

## О заданиях итогового (очного) тура 2015/2016 учебного года

Особенностью олимпиады являются задания на основе моделей виртуальных лабораторий. В моделях задание состояло из нескольких частей: в моделируемой системе с помощью предоставленных инструментов требовалось измерить различные физические величины. При этом полное выполнение задания требовало очень сложных последовательностей действий и измерений, причём результат можно было получать самыми различными путями (последовательность правильных действий была недетерминированной, как в реальном эксперименте).

Для каждого участника генерировался *индивидуальный набор данных и соответствующих им ответов*, ответы проверялись автоматически со стороны сервера. Поэтому в дальнейших примерах приводится **по одному из огромного числа предлагавшихся участникам вариантов**. В случае неправильного или частично правильного ответа разрешались повторные отсылки исправленных результатов на сервер, но со *штрафными баллами*.

В моделях ответы сами по себе не имеют смысла – но их можно получить только в результате выполнения последовательности действий и измерений, причём в большинстве моделей – весьма нетривиальных, требующих творческого подхода. При этом, как правило, обеспечивается несколько разных вариантов решения проблемы, при наличии избыточного количества имеющихся инструментов и недетерминированной последовательности действий.

Сложность заданий рассчитывалась по процентам выполнения задания как отношение суммы набранных участниками баллов за задание к максимально возможной сумме баллов за выполнение задания участниками (если бы все они получили за задание максимальный балл).

**Сложность заданий** является характеристикой, зависящей от способностей участников. Для “сильного” состава участников задания, являющиеся очень сложными для обычных школьников, окажутся средней или низкой сложности.

Анализ результатов участников заключительного тура всероссийской олимпиады по физике, участвовавших в очном туре интернет-олимпиады, показал, что баллы, набранные на очном туре интернет-олимпиады, в 2015 году либо примерно соответствуют баллам заключительного этапа всероссийской олимпиады, либо превышают их. Во всех моделях наиболее сложные части заданий (им соответствует правый столбец на гистограмме) по сложности были уровня международной олимпиады. Самое простое задание олимпиады

для 11 класса (Тело скользит по хорде полусферы, часть 1) по оценке имела сложность, соответствующую самым сложным заданиям ЕГЭ.

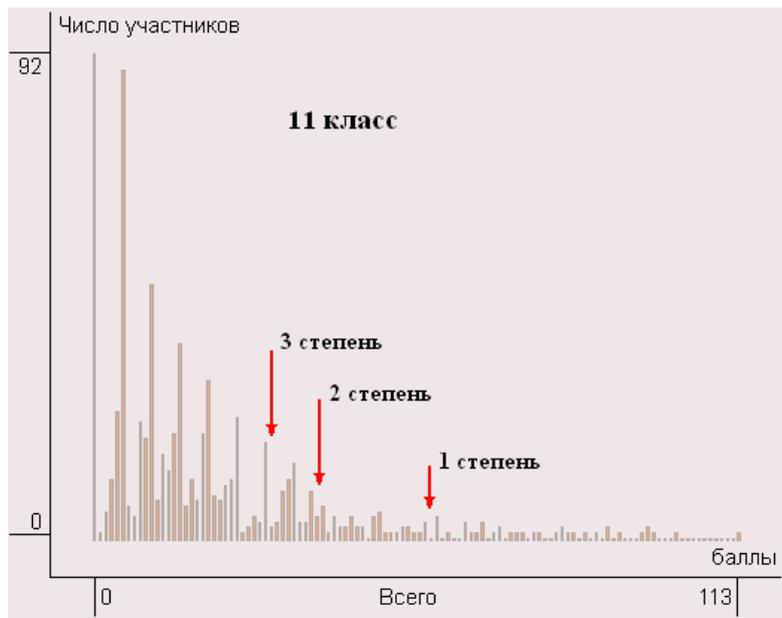
В олимпиаде присутствовали теоретические задания, однако имеется много олимпиад, проверяющих теоретические способности учащихся. Поэтому в интернет-олимпиаде основное внимание уделялось **проверке способности практического использования имеющихся знаний при проведении эксперимента** (виртуального, но по возможности копирующего современный реальный эксперимент, использующий компьютерное управление и цифровые измерительные приборы).

Таким образом, *олимпиада проверяет способности в том диапазоне сложности, который не проверяется ЕГЭ, и проверяет умения в области экспериментальной деятельности, которые также не проверяются ЕГЭ – и в редких случаях проверяется в олимпиадах РСОШ.*

### **О заданиях для 11 класса**

В очном туре приняло участие 714 учащихся 11-х классов. Все задания были абсолютно новыми – как модели, так и теоретические задачи не имели аналогов в олимпиадах предыдущих лет, в том числе в олимпиадах других вузов, всероссийских и международных. На гистограмме стрелками показаны баллы, соответствующие порогам для дипломов.

№	Задание	Процент выполнения участниками	Сложность
1	Олимпиада, задача: Планетат - безумная планета (15 баллов)	18%	высокая
2	Олимпиада, задача: Стержень и блок (15 баллов)	37%	средняя
3	Олимпиада, модель - Цилиндр с газом и поршнем на машинке и построение графика движения (15 баллов)	12%	высокая
4	Олимпиада, модель - Бруски на наклонном рельсе с пружиной и датчик скорости (15 баллов)	16%	высокая
5	Олимпиада, модель: Сложная цепь из пяти резисторов (25 баллов)	11%	высокая
6	Олимпиада, модель - Заряд шарика и расстояние до датчика напряженности электрического поля (15 баллов)	10%	высокая
7	Олимпиада, задача: Вращение обруча с шариком в электрическом поле (20 баллов)	9%	высокая



## 11 класс, заключительный (очный) тур

### Задание 1. Планетат - безумная планета (15 баллов)

В фантастическом рассказе Фредерика Брауна Планетат - планета, состоящая из сверхплотной тяжелой материи. Она во столько же раз плотнее обычной материи, из которой состоит очень тонкий внешний слой почвы Планетата, во сколько раз обычная материя плотнее атмосферы у поверхности планеты. В почве Планетата летают птицы-големы, состоящие из тяжелой материи. Определите:

- 1) массу  $m$  птицы-голема, если аналогичная ей птица из обычной материи имела бы массу  $m_0=3.6$  кг (с точностью до целых);
- 2) радиус  $r$  Планетата в километрах (с точностью до сотых);
- 3) во сколько тысяч раз  $K$  масса Планетата меньше массы Земли (с точностью до целых).

Атмосферное давление на Планетате считайте равным  $P_0=90$  кПа, температуру  $t=20$  °С, молярная масса атмосферы у поверхности планеты  $\mu=30$  г/моль. Сила тяжести на поверхности Планетата составляет 0.74 земной. Плотность почвы Планетата считайте равной  $\rho_0=1.8$  г/см<sup>3</sup>.

Гравитационная постоянная  $G=6.67E-11$  м<sup>3</sup>/(кг·с<sup>2</sup>). Ускорение свободного падения на Земле  $g_0=9.8$  м/с<sup>2</sup>, радиус Земли  $r_0=6400$  км. Газовая постоянная  $R=8.31$  Дж/(моль·К).

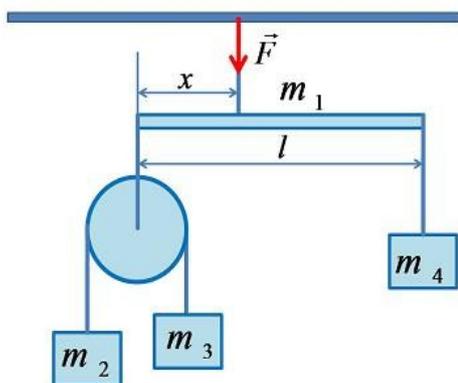
Введите ответ:

Масса птицы-голема =  кг, (5844 ± 10)

радиус Планетата  $r =$   км, (8.8836 ± 0.012)

Меньше массы Земли в  $K =$   тысяч раз, (701.4 ± 2)

### Задание 2. Стержень и блок (15 баллов)



Стержень массой  $m_1=1.2$  кг и длиной  $L=101$  см подвешен к потолку на нити, закреплённой на расстоянии  $x=28$  см от его конца. К этому же концу стержня прикреплен невесомый блок. Через блок перекинута невесомая, нерастяжимая нить, к концам которой привязаны грузы массами  $m_2=4.4$  кг и  $m_3=5$  кг. Определите:

- 1) массу груза  $m_4$ , который прикрепил к противоположному концу стержня, чтобы система находилась в равновесии во время движения грузов  $m_2$  и  $m_3$ ,
- 2) величину силы  $F$ , с которой подвес будет действовать на потолок во время движения грузов  $m_2$  и  $m_3$ ,
- 3) ускорение  $a$ , с которым будут двигаться грузы на блоке.

В ответ значения вводите с точностью до сотых. Ускорение свободного падения примите равным  $9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Введите ответ:

Масса груза  $m_4 =$   кг,  $(3.221 \pm 0.01)$

Сила, с которой подвес действует на потолок,  $F =$   Н,  $(135.07 \pm 0.01)$

Ускорение грузов на блоке,  $a =$   м/с<sup>2</sup>,  $(0.626 \pm 0.01)$

### Задание 3. Олимпиада, модель - Цилиндр с газом и поршнем на машинке и построение графика движения (15 баллов)

Радиуправляемая машинка начинает движение с постоянной скоростью при нажатии на пульте дистанционного управления кнопки Старт, ее можно останавливать нажатием кнопки Стоп и возвращать в начальное положение нажатием кнопки Сброс. Если машинку не остановить, она автоматически останавливается сама вблизи датчика.

Ультразвуковой датчик координаты подключен к цифровому прибору, который показывает на экране график зависимости от времени расстояния от датчика до поверхности поршня, который движется внутри цилиндрического сосуда.

Масса поршня  $M = 1.1$  кг, процессы в газе изотермические. Малые колебания поршня являются гармоническими.

Определите:

- скорость  $v$  движения машинки - с точностью до сотых,
- частоту колебаний поршня при **МАЛЫХ** отклонениях от положения равновесия - с точностью до сотых,
- начальное давление  $p_0$  газа в цилиндре - с точностью до десятков,

и отошлите результаты на сервер.

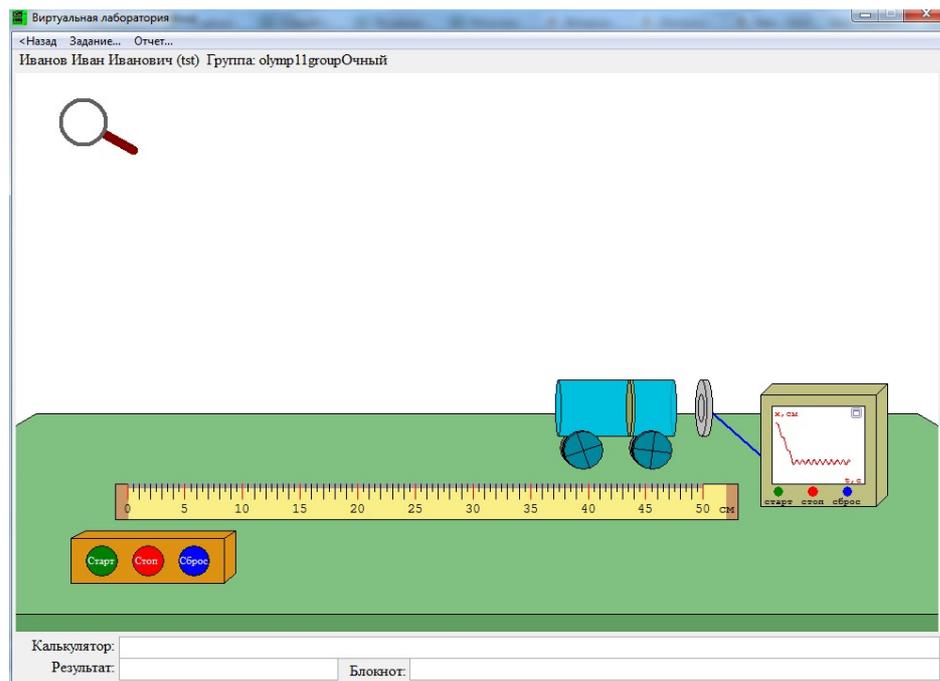
В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр. Просмотр экрана прибора **после окончания измерений** под увеличительным стеклом или в режиме максимизации окна прибора позволяет увидеть масштабную сетку и масштабировать графики, выделяя произвольное число раз необходимые участки.

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

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.

Для записи чисел в межпрограммный буфер обмена можно использовать комбинацию клавиш Ctrl-C, для копирования их из буфера в отчет - комбинацию Ctrl-V.

Задание разрешено переделывать, но за каждый неправильный ответ начисляется до 3 штрафных баллов.



Скорость $v$	<input type="text"/>	см/с	$(12.795 \pm 0.15)$
Частота малых колебаний	<input type="text"/>	Гц	$(1.419 \pm 2.5\%)$
Давление $p_0$	<input type="text"/>	Па	$(1100 \pm 5\%)$

#### Задание 4. Олимпиада, модель - Бруски на наклонном рельсе с пружиной и датчик скорости (15 баллов)

Бруски можно установить в нижней или верхней части наклонного рельса, при этом они автоматически закрепятся электромагнитами. Щелчок мыши по красной кнопке, расположенной около края рельса, включает или выключает электромагниты. Датчик скорости показывает скорость бруска при прохождении середины бруска (помечена красной стрелкой) координаты расположения оптических ворот (помечена красной вертикальной линией).

Масса бруска №1 равна 54.5 г. Он движется по наклонному рельсу без трения.

Брусок №2 движется по наклонному рельсу с трением.

Определите:

- модуль ускорения  $a_1$ , с которым брусок №1 движется по рельсу;
- массу  $m_2$  бруска №2;
- коэффициент трения  $k_2$  бруска №2 о рельс.

Массу определите с точностью не хуже чем до десятых, ускорение - до не хуже чем до тысячных, коэффициент трения - не хуже чем до десятитысячных, и отошлите результаты на сервер. В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр.

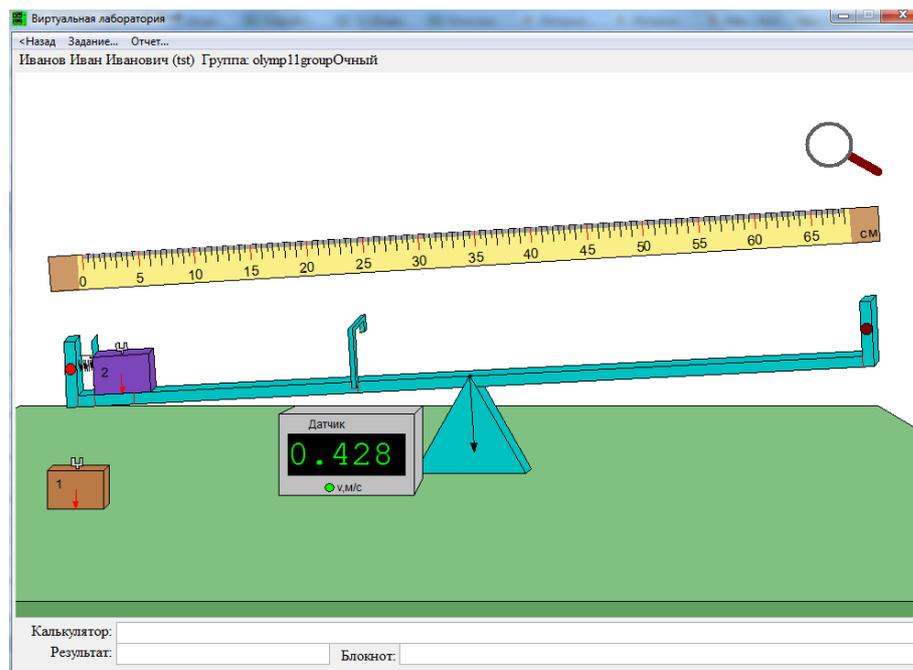
Ускорения свободного падения считайте равным  $9.8 \text{ м/с}^2$ .

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

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

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

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).



Ускорение $a_1$ бруска №1	<input type="text"/>	$\text{м/с}^2$	$(0.5095 \pm 0.005)$
---------------------------	----------------------	----------------	----------------------

Масса бруска №2	<input type="text"/>	г	$(72.5 \pm 0.25)$
Коэффициент трения k2 бруска №2	<input type="text"/>		$(0.03 \pm 0.0005)$

### Задание 5. Олимпиада, модель: Сложная цепь из пяти резисторов (25 баллов)

Имеется цепь из пяти соединённых резисторов, в которой можно подсоединяться только к их внешним клеммам. Найдите чему равны:

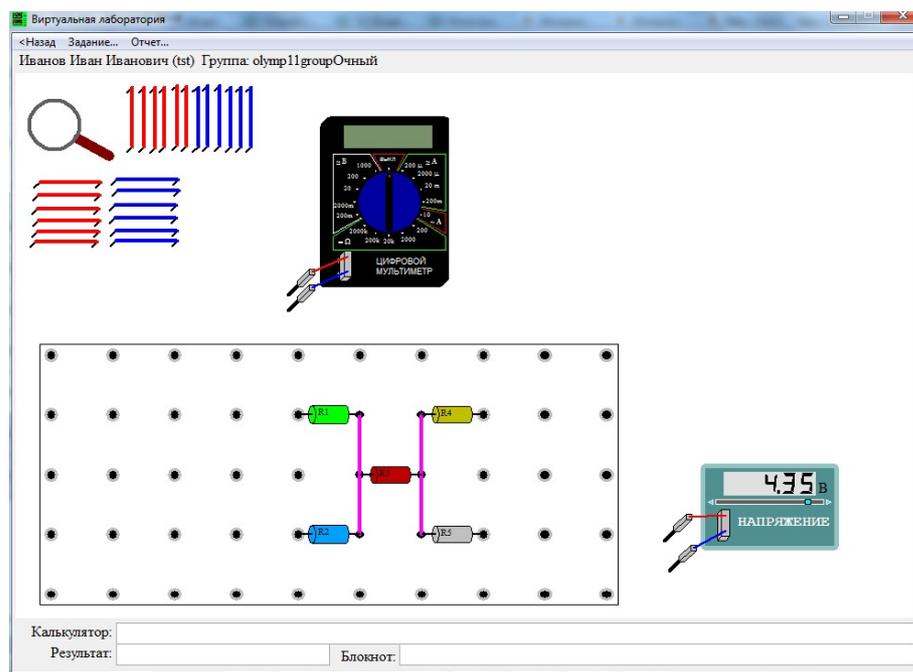
- сопротивление резистора R1;
- сопротивление резистора R2;
- сопротивление резистора R3;
- максимальная мощность  $W_{\max}$ , которую можно в данной схеме выделить на резисторе R3;
- минимальный ненулевой ток  $I_{\min}$ , который можно получить в данной схеме.

Ответы вводите с точностью до сотых.

Соберите для этого необходимые электрические схемы, проведите измерения и выполните расчеты. Занесите результаты в отчёт и отошлите его на сервер.

Мультиметр - измерительный прибор, позволяющий измерять токи, напряжения и сопротивления - в данном задании доступно только измерение напряжений и токов. При превышении величины максимального значения для выбранного диапазона на индикаторе появляется сообщение об ошибке измерения. Буква  $\mu$  у диапазона мультиметра означает "микро", буква m - "милли". Тип измеряемой величины и предел измерительной шкалы мультиметра меняется с помощью поворота ручки.

Напряжение на выходе источника напряжения в данном задании нельзя менять. Элементы можно перетаскивать мышью и подключать к клеммам панели. К клеммам можно подсоединять мультиметр и провода, имеющие практически нулевое сопротивление.



Сопротивление R1	<input type="text"/>	Ом	$(62.6 \pm 0.31)$
Сопротивление R2	<input type="text"/>	Ом	$(9.4 \pm 0.047)$
Сопротивление R3	<input type="text"/>	Ом	$(92.5 \pm 0.463)$
Мощность $W_{3\max}$	<input type="text"/>	мВт	$(77.13 \pm 0.39)$

Ток I <sub>min</sub>	<input type="text"/>	мА (14.119 ± 0.071)
----------------------	----------------------	---------------------

### Задание 6. Олимпиада, модель - Заряд шарика и расстояние до датчика напряженности электрического поля (15 баллов)

Имеется рельс, линейки, маленький серый проводящий шарик (в правом нижнем углу), фиолетовый шарик (справа от серого) и высоковольтный блок питания: потенциал на его верхней клемме равен  $V1=27.7$  кВ, а на средней - некоторому значению  $V2$ . Кроме того, имеется датчик напряженности электрического поля, реагирующий только на величину поля в его центре, но не на направление этого поля. Он закреплён на подставке, находящейся в правой части рельса и показан маленьким красным кружком.

Диаметр серого шарика  $d=1.58$  см.

Каждый из шариков можно устанавливать на подставку, находящуюся в левой части рельса. Также его можно заряжать, прикоснувшись к клеммам высоковольтного блока питания или к другому шарика, находящемуся на подставке, и разряжать, прикоснувшись к клемме "Земля".

Подставку для шарика можно перемещать по рельсу, у подставки датчика можно менять высоту. Линейки можно перемещать мышью, но нельзя вращать. У линейек крупная цена делений.

Определите:

- начальное расстояние  $X$  между центрами подставок для серого шарика и датчика.
- заряд  $Q1$  серого шарика, если его зарядить от клеммы с напряжением  $V1$ ;
- напряжение  $V2$ ;

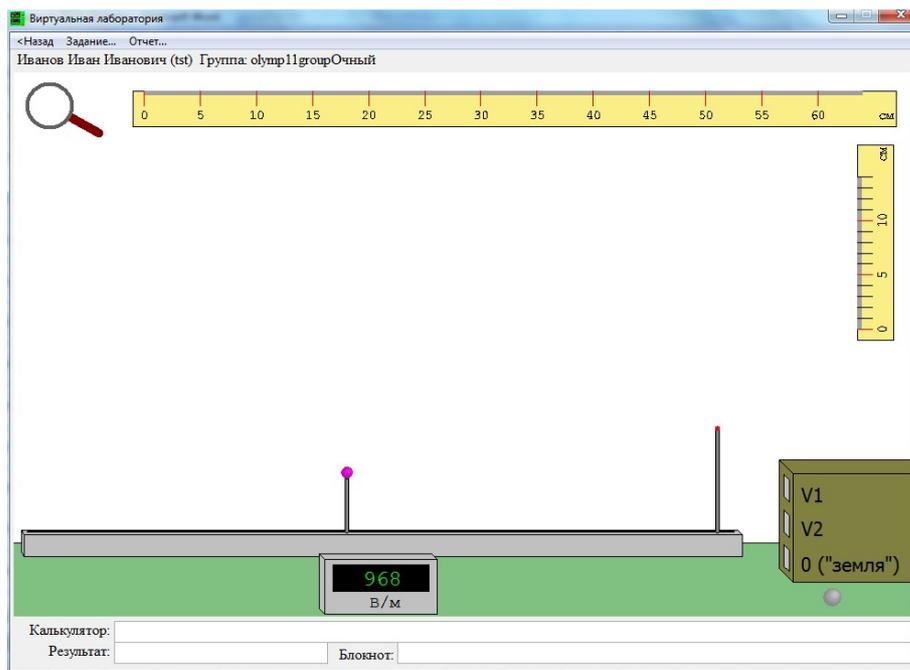
Все величины введите с точностью не хуже чем до сотых и отошлите результаты на сервер. В промежуточных вычислениях сохраняйте не менее 4 значащих цифр.

Постоянная (коэффициент пропорциональности) в законе Кулона  $K=1/(4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)=9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>, где  $\epsilon_0=8.85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м. Напоминаем, что 1 нКл= $10^{-9}$  Кл.

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

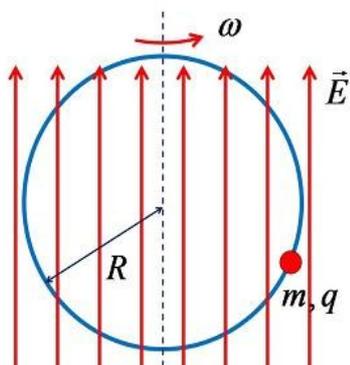
Задания можно переделывать, но за каждую повторную отсылку результатов на сервер назначается до 3 штрафных баллов.

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



Расстояние X	<input type="text"/>	см	(33 ± 0.08)
Заряд Q1	<input type="text"/>	нКл	(24.315 ± 0.05)
Напряжение V2	<input type="text"/>	кВ	(-21.4 ± 0.08)

### Задание 7. Вращение обруча с шариком в электрическом поле (20 баллов)



Обруч радиусом  $R = 53$  см вращается вокруг вертикальной оси, лежащей в его плоскости, и проходящей через его центр. Маленький шарик массой  $m = 6.8$  г, имеющий заряд  $q = 2.2$  мк Кл, может без трения скользить по обручу. Система находится в однородном электрическом поле напряжённостью  $E_1 = 6900$  В/м, направленном вертикально вверх. Определите:

- 1) при какой максимальной угловой скорости вращения обруча  $\omega$  шарик будет находиться в состоянии устойчивого равновесия в нижней точке,
- 2) на каком расстоянии  $X$  от оси вращения шарик будет находиться в состоянии устойчивого равновесия, если обруч будет вращаться с частотой  $\omega_1 = 4.28$  с<sup>-1</sup>
- 3) на какой высоте  $H$  относительно нижней точки обруча

установится шарик, если частота вращения обруча будет составлять  $\omega_2 = 5.97$  с<sup>-1</sup>, а напряжённость поля увеличится до  $E_2 = 77000$  В/м,

4) какой будет в этом случае сила давления шарика на обруч  $F$ .

Ответы вводите с точностью до сотых. Ускорение свободного падения  $g = 9.8$  м/с<sup>2</sup>.

Введите ответ:

Максимальная угловая скорость, при которой шарик будет находиться в нижней точке,  $\omega =$

рад/с (3.7785 ± 0.011)

Расстояние от шарика до оси вращения  $X =$   см (33.2013 ± 0.011)

Высота, на которую поднимется шарик,  $H =$   см (95.3997 ± 0.011)

Сила давления шарика на обруч  $F =$   Н (0.1287 ± 0.011)