

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/с², $v_0=0$.

Найти: ΔS .

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 ΔS 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).

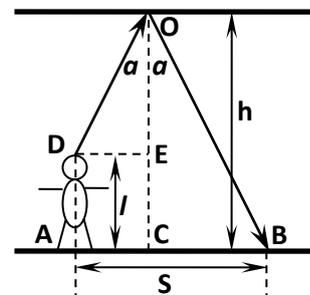
Ответ: $U_C=190,5$ В.

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 λ соответствуют кванты, энергия которых равна $\epsilon = h\nu = hc/\lambda$, где ν - 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/с², $V_0=0$

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)

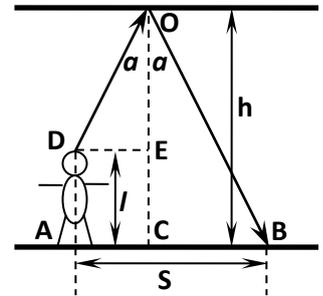
Ответ: $I=5$ А

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 λ соответствуют кванты, энергия которых равна $\varepsilon = h\nu = hc/\lambda$, где ν - 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