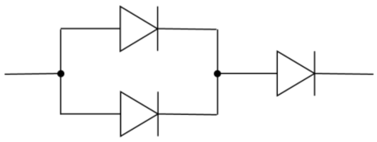
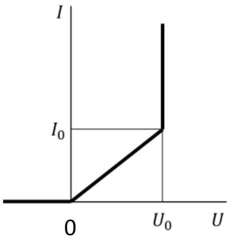
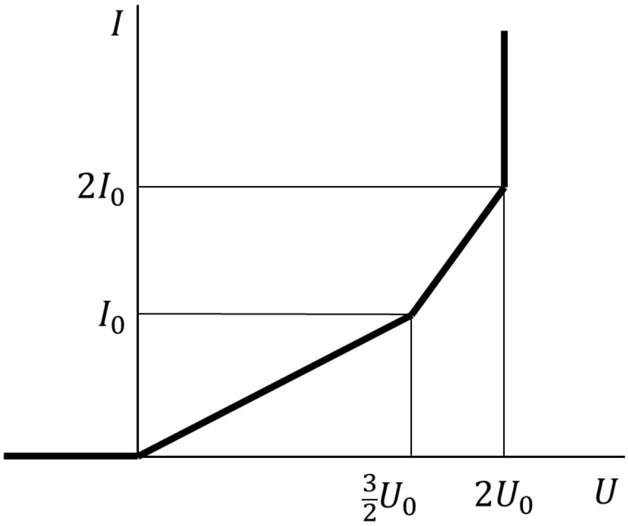
ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
ВАРИАНТ 27111 для 11-го класса

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 продолжат 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 $\rho = 1000$ кг/м^3, скорость звука в воде $\upsilon_{зв} = 1250$ 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, Δt – 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

$$\Delta t = \frac{L}{V_{зв}}.$$

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

$$\rho SLV = F\frac{L}{V_{зв}}.$$

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

$$P = \rho V V_{зв},$$

откуда следует ответ

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

Ответ: $V = 2$ 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*:**

$W = \frac{F^2}{2k} \to F = \sqrt{2kW} \;\to\; F_2 = 5F_1 = 5F$. 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.

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

$4mg = -9ma \quad \to a < 0$ посторонний корень.

2) Оба ускорения – вниз.

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

$4mg = 9ma \quad \to$ Первое решение: $a = a_{2\downarrow} = \dfrac{4}{9}g, a_{1\downarrow} = \dfrac{8}{9}g$

3) Первое – вверх, второе – вниз.

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

$-4mg = 11ma \quad \to a < 0$ посторонний корень

4) Первое – вниз, второе – вверх

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

$4mg = 11ma \quad \to$ 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 φ_2'. После этого второй шар снова заряжают зарядом q_2 и касаются первого. Определите потенциал первого шара φ_1^∞ после многократного повторения этих действий.

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

$q_1' + q_2' = q_2$; $\quad \dfrac{q_1'}{4\pi\varepsilon_0 R_1} = \dfrac{q_2'}{4\pi\varepsilon_0 R_2}$. Заряд второго шара, оставшийся на нем после соприкосновения, можно найти как $q_2' = \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2$.

Заряд шаров после первого соприкосновения соотносятся как $\dfrac{q_2'}{q_1'} = \dfrac{\varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}{q_2 - \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}$. 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 $\dfrac{q_2'}{q_1'} \to \dfrac{q_2}{q_1^\infty} = \dfrac{\varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}{q_2 - \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}$

Поэтому $q_1^\infty = q_2 \dfrac{q_2 - \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}{\varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}$. Отсюда $\varphi_1^\infty = \dfrac{q_1^\infty}{4\pi\varepsilon_0 R_1} = q_2 \dfrac{q_2 - \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}{\varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2 \cdot 4\pi\varepsilon_0 R_1} = q_2 \dfrac{q_2 - \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}{\varphi_2' 16\pi^2\varepsilon_0^2 R_1 R_2}$

<u>Ответ:</u> $\varphi_1^\infty = q_2 \dfrac{q_2 - \varphi_2' 4\pi\varepsilon_0 R_2}{\varphi_2' 16\pi^2\varepsilon_0^2 R_1 R_2}$