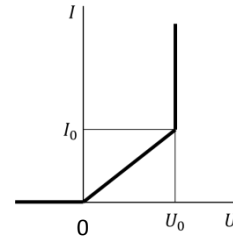
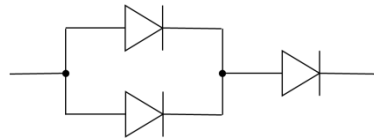
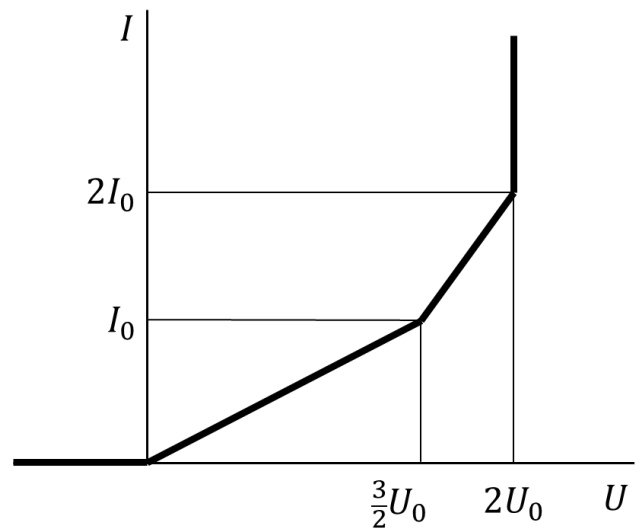


**ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ**  
**ВАРИАНТ 27111 для 11-го класса**

**1.** Изобразите вольт-амперную характеристику схемы из трех одинаковых диодов, представленной на рисунке 1, если вольт-амперная характеристика одного диода имеет вид, представленный на рисунке 2. Объясните свои построения.



**Решение:** Очевидно, что при обратном напряжении сила тока будет равна нулю. Рассмотрим прямое напряжение. Пока сила тока через диод не превышает  $I_0$ , диод ведет себя как резистор с сопротивлением  $U_0/I_0$ , а вся схема – как резистор с сопротивлением  $\frac{3}{2}U_0/I_0$ . При повышении напряжения на схеме сила тока станет больше  $I_0$  сначала на правом диоде, при этом напряжение на схеме будет равно  $\frac{3}{2}U_0$ . После этого напряжение на правом диоде будет равно  $U_0$  независимо от силы тока, а два левых диода продолжают вести себя как резисторы. Силы тока через два левых диода достигнут  $I_0$ , когда сила тока всей схемы будет равна  $2I_0$ , при этом напряжение на схеме будет равно  $2U_0$ . Далее напряжение на схеме будет равно  $2U_0$  независимо от силы тока. Итоговая вольт-амперная характеристика приведена на рисунке.



**2.** Скоростной поезд «Ласточка» проходит расстояние 30 км от станции «Крюково» до станции «Подсолнечная» за 20 минут. Поезд набирает ход с постоянным ускорением, потом некоторое время едет с постоянной скоростью 120 км/час, затем движется равнозамедленно до остановки. Определите, какое расстояние проходит поезд с максимальной скоростью, если ускорения разгона и торможения различны.

**Решение:**

Обозначим 30 км =  $S$ , 20 минут =  $1/3$  часа =  $t$ , 120 км/час =  $v$ ,  $t_1$  – время движения с максимальной скоростью,  $S_1$  – путь с максимальной скоростью. Так как пути разгона и торможения поезд проходит со средней скоростью  $v/2$ , имеем:

$$S = \frac{v}{2}(t - t_1) + vt_1 = \frac{vt}{2} + \frac{vt_1}{2} = \frac{vt}{2} + \frac{S_1}{2}$$

$$S_1 = 2S - vt = 2 \cdot 30 - 120 \cdot \frac{1}{3} = 20 \text{ км.}$$

**Ответ:** 20 км.

**3.** В начале февраля в НИУ «МЭИ» проходила инженерная конференция школьников «Потенциал». В секции «Экспериментальные методы исследования физических явлений» первое место заняла работа, посвященная гидроудару. Это опасное явление возникает, например, при резкой остановке водяного потока в трубе. Повышение давления жидкости может привести к разрушению трубы. Предположим, что небольшой камешек случайно оказался в трубе и неожиданно застрял в ней, полностью перекрыв течение воды. При какой наибольшей скорости водяного потока труба, рассчитанная на максимальное давление  $p_{\max} = 25$  атмосфер, может выдержать гидроудар? Плотность воды  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , скорость звука в воде  $v_{\text{зв}} = 1250 \text{ м/с}$ .

**Решение:**

При резком перекрывании трубы мгновенно останавливается не вся вода в трубе, а только ближайший к месту перекрытия слой воды, массу которого можно определить по второму закону Ньютона в импульсной форме:

$$mV = F\Delta t,$$

где  $m$  – масса остановившегося слоя воды,  $V$  – его скорость перед остановкой, т. е. скорость потока,  $F$  – сила, действующая на слой воды,  $\Delta t$  – время до полной остановки.

После остановки первого слоя воды останавливается второй, третий и т. д. слой воды. Таким образом, граница между уже покоящейся водой и еще движущейся перемещается со скоростью, равной скорости звука в воде (самая наглядная аналогия – остановка потока машин перед светофором). Очевидно, что в трубе длиной  $L$  вода остановится за время

$$\Delta t = \frac{L}{v_{\text{зв}}}.$$

Подставим это время во второй закон Ньютона, где масса теперь будет обозначать всю массу воды в трубе длиной  $L$  и площадью поперечного сечения  $S$ :

$$\rho SLV = F \frac{L}{v_{\text{зв}}}.$$

Преобразовав данное уравнение с учетом того, что отношение силы к площади поперечного сечения есть давление, получим:

$$P = \rho V v_{\text{зв}},$$

откуда следует ответ

$$V = \frac{P_{\max}}{\rho v_{\text{зв}}} = \frac{25 \cdot 10^5}{1000 \cdot 1250} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Ответ:**  $V = 2 \text{ м/с}$ .

**4.** На конце нерастянутой пружины закрепили груз массой  $m$  и отпустили. В процессе колебаний в некоторый момент времени потенциальная энергия упругой деформации пружины равна  $W_1$ , а модуль ускорения груза равен  $a_1$ . Через некоторое время энергия пружины стала равна  $W_2$ , а модуль ускорения груза равен  $a_2$ . Известно, что  $W_2 = 25W_1$ , а  $a_2 = a_1/2$ . Определите модуль и направление ускорений  $\vec{a}_1$  и  $\vec{a}_2$ . Затухание колебаний не учитывать.

**Решение:**

$W = \frac{F^2}{2k} \rightarrow F = \sqrt{2kW} \rightarrow F_2 = 5F_1 = 5F$ . Так как колебания происходят из нерастянутого положения, то пружина всегда деформирована, а модуль ускорения груза меньше  $g$ .

Обозначим  $a_2 = a > 0$ .

1) Оба ускорения – вверх.

$$\begin{cases} F - mg = 2ma \\ 5F - mg = ma \end{cases}$$

$$4mg = -9ma \rightarrow a < 0 \text{ посторонний корень.}$$

2) Оба ускорения – вниз.

$$\begin{cases} mg - F = 2ma \\ mg - 5F = ma \end{cases}$$

$$4mg = 9ma \rightarrow \text{Первое решение: } a = a_{2\downarrow} = \frac{4}{9}g, a_{1\downarrow} = \frac{8}{9}g$$

3) Первое – вверх, второе – вниз.

$$\begin{cases} F - mg = 2ma \\ mg - 5F = ma \end{cases}$$

$$-4mg = 11ma \rightarrow a < 0 \text{ посторонний корень}$$

4) Первое – вниз, второе – вверх

$$\begin{cases} mg - F = 2ma \\ 5F - mg = ma \end{cases}$$

$$4mg = 11ma \rightarrow \text{Второе решение: } a = a_{2\uparrow} = \frac{4}{11}g, a_{1\downarrow} = \frac{8}{11}g$$

**Ответ:** либо оба ускорения направлены вниз, причем  $a_{2\downarrow} = \frac{4}{9}g, a_{1\downarrow} = \frac{8}{9}g$ ;

либо  $a_1$  направлено вниз,  $a_2$  направлено вверх, причем  $a_{2\uparrow} = \frac{4}{11}g, a_{1\downarrow} = \frac{8}{11}g$

**5.** Незаряженный металлический шар радиусом  $R_1$  установлен на непроводящей изолированной подставке на столе. Металлический шар радиусом  $R_2$  закреплен на изолированной ручке и имеет заряд  $q_2$ . Шары приводят в соприкосновение, после чего второй шар удаляют на достаточно большое расстояние от первого. Потенциал второго шара оказывается равным  $\varphi'_2$ . После этого второй шар снова заряжают зарядом  $q_2$  и касаются первого. Определите потенциал первого шара  $\varphi_1^\infty$  после многократного повторения этих действий.

**Решение:** При первоначальном соприкосновении шаров исходный заряд второго шара перераспределился между двумя шарами. При этом выполняются условия:

$$q'_1 + q'_2 = q_2; \quad \frac{q'_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} = \frac{q'_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}.$$

Заряд второго шара, оставшийся на нем после соприкосновения, можно найти как  $q'_2 = \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2$ .

Заряд шаров после первого соприкосновения соотносятся как  $\frac{q'_2}{q'_1} = \frac{\varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}{q_2 - \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}$ . После

каждого соприкосновения шаров пропорция перераспределения заряда между ними будет той же, поскольку она определяется лишь формой и размерами тел.

После бесконечного числа соприкосновений переход заряда от второго шара к первому прекратится, поэтому отношение зарядов  $\frac{q'_2}{q'_1} \rightarrow \frac{q_2}{q_1^\infty} = \frac{\varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}{q_2 - \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}$

$$\text{Поэтому } q_1^\infty = q_2 \frac{q_2 - \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}{\varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}. \text{ Отсюда } \varphi_1^\infty = \frac{q_1^\infty}{4\pi\epsilon_0 R_1} = q_2 \frac{q_2 - \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}{\varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2 \cdot 4\pi\epsilon_0 R_1} = q_2 \frac{q_2 - \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}{\varphi'_2 16\pi^2 \epsilon_0^2 R_1 R_2}$$

**Ответ:**  $\varphi_1^\infty = q_2 \frac{q_2 - \varphi'_2 4\pi\epsilon_0 R_2}{\varphi'_2 16\pi^2 \epsilon_0^2 R_1 R_2}$