

**РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ДАРЫН»  
ЧЕТВЕРТЫЙ (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ) ЭТАП РЕСПУБЛИКАНСКОЙ  
ОЛИМПИАДЫ ПО ПРЕДМЕТУ ФИЗИКА (2023-2024 УЧЕБНЫЙ ГОД)  
9 класс, 1 тур**

Время работы: 5 часов

**Задача 1. «Солянка» [10,0 баллов]**

Эта задача состоит из трех независимых частей.

**Часть 1.1. Гидродинамика (3,0 балла)**

Труба постоянного сечения  $S$  проложена по траектории неправильной формы. По ней со скоростью  $v$  протекает жидкость плотностью  $\rho$ .

1) В одном месте труба изогнута под углом  $\alpha$ . Какую силу давления испытывает участок трубы и куда она направлена?

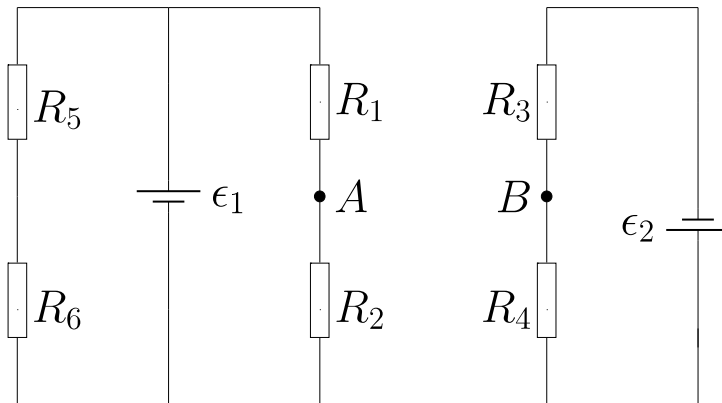
2) Один участок трубы имеет форму параболы, которую можно задать уравнением  $y = \frac{x^2}{p}$ ,  $p$  – известный параметр. Какие места на трубе испытывают наибольшую силу давления на единицу длины  $f = \Delta F / \Delta l$  и чему она равна?

**Часть 1.2 Электрическая схема (3,5 балла)**

Схема состоит из шести постоянных резисторов и двух источников постоянного тока. Значения сопротивлений резисторов равны  $R_1 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_5 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = R_6 = 2 \text{ Ом}$ . Значения э.д.с. источников тока равно  $\epsilon_1 = 35 \text{ В}$ ,  $\epsilon_2 = 25 \text{ В}$ .

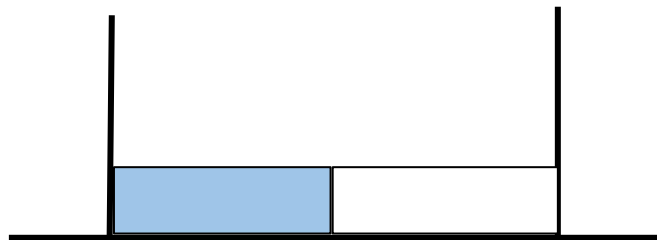
1. Найти напряжение на резисторе  $R_5$ .

2. К точкам АВ соединили идеальный вольтметр. Найти его показания.



**Часть 1.3 Тепловое расширение (3,5 балла)**

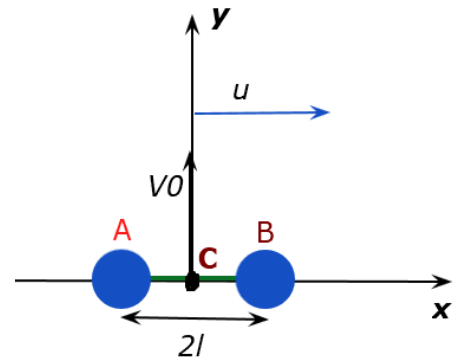
Две металлические балки одинаковой длины  $L$  находятся между вертикальными стенами как показано на рисунке. В какой-то момент всю систему нагревают на  $\Delta T$  и точка соприкосновения смещается. Определите смещение точки соприкосновения  $x$ . Считайте коэффициенты теплового расширения  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и Модули Юнга  $E_1$ ,  $E_2$  обеих балок известными. Считайте сечения обеих балок одинаковыми, а смещение гораздо меньше их длины.



## Задача 2. Система небольших шариков [10,0 баллов]

### Часть 1

Два маленьких шара А и В массы  $m$  соединены между собой жестким невесомым стержнем длиной  $2l$ , центр которого расположен в точке С, образуя небольшую гантельку как показана на рисунке. Первоначально центр С системы расположен в начале координат О и с начальной скоростью  $V_0$  движется вертикально вверх. В этой части в процессе полета линия, соединяющая три точки АСВ, всегда горизонтальна. Скорость ветра  $u$  постоянна и направлена вправо по горизонтали. Сопротивление воздуха, испытываемое движущимся шаром, пропорционально его скорости  $v$  относительно воздуха, а направление противоположно, то есть  $F_c = kv$ , где  $k$  — положительная константа. Считая систему шаров материальной точкой, определите:



1.1) равнодействующую действующих на систему сил в зависимости от скорости центра масс системы в процессе движения вверх;

1.2) максимальную высоту, на которую поднимется центр масс С в процессе движения вверх, если время подъема равно  $\tau_1$ .

### Часть 2

В момент, когда точка С оказалась на максимальной высоте, летевший снизу вдоль оси  $Y$  камень массой  $m_1$  столкнулся с шаром А. Столкновение является абсолютно упругим, а время столкновения очень мало. Скорость камня перед ударом равна  $u_1$ . Считая оба шара и камень материальными точками, определите:

2.1) скорость центра масс С в направлении оси  $Y$  сразу после столкновения.

2.2) Скорости шаров и скорость камня в направлении оси  $Y$  сразу после столкновения.

### Часть 3

После этого точка С опускается обратно на тот же уровень, с которого начался подъем. При этом ее положение в направлении оси  $X$  перемещается на расстояние  $S$ , а время, затрачиваемое на весь полет, равно  $t$ . Учитывая, что система шаров совершает  $N$  оборотов, определите:

3.1) конечную скорость центра масс при падении на поверхность;

3.2) зависимость конечной угловой скорости от количество оборотов, если угловая

скорость изменяется по закону  $\frac{\Delta\omega}{\omega} = -\frac{k}{m}\Delta t$ ;

3.3) работу силы сопротивления воздуха над системой шаров за все время полета.

## Задача 3. Тонкие линзы [10,0 баллов]

Тонкая линза – оптическое устройство, меняющее направление распространения пучков света и имеющее две поверхности, каждая из которых может быть либо сферической, либо плоской формы. Линза считается тонкой, если ее толщина мала по сравнению с радиусами кривизны ее поверхностей.

Линза называется собирающей, если после преломления в ней параллельный главной оптической оси пучок собирается в одной точке, называемой фокусом линзы.

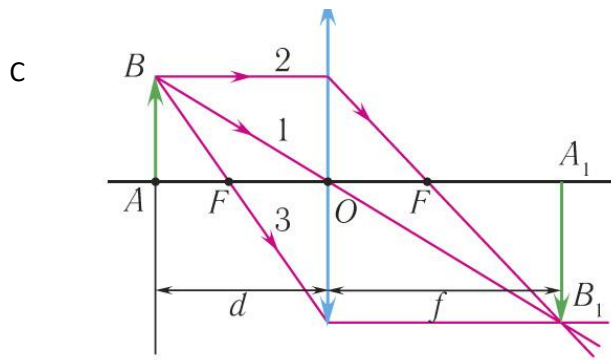


Рис-1. Прохождение лучей через собирающую линзу:  $OF$  – фокусное расстояние;  $AB$  – предмет высоты  $h$ ;  $A_1B_1$  – изображение высоты  $H$ ;  $d$  – расстояние от предмета до линзы;  $f$  – расстояние от изображения до линзы; прямая, содержащая  $AA_1$  – главная оптическая ось.

1. Из рисунка 1 вывести формулу тонкой линзы, связывающей фокусное расстояние  $F$  через  $d$  и  $f$ .

С помощью полученной формулы линзы попробуем решить типовую задачу.

2. Пусть фокусное расстояние линзы  $F = 10$  см. Найдите расстояние от изображения до линзы  $f$ , если расстояние от предмета до линзы составляет  $d = 30$  см. Нарисуйте схему построения изображения в масштабе.

Следующая типовая задача для двух собирающих линз.

3. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями  $F_1 = 2$  см и  $F_2 = 1.5$  см расположены на расстоянии  $l = 8$  см друг от друга. Предмет высоты  $h = 2$  см находится на расстоянии  $d_1 = 3$  см от первой линзы. На каком расстоянии  $f_2$  от второй линзы получится изображение предмета после прохождения лучей через обе линзы? Какова высота  $H_2$  полученного изображения? Нарисуйте схему построения изображения в масштабе.

4. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями  $F_1 = 2$  см и  $F_2 = 4$  см расположены на расстоянии  $l = 10$  см друг от друга. На каком расстоянии от системы линз  $d$  надо расположить предмет, чтобы получить параллельные лучи после прохождения лучей от предмета через систему линз. Нарисуйте схему построения изображения в масштабе.

Человеческий глаз можно представить в виде собирающей линзы с переменным фокусным расстоянием. Напрягая мышцы глаза, можно менять его фокусное расстояние. При рассмотрении очень далеких предметов, в глаз идут практически параллельные лучи, в этом случае глазу не нужно напрягаться, поэтому он мало устает. Однако, ближайшая точка для наилучшего зрения является 25 см.

Простой микроскоп состоит из двух собирающих линз: окуляра и объектива.

5. Фокусные расстояния объектива и окуляра микроскопа  $F_1 = 3$  мм и  $F_2 = 5$  см. Предмет находится от объектива на расстоянии  $d = 3,1$  мм. Найти увеличение  $k$  микроскопа и расстояние  $l$  между объективом и окуляром, для ненапряженного глаза и расстояния наилучшего зрения  $d_0 = 25$  см.