

## 11 класс, заключительный (очный) тур

### Задание 1. Олимпиада, задача: Система конденсаторов (15 баллов)

Конденсатор емкостью  $C_0=84$  мкФ заряжен до напряжения  $U_0=400$  В и отключён от источника. От него заряжают по одному  $N=29$  одинаковых незаряженных конденсаторов ёмкостью  $C=3.4$  мкФ каждый, подсоединяя их параллельно к конденсатору  $C_0$  и отключая сразу после установления равновесия. Определите:

- 1) Какую суммарную энергию  $E_1$  будут иметь все вновь заряженные конденсаторы.
  - 2) Какую суммарную энергию  $E_2$  будут иметь все вновь заряженные конденсаторы, если после зарядки соединить их все параллельно.
  - 3) Какой энергией  $E_3$  будет обладать батарея из  $N$  конденсаторов  $C$ , если, не заряжая, соединить их параллельно, а потом подключить к заряженному конденсатору  $C_0$ .
- Ответы вводите с точностью не хуже, чем до одного процента.

Введите ответ:

$$E_1 = \boxed{\phantom{000}} \text{ мДж,}$$
$$E_2 = \boxed{\phantom{000}} \text{ мДж,}$$
$$E_3 = \boxed{\phantom{000}} \text{ мДж,}$$

### Задание 2. Олимпиада, модель: Масс-спектрограф (20 баллов)

В масс-спектрографе имеется источник ионизированных частиц одного типа. Частицы можно по одной запускать нажатием на кнопку "Пуск" или изменением напряжения  $V$  на высоковольтном источнике напряжения. Степень ионизации получаемых частиц лежит в диапазоне от +1 до +4 и переключается (с неизвестным порядком и значением) выбором кнопок 1, 2, 3 в правом верхнем углу камеры.

Вся система находится в однородном магнитном поле  $B=0.1$  Тесла, направление поля перпендикулярно траектории частицы, оно показано около кнопки "Пуск". После запуска первоначально нейтральная частица, имеющая скорость, которую можно считать нулевой, ионизируется, после чего ускоряется продольным электрическим полем от этой области, имеющей нулевой потенциал, до потенциала  $U$ .

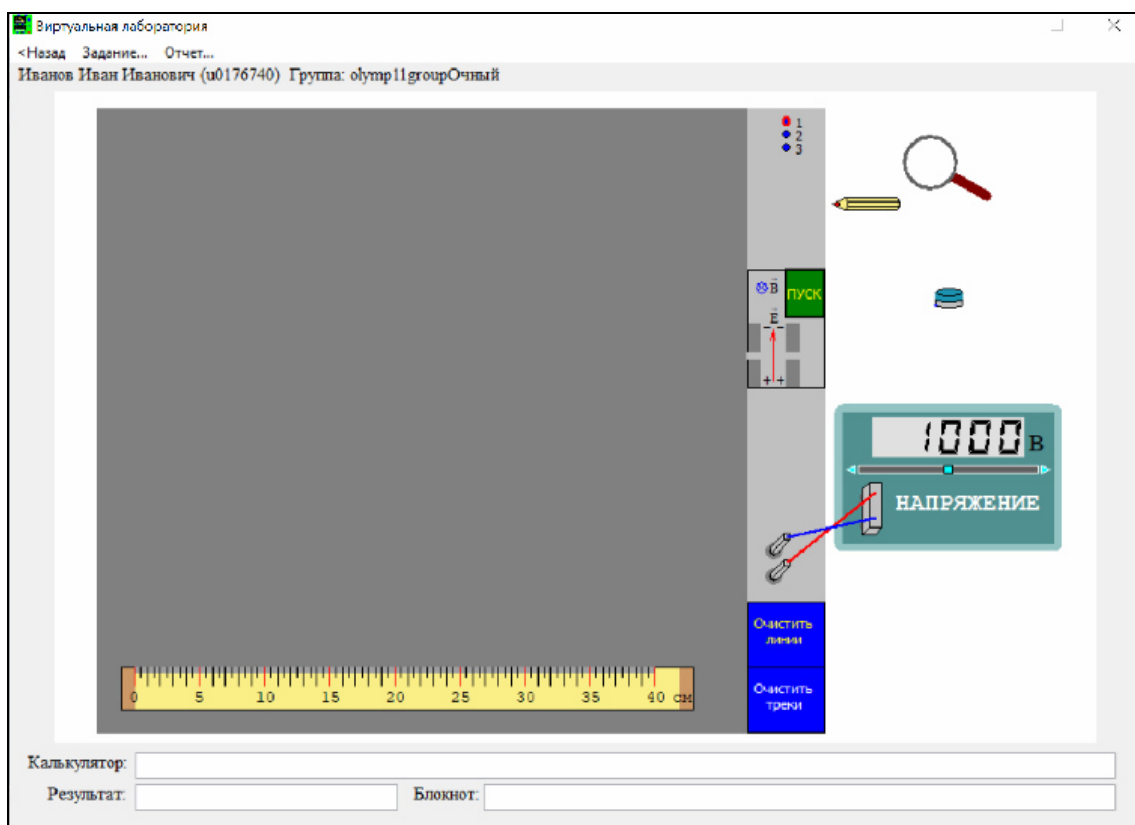
Затем заряженная частица пролетает между пластинами конденсатора, расстояние между которыми  $d=1$  см, на которые подано напряжение  $V$  с регулируемого источника напряжения. Направление напряженности  $E$  этого поперечного электрического поля показана красной стрелкой.

Если сила, создаваемая этим полем, компенсирует силу, создаваемую магнитным полем, заряженная частица пролетает сквозь отверстие, и в камере появляется трек от частицы. Если не компенсирует, частица ударяется в стенку, и наблюдается вспышка выше или ниже выходного отверстия - в зависимости от того, куда попала частица. Найдите чему равны:

- скорость  $v$  однократно ионизированной частицы;
- массу  $M$  частицы (в килограммах);
- массу  $m$  частицы (в  $\text{МэВ}/\text{C}^2$ , где  $C$  - скорость света);
- потенциал  $U$ .

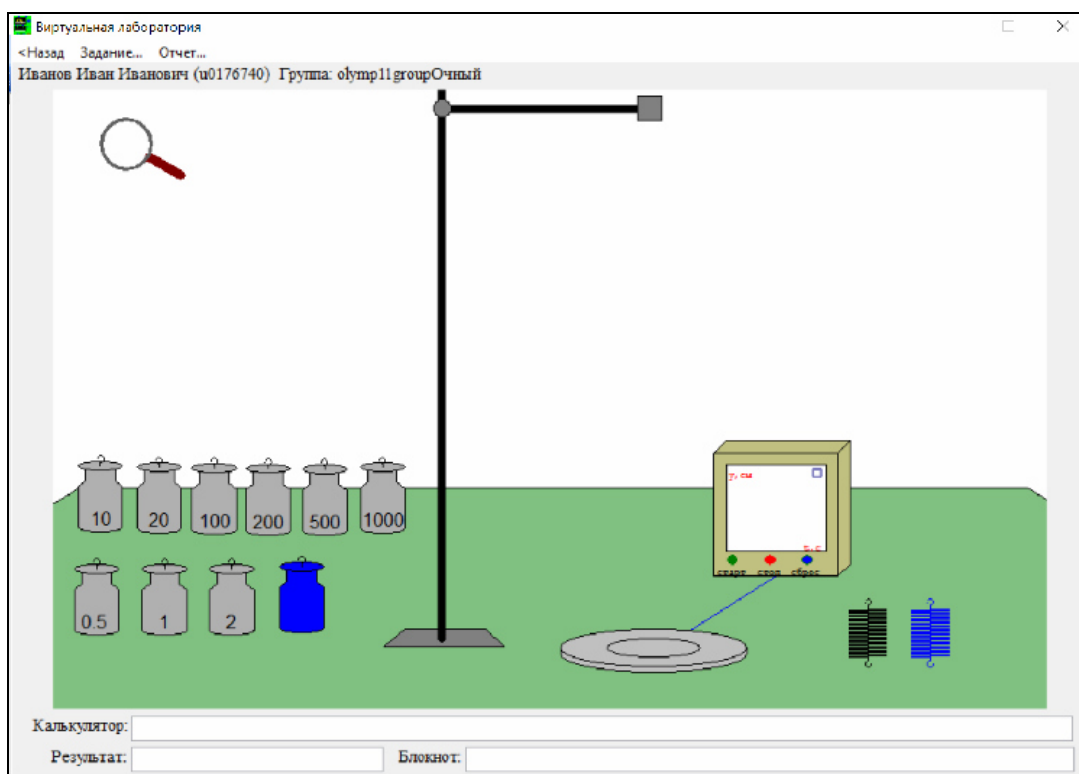
Ответы вводите с точностью не хуже чем до десятой процента.

Напряжение  $V$  регулируется движком или нажатиями на голубые треугольники по бокам от него. Элементарный заряд  $q_0=1.6022 \cdot 10^{-19}$  Кл, скорость света  $C=299\,792$  км/с .



Скорость $v$	<input type="text"/>	м/с
Масса $M$	<input type="text"/>	кг
Масса $m$	<input type="text"/>	$\text{МэВ}/\text{C}^2$
Потенциал $U$	<input type="text"/>	В

### Задание 3. Олимпиада, модель: Колебания грузов на линейной и нелинейной пружинах (35 баллов)



Имеется: неподписанная синяя гиря неизвестной массы; чёрная невесомая обычная пружина, у которой возвращающая сила при отклонении  $x$  от недеформированного состояния пружины

$$F_1 = -k_1 \cdot x,$$

синяя нелинейная пружина, у которой возвращающая сила при отклонении  $x$  от недеформированного состояния пружины

$$F_2 = -k_1 \cdot x - k_2 \cdot x^2,$$

штатив, в **лапку которого** (зажим) можно закреплять пружину, а к ней - подвешивать гирю; прибор с датчиком координаты. Также имеются гири различной массы, масса гирь указана в граммах. Определите:

- Коэффициент упругости пружины  $k_1$ .
- Коэффициент нелинейности пружины  $k_2$ .
- Массу  $M$  синей гири.
- Энергию  $E$  (в миллиДжоулях) упругой деформации черной пружины в состоянии равновесия после подвешивания на неё синей гири.
- Работу  $A$  (в миллиДжоулях), которую совершит сила тяжести, если из этого состояния равновесия снять синюю гирю с крючка, поставить на стол, сменить

черную пружину на синюю и повесить синюю гиру на синюю пружину в состояние равновесия получившейся системы.

- Частоту  $f$  малых колебаний синей гири на синей пружине около положения равновесия.
- Частоту  $f_2$  малых колебаний, которая будет у гири массой  $m_2=2.75$  кг около положения равновесия, если ее подвесить на синей пружине достаточно высоко над столом.

$k_1$  и  $X_1$  определите с точностью до сотых,  $f$  и  $f_2$  - с точностью до тысячных, остальные величины - с точностью до десятых, и отошлите результаты на сервер. Ускорение свободного падения  $g=9.8 \text{ м/с}^2$ , число  $\pi=3.1416$ .

Экран прибора с датчиком координаты можно увеличивать с помощью лупы или значка максимизатора, находящегося в правом верхнем углу экрана прибора. Участок графика можно увеличивать движением мыши слева направо сверху вниз, в том числе несколько раз. Движение мыши справа налево снизу вверх восстанавливает первоначальный масштаб. С помощью меню, вызываемого правой кнопкой мыши, можно переходить к предыдущим масштабам и обратно.

Коэффициент $k_1$	<input type="text"/>	Н/м
Коэффициент $k_2$	<input type="text"/>	Н/м <sup>2</sup>
Масса $M$	<input type="text"/>	г
Энергия $E$	<input type="text"/>	мДж
Работа $A$	<input type="text"/>	мДж
Частота $f$	<input type="text"/>	Гц
Частота $f_2$	<input type="text"/>	Гц

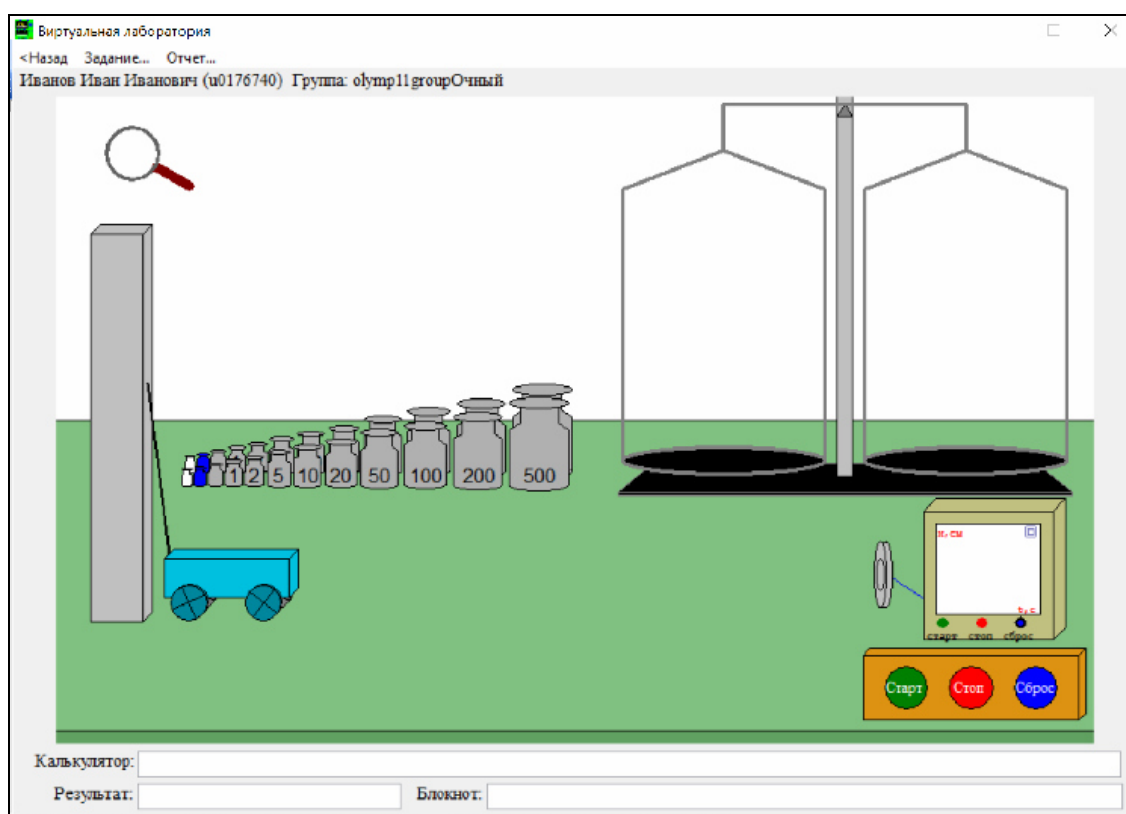
#### **Задание 4. Олимпиада, модель: Параметры машинки с подвижным стержнем (35 баллов)**

Имеется: радиоуправляемая машинка с прикреплённым к ней массивным тонким стержнем, которая стоит недалеко от стенки; пульт управления этой машинкой, позволяющий отключать и включать у машинки тормоза и возвращать её в первоначальное состояние; эхолот с подключенным к нему прибором индикации; весы с набором гирь. Масса машинки  $M=68$  г. Трение в системе при выключенных тормозах отсутствует. Определите:

- Массу  $m$  стержня, прикреплённого к машинке.
- Длину  $L$  стержня.
- Первоначальное расстояние  $D$  от стенки до задней части машинки.
- Угол (в радианах) первоначального отклонения стержня от вертикали.

- Длину  $W$  машинки.
- Энергию  $E_0$  машинки со стержнем, перешедшую из потенциальной в тепловую, если машинка после старта начала двигаться из первоначального положения и в итоге остановилась из-за автоматического включения тормозов около датчика эхолота.
- Значение  $h_0$  понижения центра масс машинки со стержнем при этом.

Ответы найдите с максимальной возможной точностью и отошлите результаты на сервер. Кнопка **Сброс** пульта управления возвращает машинку в первоначальное состояние, которое было при заходе в модель. Масса подписанных гирь указана в граммах. Ускорение свободного падения  $g=9.8 \text{ м/с}^2$ . Толщиной стержня пренебречь.



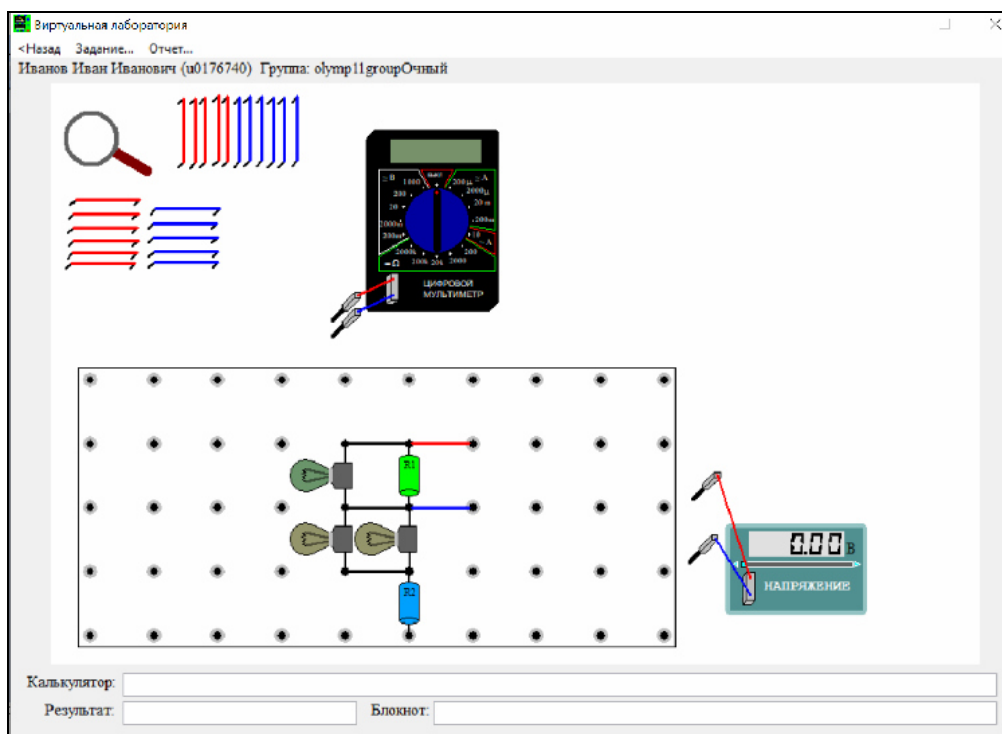
Масса $m$ стержня	<input type="text"/>	г
Длина $L$ стержня	<input type="text"/>	см
Расстояние $D$	<input type="text"/>	см
Угол отклонения стержня	<input type="text"/>	радиан
Длина $W$ машинки	<input type="text"/>	см
Энергия $E_0$	<input type="text"/>	мДж
Понижение $h_0$ центра масс	<input type="text"/>	см

## Задание 5. Олимпиада, модель: Параметры лампочек и резисторов (20 баллов)

Имеется цепь из соединённых двух резисторов и трех лампочек с одинаковым сопротивлением, но разным напряжением перегорания. В ней можно подсоединяться только к внешним клеммам. Сопротивления лампочек не зависят от протекающего через них тока. Напряжение источника можно менять в большом диапазоне с помощью движка и с небольшими шагами с помощью маленьких треугольников по бокам движка. Найдите чему равны:

- сопротивление  $r$  одной лампочки;
- сопротивление резистора  $R_1$ ;
- сопротивление резистора  $R_2$ ;
- напряжение  $V_{\max}$  на желтой лампочке, при котором она перегорает.

Ответы вводите с точностью не хуже чем до десятых процента. Соберите для этого необходимые электрические схемы, проведите измерения и выполните расчеты. Ответы вводите с точностью не хуже чем до десятых процента. Занесите результаты в отчет и отошлите его на сервер.



Сопротивление $r$ лампочки	<input type="text"/>	Ом
Сопротивление $R_1$	<input type="text"/>	Ом
Сопротивление $R_2$	<input type="text"/>	Ом
Напряжение $V_{\max}$	<input type="text"/>	В