

**ФГБОУ ВПО РУТ(МИИТ)**  
**ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ «ПАРУСА НАДЕЖДЫ»**  
**2017-2018 уч. год**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**9-10 класс**  
**1 Вариант**  
**Решения**

1. Дано:  $h=80$  м,  $g=10$  м/с<sup>2</sup>,  $v_0=0$ .

Найти:  $\Delta S$ .

Решение: При равноускоренном движении с начальной скоростью равной нулю путь  $S$  равен  $S=at^2/2$ , где  $a$  – ускорение,  $t$  – время движения. В данной задаче  $h=gt^2/2$ , т.е.  $t=(2h/g)^{0,5}=(2 \cdot 80/10)^{0,5}=(16)^{0,5}=4$  (с). Т.е. время полета равно 4 секунды, поэтому необходимо найти путь  $\Delta S$  за третью секунду полета.  $\Delta S=S_3-S_2$ , где  $S_3$  – путь за три секунды полета, а  $S_2$  – путь за две секунды полета.  $S_3=gt^2/2=10 \cdot 3^2/2=45$  (м),  $S_2=gt^2/2=10 \cdot 2^2/2=20$  (м), т.е.  $\Delta S=S_3-S_2=45-20=25$  (м).

Ответ:  $\Delta S=25$  м.

2. Дано:  $\varepsilon=12$  В,  $r=0,1$  Ом.

Найти:  $N_{\max}$ ,  $R_{\max}$ , КПД.

Решение: Сила тока в цепи равна  $I=\varepsilon/(R+r)$ , мощность  $N=I^2 \cdot R=R \cdot (\varepsilon/(R+r))^2$ , т.е.  $N$  – это функция от  $R$ . Находим производную функции  $N$  от  $R$  и приравниваем её нулю.  $dN/dR=0$ . Решением этого уравнения является:  $R_{\max}=r$ . Т.е.  $R_{\max}=r=0,1$  Ом.  $N_{\max}=I^2 \cdot R_{\max}=R_{\max} \cdot (\varepsilon/(R_{\max}+r))^2=r \cdot (\varepsilon/(r+r))^2=\varepsilon^2/4r$ , т.е.  $N_{\max}=\varepsilon^2/4r$ .  $N_{\max}=12^2/4 \cdot 0,1=144/0,4=360$  (Вт). КПД =  $N_{\text{полезная}}/N_{\text{затраченная}}=(I^2 \cdot R)/(I^2 \cdot (R+r))=R/(R+r)$ . Т.к.  $R_{\max}=r$ , то КПД =  $R_{\max}/(R_{\max}+r)=r/(r+r)=r/2r=1/2=0,5=50\%$ .

Ответ:  $N_{\max}=360$  Вт;  $R_{\max}=r=0,1$  Ом; КПД=0,5=50%.

3. Дано:  $l=5$  см = 0,05 м;  $\alpha=15$  градусов =  $\pi/12$  радиан;  $W=1,6 \cdot 10^{-16}$  Дж;  $d=1$  см = 0,01 м;  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;  $m=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

Найти:  $U$ .

Решение: Будем считать, что пластины конденсатора параллельны оси ОХ. Начальная скорость электрона равна  $V_0$ , начальная скорость электрона вдоль оси ОХ равна  $V_{0x}$ , начальная скорость электрона вдоль оси ОУ равна  $V_{0y}$ . Тогда  $V_x=V_{0x}=V_0 \cdot \cos\alpha = \text{const}$ .  $V_y$  будет зависеть от времени  $t$  и при  $V_y=0$  электрон будет двигаться горизонтально.  $V_{0y}=V_0 \cdot \sin\alpha$ ,  $V_y=V_{0y}-at$ , и  $V_y=0$  при  $a=V_{0y}/t$ . Ускорение  $a=(V_0 \cdot \sin\alpha)/t$ , время  $t=l/V_{0x}=l/(V_0 \cdot \cos\alpha)$ . По 2 закону Ньютона  $a=F/m=(eE)/m=(eU)/(md)$ , где  $E$  – напряженность электрического поля внутри конденсатора. Из условия равенства ускорений  $(eU)/(md)=(V_0^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha)/l$ , т.к.  $2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha = \sin 2\alpha$ , то  $U=(mV_0^2 \cdot d \cdot \sin 2\alpha)/(2el)$ . Учитывая, что кинетическая энергия  $mV_0^2/2=W$ , можно записать  $U=(W \cdot d \cdot \sin 2\alpha)/(el)$ .

Т.е.  $U=(1,6 \cdot 10^{-16} \cdot 0,01 \cdot 0,5)/(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,05)=100$  (В).

Ответ:  $U=100$  В.

4. Дано:  $U=220$  В,  $U_R=110$  В.

Найти:  $U_C$ .

Решение: Сдвиг фаз между током через конденсатор и напряжением на нем  $90$  градусов. Сдвига фаз между током через сопротивление и напряжением на нем нет, поэтому  $U^2=U_C^2+U_R^2$ . Т.е.  $U_C=(U^2-U_R^2)^{1/2}=(220^2-110^2)^{1/2}=(48400-12100)^{1/2}=190,5$  (В).

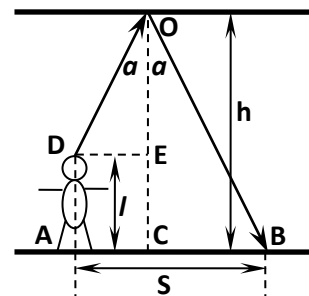
Ответ:  $U_C=190,5$  В.

5. Дано:  $S=15$  м,  $l=1,7$  м,  $n=1,33$ .

Найти:  $h$ .

Решение: Закон полного внутреннего отражения имеет вид  $\sin\alpha/\sin 90^\circ = 1/n$ , т.е. можно записать, что  $\sin\alpha = 1/n$ .  $AB$  – это расстояние от водолаза до ближайшего к нему предмета, который он видит зеркально отраженным от поверхности воды.  $AC = DE = (h-l) \cdot \operatorname{tg}\alpha$ , где  $h = CO$ ,  $S - FC = h \cdot \operatorname{tg}\alpha$ , т.е.  $h = l/2 + (S/2) \cdot (1/\operatorname{tg}\alpha)$ , где  $\operatorname{tg}\alpha = \sin\alpha/\cos\alpha = 1/(n^2-1)^{0,5}$ . В итоге  $h = l/2 + (S/2) \cdot (n^2-1)^{0,5} = 1,7/2 + (15/2) \cdot (1,33^2-1)^{0,5} = 7,4$  (м).

Ответ:  $h = 7,4$  м.



6. Дано:  $N=50$  Вт;  $\lambda=530$  нм= $5,3 \cdot 10^{-7}$  м;  $\eta=0,2\%=0,002$ ;  $h=6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с,  $c=3 \cdot 10^8$  м/с.

Найти:  $n$ .

Решение: Мощность излучения равна  $N_n=\eta \cdot N$ . Излучению с длиной волны  $\lambda$  соответствуют кванты, энергия которых равна  $\epsilon = h\nu = hc/\lambda$ , где  $\nu$  - частота излучения. Источник света излучает в секунду число световых квантов (фотонов):  $n = N_n/\epsilon = (\eta \cdot N \cdot \lambda)/(h \cdot c)$ . Т.е.  $n = (0,002 \cdot 50 \cdot 5,3 \cdot 10^{-7})/(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8) = 2,6 \cdot 10^{17}$  (квантов/секунду).

Ответ:  $n = 2,6 \cdot 10^{17}$  квантов/секунду.

**ФГБОУ ВПО РУТ(МИИТ)**  
**ОЛИМПИАДА ПО ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ «ПАРУСА НАДЕЖДЫ»**  
**2017-2018 уч. год**  
**ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**9-10 класс**  
**2 Вариант**  
**Решения**

1. Дано:  $\Delta S=35$  м,  $g=10$  м/с<sup>2</sup>,  $V_0=0$

Найти:  $h$

Решение: При равноускоренном движении с начальной скоростью равной нулю путь  $S$  равен  $S=at^2/2$ , где  $a$  – ускорение,  $t$  – время движения. В данной задаче  $h=gt_0^2/2$ , где  $t_0$  – полное время полета. Пусть  $t$  – начало предпоследней секунды полета, тогда  $\Delta S = S(t+1) - S(t) = g(t+1)^2/2 - gt^2/2 = (g/2) \cdot (2t+1)$ . Подставляем числовые значения:  $35 = (10/2) \cdot (2t+1)$ , откуда  $t = 3$  секунды, т.е.  $t_0 = t + 2 = 5$  (секунд). Поэтому  $h = gt_0^2/2 = (10 \cdot 5^2)/2 = 125$  (м)

Ответ:  $h=125$  м

2. Дано:  $\varepsilon=24$  В,  $N_{\max}=144$  Вт

Найти: внутреннее сопротивление  $r$ , КПД

Решение: Сила тока в цепи равна  $I = \varepsilon/(R+r)$ , мощность  $N=I^2 \cdot R=R \cdot (\varepsilon/(R+r))^2$ , т.е.  $N$  – это функция от  $R$ . Находим производную функции  $N$  от  $R$  и приравниваем её нулю.  $dN/dR = 0$ . Решением этого уравнения является:  $R_{\max}=r$ . Т.е.  $N_{\max} = I^2 \cdot R_{\max} = R_{\max} \cdot (\varepsilon/(R_{\max}+r))^2 = r \cdot (\varepsilon/(r+r))^2 = \varepsilon^2/4r$ , т.е.  $N_{\max}=\varepsilon^2/4r$ . Поэтому  $r = \varepsilon^2/(4N_{\max})$ , т.е.  $r = 24^2/(4 \cdot 144) = 1$  (Ом). КПД =  $N_{\text{полезная}}/N_{\text{затраченная}} = (I^2 \cdot R)/(I^2 \cdot (R+r)) = R/(R+r)$ . Т.к.  $R_{\max}=r$ , то КПД =  $R_{\max}/(R_{\max}+r) = r/(r+r) = r/2r = 1/2 = 0,5 = 50\%$

Ответ:  $r=1$  Ом; КПД=0,5=50%

3. Дано:  $l = 5$  см = 0,05 м;  $\alpha = 15$  градусов =  $\pi/12$  радиан;  $W = 1,6 \cdot 10^{-16}$  Дж;  $d = 1$  см = 0,01 м;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;  $m=1,67 \cdot 10^{-27}$  кг

Найти:  $U$

Решение: Будем считать, что пластины конденсатора параллельны оси ОХ. Начальная скорость протона равна  $V_0$ , начальная скорость протона вдоль оси ОХ равна  $V_{0x}$ , начальная скорость протона вдоль оси ОУ равна  $V_{0y}$ . Тогда  $V_x = V_{0x} = V_0 \cdot \cos\alpha = \text{const}$ .  $V_y$  будет зависеть от времени  $t$  и при  $V_y=0$  протон будет двигаться горизонтально.  $V_{0y} = V_0 \cdot \sin\alpha$ ,  $V_y = V_{0y} - at$ , и  $V_y = 0$  при  $a = V_{0y}/t$ . Ускорение  $a = (V_0 \cdot \sin\alpha)/t$ , время  $t = l/V_{0x} = l/(V_0 \cdot \cos\alpha)$ . По 2 закону Ньютона  $a = F/m = (eE)/m = (eU)/(md)$ , где  $E$  – напряженность электрического поля внутри конденсатора. Из условия равенства ускорений  $(eU)/(md) = (V_0^2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha)/l$ , т.к.  $2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha = \sin 2\alpha$ , то  $U = (mV_0^2 \cdot d \cdot \sin 2\alpha)/(2el)$ . Учитывая, что кинетическая энергия  $mV_0^2/2 = W$ , можно записать  $U = (W \cdot d \cdot \sin 2\alpha)/(el)$ . Т.е.  $U = (1,6 \cdot 10^{-16} \cdot 0,01 \cdot 0,5)/(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,05) = 100$  (В)

Ответ:  $U = 100$  В

4. Дано:  $I_R=4$  А,  $I_C=3$  А

Найти:  $I$

Решение: Сдвиг фаз между током через конденсатор и напряжением в сети равен 90 градусов. Сдвига фаз между током через сопротивление и напряжением в сети нет, поэтому  $I^2=I_C^2+I_R^2$ . Т.е.  $I=(3^2+4^2)^{1/2}=5$  (А)

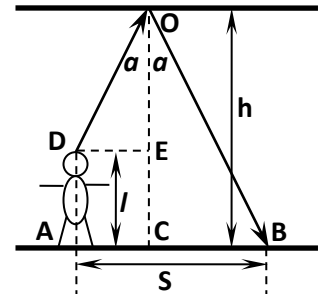
Ответ:  $I=5$  А

5. Дано:  $S=15$  м,  $l=1,9$  м,  $n=1,33$

Найти:  $h$

Решение: Закон полного внутреннего отражения имеет вид  $\sin\alpha/\sin 90^\circ = 1/n$ , т.е. можно записать, что  $\sin\alpha = 1/n$ .  $AB$  – это расстояние от водолаза до ближайшего к нему предмета, который он видит **зеркально** отраженным от поверхности воды.  $AC = DE = (h-l) \cdot \operatorname{tg}\alpha$ , где  $h = CO$ ,  $S - FC = h \cdot \operatorname{tg}\alpha$ , т.е.  $h = l/2 + (S/2) \cdot (1/\operatorname{tg}\alpha)$ , где  $\operatorname{tg}\alpha = \sin\alpha/\cos\alpha = 1/(n^2-1)^{0,5}$ . В итоге  $h = l/2 + (S/2) \cdot (n^2-1)^{0,5} = 1,9/2 + (15/2) \cdot (1,33^2-1)^{0,5} = 7,5$  (м)

Ответ:  $h = 7,5$  м



6. Дано:  $N=50$  Вт;  $\lambda=640$  нм= $6,4 \cdot 10^{-7}$  м;  $\eta=0,2\%=0,002$ ;  $h=6,6 \cdot 10^{-34}$  Дж·с,  $c=3 \cdot 10^8$  м/с

Найти:  $n$

Решение: Мощность излучения равна  $N_{\text{и}}=\eta \cdot N$ . Излучению с длиной волны  $\lambda$  соответствуют кванты, энергия которых равна  $\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$ , где  $\nu$  - частота излучения. Источник света излучает в секунду число световых квантов (фотонов):  $n = N_{\text{и}}/\varepsilon = (\eta \cdot N \cdot \lambda)/(h \cdot c)$ . Т.е.  $n = (0,002 \cdot 50 \cdot 6,4 \cdot 10^{-7})/(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8) = 3,1 \cdot 10^{17}$  (квантов/секунду)

Ответ:  $n = 3,1 \cdot 10^{17}$  квантов/секунду