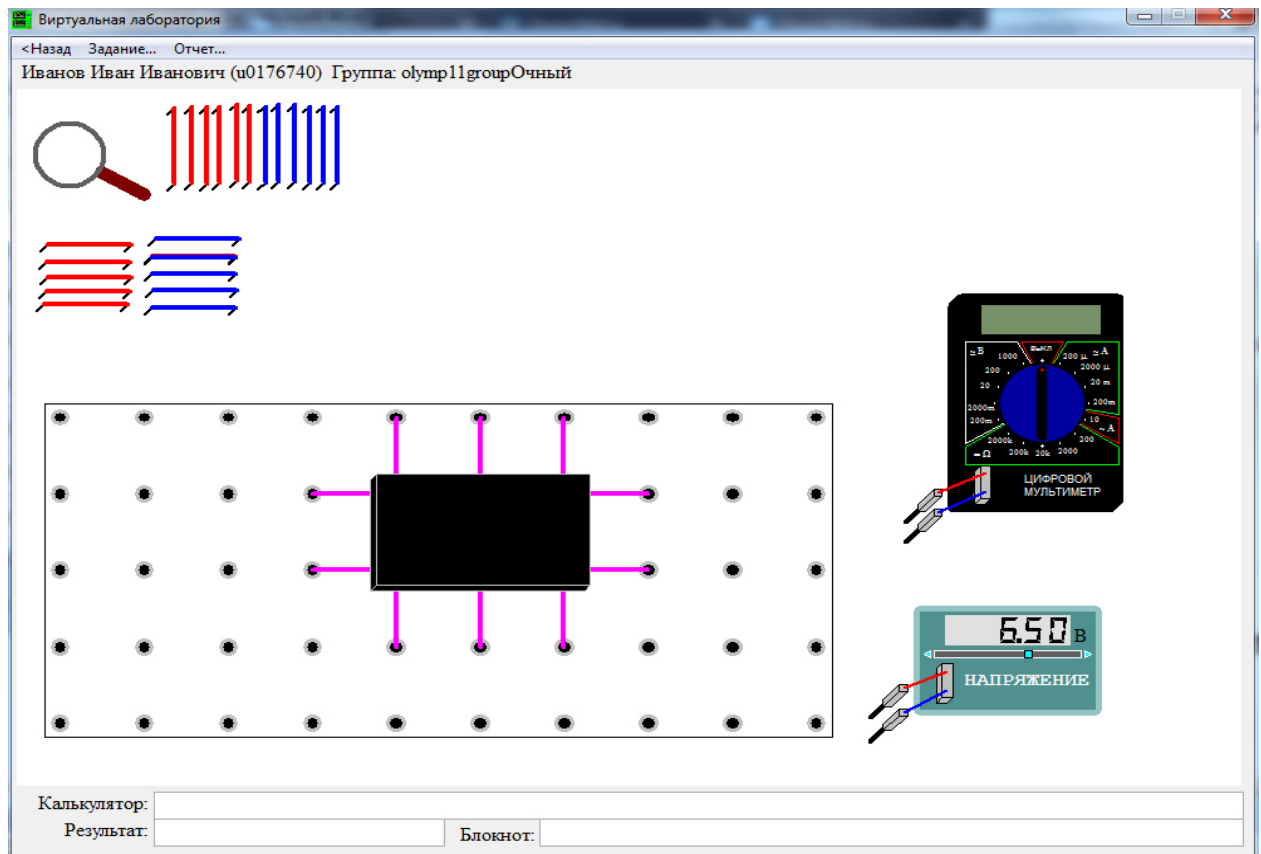
1. Лазер начали вращать против часовой стрелки так, что испускаемый им луч стал вращаться с угловой скоростью  $\omega=0.86$  радиан в секунду. Чему равна угловая скорость  $\omega_1$  вращения (изменения наклона) луча, первый раз отражённого от правого зеркала? (с учётом знака, с точностью до тысячных)
2. Чему равна при этом угловая скорость  $\omega_2$  вращения (изменения наклона) луча, второй раз отражённого от правого зеркала? (с учётом знака, с точностью до тысячных)
3. Правое зеркало начали вращать против часовой стрелки с угловой скоростью  $\omega=0.86$  радиан в секунду. Чему равна угловая скорость  $\omega_3$  вращения (изменения наклона) луча, первый раз отражённого от правого зеркала? (с учётом знака, с точностью до тысячных)
4. Чему равна при этом угловая скорость  $\omega_4$  вращения (изменения наклона) луча, второй раз отражённого от правого зеркала? (с учётом знака, с точностью до тысячных)

Задание разрешено переделывать, но за каждую повторную попытку начисляется до 4 штрафных баллов.



Угловая скорость вращения $\omega_1$	<input type="text"/> рад/с	$-0.86 \pm 0.001$
Угловая скорость вращения $\omega_2$	<input type="text"/> рад/с	$-0.86 \pm 0.001$
Угловая скорость вращения $\omega_3$	<input type="text"/> рад/с	$1.72 \pm 0.001$
Угловая скорость вращения $\omega_4$	<input type="text"/> рад/с	$3.44 \pm 0.001$

**Задание 6. Олимпиада, модель: Олимпиада, модель: Исследование многополюсника с тремя резисторами (15 баллов)**



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

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

Определите с точностью до десятых процента значения  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ .

Приборы и провода можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели. На шкале мультиметра буква  $\mu$  у диапазона означает "микро", буква m - "милли".

Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки. В данной работе измерение сопротивлений в мультиметре отключено. Внутреннее сопротивление мультиметра в режиме амперметра пренебрежимо мало. Напряжение источника постоянного тока регулируется перемещением его движка или щелчками по цветным треугольникам, расположенным по краям шкалы.

Задание разрешено переделывать, но за каждую повторную попытку начисляется до 3 штрафных баллов.

R <sub>1</sub>		Ом	$15.8 \pm 0.158$
R <sub>2</sub>		Ом	$160 \pm 1.28$
R <sub>3</sub>		Ом	$273 \pm 2.184$