

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2024 – 2025 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

1. «Чёрный ящик» содержит электрическую цепь, состоящую из двух одинаковых диодов и двух различных резисторов. Ящик имеет два контактных электрических вывода.

Для расчёта значений сопротивлений и определения схемы цепи провели эксперимент, при котором определяли зависимость силы тока в цепи от напряжения, поданного на выводы «чёрного ящика». По результатам эксперимента построили график вольт – амперной характеристики цепи (ВАХ) (рис. 1). ВАХ «идеального» диода была известна до эксперимента (рис. 2).

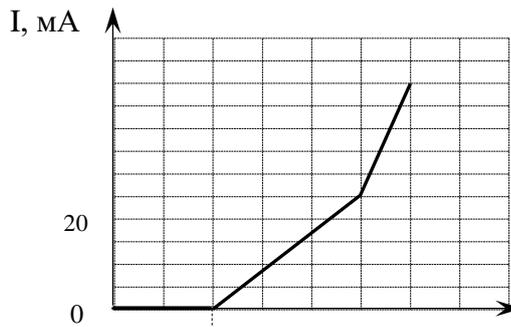


рис. 1

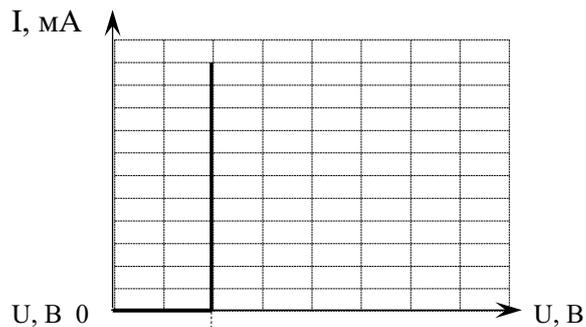
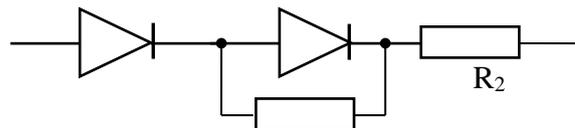


рис. 2

Начертите схему цепи, находящейся внутри «чёрного ящика» и рассчитайте сопротивления резисторов, включённых в цепь.

Решение.

Поскольку на ВАХ присутствуют два излома, то в цепи два диода включены последовательно. Так как ток через «чёрный ящик» начинает течь при достижении напряжения 0,5 В следует считать, что к одному из диодов параллельно не подключены резисторы. После первого излома сила тока линейно зависит от напряжения, мы можем сделать вывод, что в цепи есть резистор, включенный параллельно второму диоду. Второй излом ВАХ происходит при напряжении большем, чем напряжение открытия второго диода $U_0 = 0,5$ В, следовательно, последовательно со вторым диодом соединён второй резистор. Таким образом, схема имеет вид;



Сопротивления резисторов можно рассчитать, как котангенс угла наклона участка ВАХ относительно оси напряжений на участках от 0,5 В до 1,25 В для $(R_1 + R_2)$ и от 1,25 В до 1,5 В для R_2 . $R_1 + R_2 = 30$ Ом, $R_2 = 10$ Ом. Соответственно $R_1 = 20$ Ом.

Примерные критерии оценивания

Выполнен анализ ВАХ и сделаны правильные выводы – **2 балла**.

Начерчена принципиальная электрическая схема – **5 баллов**.

Рассчитаны сопротивления резисторов – **3 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2024 – 2025 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

2. В цилиндрическом сосуде находилось 4 шарика (рис. 3). Аккуратно с помощью шприца добавляли в стакан жидкость и заносили в таблицу значения высоты уровня жидкости в сосуде в зависимости от объема добавленной жидкости. Известно, что в процессе эксперимента шарики не всплывали. По результатам измерений определите площадь сечения стакана и объем одного шарика.

$V, \text{ см}^3$	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$h, \text{ см}$	0	1,2	2,7	4,1	5,3	7,0	9,0	10,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0

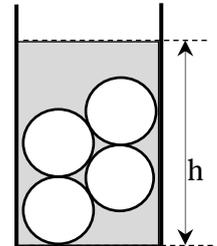
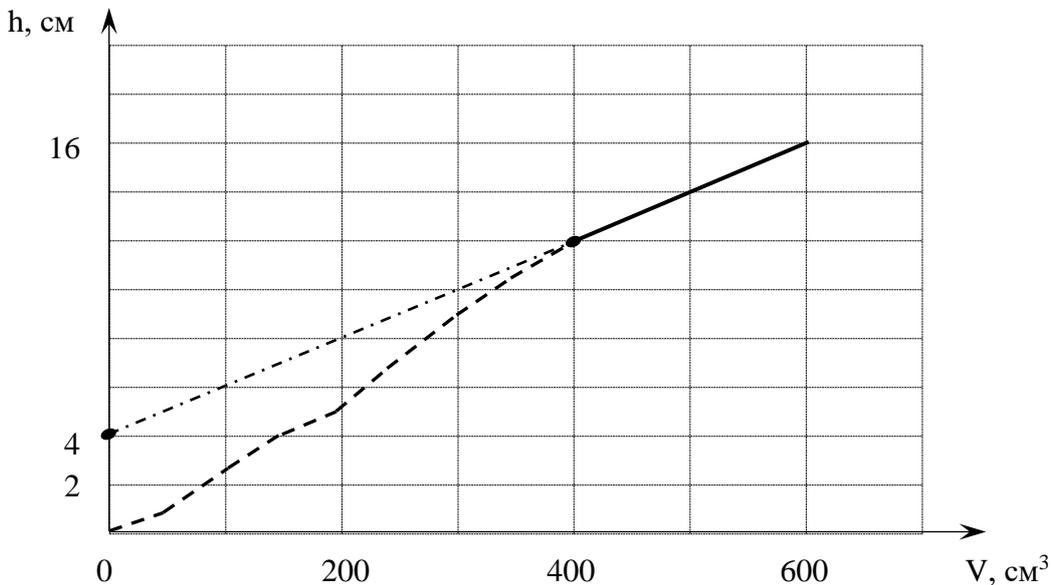


рис. 3

Решение.

По табличным данным построим график зависимости $h(V)$.



Из графика следует, что линейный характер этой зависимости начинается после объема 400 см^3 , и добавляемая жидкость распределяется по всему сечению сосуда равномерно. По угловому коэффициенту наклона этой части графика найдём площадь сечения сосуда: $S = \Delta V / \Delta h = 50 \text{ см}^2$. Проведём экстраполяцию линейного участка до нулевого объема добавленной жидкости. В результате получим значение высоты «нулевого» уровня $h_0 = 4 \text{ см}$. Это позволяет найти суммарный объем четырех и объем одного шарика. 50 см^3 .

Ответ: $S = 50 \text{ см}^2$, $V_1 = 50 \text{ см}^3$.

Примерные критерии оценивания

Построен график зависимости $h(V)$ – **2 балла**.

Проведена экстраполяция линейного участка – **2 балла**.

Рассчитана площадь сосуда – **3 балла**.

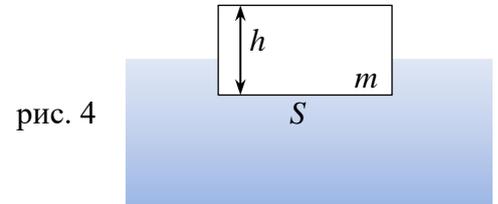
Вычислен объём шарика – **3 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2024 – 2025 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

3. Цилиндр высотой h массой m и площадью основания S имеет тонкие стенки, заполнен газом и плавает в воде, частично погрузившись в неё (рис. 4). В результате потери герметичности в нижней части цилиндра его глубина погружения увеличилась на Δh . Определите начальное давление p_1 газа в цилиндре. Атмосферное давление p_0 . Температура не изменялась.



Решение.

Пусть, после потери герметичности, цилиндр заполнился водой до уровня x от нижнего основания. Изменение выталкивающей силы равно увеличению силы тяжести, действующей на цилиндр с водой (цилиндр продолжает плавать на поверхности). Это позволяет сделать вывод, что $\Delta h = x$. Из условия равновесия цилиндра можем написать $p_2 S = p_0 S + mg$, где p_2 – давление газа в цилиндре после того, как в него вошла вода, т. е. $p_2 = p_0 + mg/S$. На основании закона Бойля – Мариотта запишем, что $p_2(h - \Delta h) = p_1$, где p_1 – начальное давление газа.

Окончательно находим: $p_1 = (p_0 + mg/S)(1 - \Delta h/h)$.

Ответ: $p_1 = (p_0 + mg/S)(1 - \Delta h/h)$.

Примерные критерии оценивания

Сделан правильный вывод об изменении состояния цилиндра – **4 балла**.

Получено соотношение на основании изотермического процесса – **4 балла**.

Выведена верная формула для вычисления начального давления газа – **2 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2024 – 2025 учебный год

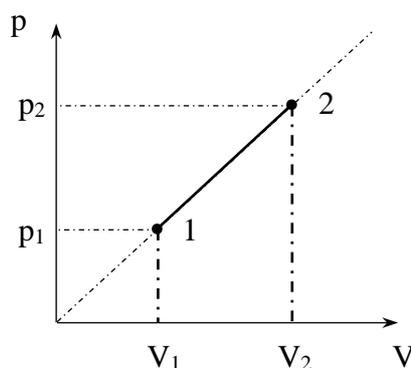
11 класс

Возможное (авторское) решение

4. Газ, количество вещества которого равно ν , нагревают от температуры T_1 до температуры T_2 . Определите работу газа при этом процессе, если известно, что квадрат объёма газа изменялся прямо пропорционально абсолютной температуре.

Решение.

Согласно условию задачи, $V^2 = \alpha T$, где α – некоторый постоянный коэффициент пропорциональности. Параметры газа в начальном и конечном состояниях соответственно определяются: $V_1 = \sqrt{\alpha T_1}$; $p_1 = \frac{\nu R V_1}{\alpha}$; и $V_2 = \sqrt{\alpha T_2}$; $p_2 = \frac{\nu R V_2}{\alpha}$; Рассмотрим график процесса, описанного в задаче, в координатах p, V :



Работа газа численно равна площади трапеции под графиком. Следовательно:

$$A = \frac{1}{2}(p_2 + p_1)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1). \text{ (Используем соотношение разности квадратов).}$$

Ответ: $A = \frac{1}{2}\nu R(T_2 - T_1)$.

Примерные критерии оценивания

Определено соотношение между объёмом и температурой газа – **2 балла**.

Записаны уравнения параметров газа в начальном и конечном состояниях – **2 балла**.

Использовано графическое толкование работы газа – **4 балла**.

Получено конечное уравнение и определена работа газа – **2 балла**

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2024 – 2025 учебный год

11 класс

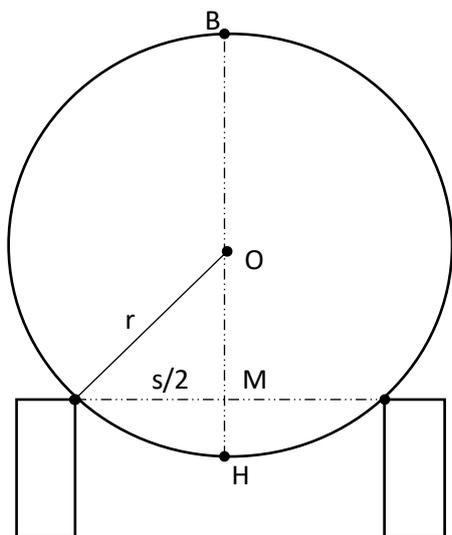
Возможное (авторское) решение

5. Два металлических рельса расположены горизонтально и параллельно на расстоянии s друг от друга. По рельсам катится шар, изготовленный из твёрдого материала, радиусом r ($2r > s$). В некоторый момент времени скорость поступательного движения точки в центре шара равна u . Определите скорость движения относительно рельсов верхней и нижней точек шара в этот момент времени.

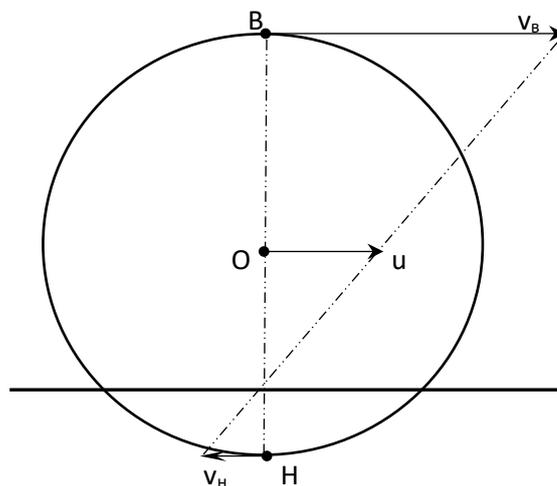
Решение.

Ось вращения шара в данный момент времени проходит через точки соприкосновения шара с рельсами. Угловые скорости верхней и нижней точек шара относительно этой оси одинаковы.

Вид спереди:



Вид сбоку:



Угловая скорость поворота шара относительно мгновенной оси $\omega = u/OM$, где $OM = \sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2}$,

следовательно $\omega = u/\sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2}$. Таким образом $v_B = \omega(r + OM) = (u/\sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2})(r + \sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2})$

$v_B = (ur/\sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2}) + u$; соответственно $v_H = \omega(r - OM) = (ur/\sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2}) - u$

Ответ: $v_B = (ur/\sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2}) + u$; $v_H = (ur/\sqrt{r^2 - (\frac{s}{2})^2}) - u$.

Примерные критерии оценивания

Выполнен верный рисунок с указанием мгновенной оси и векторов скорости – **2 балла**.

Определена угловая скорость вращения относительно мгновенной оси – **4 балла**.

Записаны выражения для определения линейных скоростей точек – **4 балла**