

**ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ)**  
**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ОЛИМПИАДА**  
**«ПАРУСА НАДЕЖДЫ»**  
**ПО ПРОФИЛЮ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»**  
**2018-2019 УЧ. ГОД**

*Заключительный (очный) тур*  
*11 класс*

**Вариант 1**

**Решение**

**Задание 1**

Дано:  $I_C=6$  А,  $I_R=8$  А

Найти:  $I_{\text{общ.}}$

Перевод в СИ: все исходные данные в СИ

Решение: Ток через емкость опережает напряжение на емкости на 90 градусов, а сдвига фаз между током через сопротивление и напряжением на сопротивлении нет. Таким образом  $I_{\text{общ.}}^2 = I_C^2 + I_R^2$ , т.е.  $I_{\text{общ.}} = (I_C^2 + I_R^2)^{0,5} = (6^2 + 8^2)^{0,5} = 10$  А

Ответ:  $I_{\text{общ.}} = 10$  А

**Задание 2**

Дано:  $U=220$  В,  $\nu=50$  Гц,  $L=1$  Гн,  $C=9$  мкФ,  $I=2,2$  А

Найти: R и P

Перевод в СИ:  $C=9$  мкФ= $9 \cdot 10^{-6}$  Ф

Решение:  $R_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi\nu C) = 1/(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 9 \cdot 10^{-6}) = 354$  Ом – это величина емкостного сопротивления;  $R_L = \omega L = 2\pi\nu L = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 1 = 314$  Ом – это величина индуктивного сопротивления;  $R_C - R_L = 354 - 314 = 40$  Ом;  $I = U/Z$ , т.е.  $Z = U/I = 220/2,2 = 100$  Ом – это величина полного сопротивления цепи;  $Z^2 = R^2 + (R_C - R_L)^2$ , т.е.  $R = (Z^2 - (R_C - R_L)^2)^{0,5} = (100^2 - 40^2)^{0,5} = 92$  Ом;  $P = I^2 \cdot R = 2,2^2 \cdot 92 = 445$  Вт.

Ответ:  $R=92$  Ом,  $P=445$  Вт.

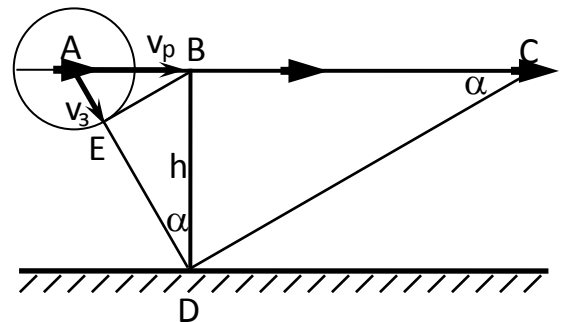
**Задание 3**

Дано:  $h=4,2$  км,  $t=12$  с,  $\nu_3=333$  м/с

Найти:  $\nu_p$

Перевод в СИ:  $h=4,2$  км= $4200$  м

Решение: D – это точка, в которой находится человек. Звук – это сферическая волна. Из подобных треугольников для скоростей ( $\nu_3$  – это скорость звука,  $\nu_p$  – это скорость



крылатой ракеты) и расстояний следует, что  $\cos\alpha=(v_3 \cdot t)/h$  и  $\sin\alpha=(v_3 \cdot t)/(v_p \cdot t)=v_3/v_p$ ; т.к.  $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ , то  $v_p=(v_3 \cdot h)/(h^2-v_3^2 \cdot t^2)^{0,5} = (333 \cdot 4200)/(4200^2-333^2 \cdot 12^2)^{0,5} = 1080$  м/с.

Ответ:  $v_p = 1080$  м/с.

#### **Задание 4**

Дано:  $\sigma=1,2$  кг/м<sup>2</sup>,  $\mu_{\text{He}}=0,004$  кг/моль,  $\mu_{\text{B}}=0,029$  кг/моль,  $p_0=10^5$  Па,  $t_0=0$  °С,  $R=8,31$  Дж/(моль·К)

Найти:  $r_{\text{min}}$

Перевод в СИ:  $t_0=0$  °С=273 К =  $T_0$

Решение: Находим массу гелия и воздуха из уравнения Менделеева-Клапейрона  $m_{\text{He}}=(\mu_{\text{He}} \cdot p_0 \cdot V)/(R \cdot T_0)$  и  $m_{\text{B}}=(\mu_{\text{B}} \cdot p_0 \cdot V)/(R \cdot T_0)$ ; из закона Архимеда (где  $M$  – это масса оболочки) рассматривая предельный случай, получим  $Mg = (m_{\text{B}}-m_{\text{He}})g = ((p_0 \cdot (\mu_{\text{B}}-\mu_{\text{He}}) \cdot g)/(R \cdot T_0))$ ; т.е.  $4\pi r^2 \sigma = (p_0 \cdot (\mu_{\text{B}}-\mu_{\text{He}}) \cdot 4\pi r^3)/(3 \cdot R \cdot T_0)$ ; из этого уравнения получим  $r_{\text{min}}=(3 \cdot \sigma \cdot R \cdot T_0)/(p_0 \cdot (\mu_{\text{B}}-\mu_{\text{He}})) = (3 \cdot 1,2 \cdot 8,31 \cdot 273)/(10^5 \cdot (0,029-0,004)) = 3,2$  м.

Ответ:  $r_{\text{min}} = 3,2$  м.

#### **Задание 5**

Дано:  $R=12$  см,  $\rho=8,9$  г/см<sup>3</sup>,  $A=64$ ,  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $N_A=6 \cdot 10^{23}$  1/моль

Найти:  $q$

Перевод в СИ:  $R=12$  см = 0,12 м;  $\rho=8,9$  г/см<sup>3</sup> = 8900 кг/м<sup>3</sup>

Решение:  $q=N \cdot e$ , где  $N$  – число удаленных электронов проводимости;  $N=(m/\mu) \cdot N_A$ , где  $\mu=0,064$  кг/моль, т.к.  $A=64$ ;  $m$  – это масса шара,  $m=V \cdot \rho = (4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho$ , где  $V$  = объем шара; таким образом  $q = (e N_A \cdot (4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho)/\mu = (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot (4/3) \cdot 3,14 \cdot 0,12^3 \cdot 8900)/0,064 = 9,7 \cdot 10^7$  Кл

Ответ:  $q = 9,7 \cdot 10^7$  Кл

#### **Задание 6**

Дано:  $R=17$  мм,  $m=7$  г,  $h=31$  см,  $h_0=8$  см,  $g=10$  м/с<sup>2</sup>,  $\rho_{\text{воды}}=10^3$  кг/м<sup>3</sup>

Найти:  $W_{\text{тр}}$ .

Перевод в СИ:  $R=17$  мм =  $1,7 \cdot 10^{-2}$  м,  $m=7$  г =  $7 \cdot 10^{-3}$  кг,  $h=31$  см = 0,31 м,  $h_0=8$  см = 0,08 м

Решение: Непосредственно у поверхности воды:  $(F_A-mg)h-W_{\text{тр}}=W_{\text{кин}}$ , где  $W_{\text{тр}}$  - тепловая энергия,  $W_{\text{кин}}$  - кинетическая энергия; по закону сохранения энергии  $(F_A-mg)h-W_{\text{тр}}=mgh_0$ , где  $mgh_0$  - потенциальная энергия; таким образом  $W_{\text{тр}}=F_A \cdot h-mg(h+h_0)$ , где сила Архимеда  $F_A=V \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g=(4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g$ ; т.е.  $W_{\text{тр}} = (4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g \cdot h - mg(h+h_0) = (4/3) \cdot 3,14 \cdot (1,7 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,31 - 7 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot (0,31+0,08) = 3,7 \cdot 10^{-2}$  Дж

Ответ:  $W_{\text{тр}} = 3,7 \cdot 10^{-2}$  Дж

### Задание 7

Дано:  $f=48$  см,  $\Gamma=2$

Найти:  $F$

Перевод в СИ:  $f=48$  см = 0,48 м

Решение: По определению  $\Gamma=N/h$ , где  $N$  – размер изображения и  $h$  – размер предмета; из условия подобия треугольников следует, что  $\Gamma = N/h = f/d$ , где  $f$  – расстояние от линзы до изображения и  $d$  – расстояние от предмета до линзы; т.е.  $d=f/\Gamma=0,48/2= 0,24$  м; формула тонкой линзы имеет вид  $1/F = 1/d + 1/f$ , откуда  $F = 1/(1/d + 1/f) = 1/(1/0,24 + 1/0,48) = 0,16$  м = 16 см

Ответ:  $F = 0,16$  м = 16 см

### Задание 8

Дано:  $B=0,4$  Тл,  $R=2$  см,  $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$  кг,  $q_p=e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

Найти:  $U$

Перевод в СИ:  $R=2$  см =  $2 \cdot 10^{-2}$  м

Решение: Из закона сохранения энергии следует, что  $eU = mv^2/2$ , где  $v$  – скорость протона; отсюда находим  $U = m \cdot v^2 / (2 \cdot e)$ , умножив числитель и знаменатель дроби на  $m$  получим  $U = (m \cdot v)^2 / (2 \cdot m \cdot e)$ ; сила Лоренца, которая действует на протон равна  $F_L = q_p \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$ , т.к.  $\alpha = 90^\circ$ , то  $F_L = e \cdot v \cdot B$ ; при движении по окружности  $F = m \cdot v^2 / R$ , где  $R$  – радиус окружности; т.е.  $m \cdot v^2 / R = e \cdot v \cdot B$ , откуда следует, что  $m \cdot v^2 / R = e \cdot v \cdot B$ , т.е.  $m \cdot v = e \cdot B \cdot R$ ; таким образом  $U = (m \cdot v)^2 / (2 \cdot m \cdot e) = (e \cdot B \cdot R)^2 / (2 \cdot m \cdot e) = (e \cdot B^2 \cdot R^2) / (2 \cdot m) = (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4^2 \cdot (2 \cdot 10^{-2})^2) / (2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}) = 3070$  В

Ответ:  $U = 3070$  В

**ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ)**  
**МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ОЛИМПИАДА**  
**«ПАРУСА НАДЕЖДЫ»**  
**ПО ПРОФИЛЮ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»**  
**2018-2019 УЧ. ГОД**

*Заключительный (очный) тур*  
*11 класс*

**Вариант 2**

**Решение**

**Задание 1**

Дано:  $I_L=9$  А,  $I_R=12$  А

Найти:  $I_{\text{общ.}}$

Перевод в СИ: все исходные данные в СИ

Решение: Ток через индуктивность отстает от напряжения на индуктивности на 90 градусов, а сдвига фаз между током через сопротивление и напряжением на сопротивлении нет. Таким образом  $I_{\text{общ.}}^2=I_L^2+I_R^2$ , т.е.  $I_{\text{общ.}}=(I_L^2+I_R^2)^{0,5}=(9^2+12^2)^{0,5}=15$  А

Ответ:  $I_{\text{общ.}}=15$  А

**Задание 2**

Дано:  $U=222$  В,  $\nu=50$  Гц,  $R=150$  Ом,  $C=4$  мкФ,  $P=185$  Вт

Найти:  $L$  и  $U_R$

Перевод в СИ:  $C=4$  мкФ= $4 \cdot 10^{-6}$  Ф

Решение:  $R_C=1/(\omega C)=1/(2\pi\nu C)=1/(2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 4 \cdot 10^{-6})=796$  Ом – это величина емкостного сопротивления; мощность  $P=I^2 \cdot R$ , откуда  $I=(P/R)^{0,5}=(185/150)^{0,5}=1,11$  А;  $Z=U/I=222/1,11=200$  Ом – это величина полного сопротивления цепи;  $Z^2=R^2+(R_C-R_L)^2$ , откуда  $R_C-R_L=(Z^2-R^2)^{0,5}=(200^2-150^2)^{0,5}=132$  Ом;  $R_L=796-132=664$  Ом; величина индуктивного сопротивления равна  $R_L=\omega L$ , откуда  $L=R_L/\omega=R_L/(2\pi\nu)=664/(2 \cdot 3,14 \cdot 50)=2,95$  Гн  $\approx 3$  Гн;  $U_R=I \cdot R=1,11 \cdot 150=166$  Ом.

Ответ:  $L=3$  Гн,  $U_R=166$  Ом

**Задание 3**

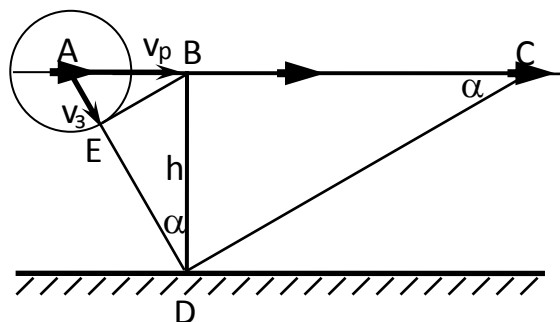
Дано:  $v_p=666$  м/с,  $t=22$  с,  $v_3=333$  м/с

Найти:  $v_p$

Перевод в СИ: все исходные данные в СИ

Решение: Звук – это сферическая волна.

Из подобных треугольников для скоростей ( $v_3$  – это скорость звука,  $v_p$  – это скорость крылатой ракеты) и расстояний



следует, что  $\cos\alpha=(v_3 \cdot t)/h$  и  $\sin\alpha=(v_3 \cdot t)/(v_p \cdot t)=v_3/v_p$ ; т.к.  $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ , то  $v_p=(v_3 \cdot t)/(1-v_3^2/v_p^2)^{0,5} = (333 \cdot 22)/(1-333^2/666^2)^{0,5} = 8460$  м

Ответ:  $h = 8460$  м

#### Задание 4

Дано:  $r_{\min}=3,8$  м,  $\mu_{\text{He}}=0,004$  кг/моль,  $\mu_{\text{B}}=0,029$  кг/моль,  $p_0=10^5$  Па,  $t_0=0$  °С,  $R=8,31$  Дж/(моль·К)

Найти:  $\sigma$

Перевод в СИ:  $t_0=0$  °С= $273$  К =  $T_0$

Решение: Находим массу гелия и воздуха из уравнения Менделеева-Клапейрона  $m_{\text{He}}=(\mu_{\text{He}} \cdot p_0 \cdot V)/(R \cdot T_0)$  и  $m_{\text{B}}=(\mu_{\text{B}} \cdot p_0 \cdot V)/(R \cdot T_0)$ ; из закона Архимеда (где  $M$  – это масса оболочки) рассматривая предельный случай, получим  $Mg = (m_{\text{B}}-m_{\text{He}})g = ((p_0 \cdot (\mu_{\text{B}}-\mu_{\text{He}}) \cdot g)/(R \cdot T_0)$ ; т.е.  $4\pi r^2 \sigma = (p_0 \cdot (\mu_{\text{B}}-\mu_{\text{He}}) \cdot 4\pi r^3)/(3 \cdot R \cdot T_0)$ ; из этого уравнения получим  $\sigma=(r_{\min} \cdot p_0 \cdot (\mu_{\text{B}}-\mu_{\text{He}}))/(3 \cdot R \cdot T_0) = (3,8 \cdot 10^5 \cdot (0,029-0,004))/(3 \cdot 8,31 \cdot 273) = 1,4$  кг/м<sup>2</sup>

Ответ:  $\sigma = 1,4$  кг/м<sup>2</sup>

#### Задание 5

Дано:  $R=8$  см,  $\rho=10,5$  г/см<sup>3</sup>,  $A=108$ ,  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $N_A=6 \cdot 10^{23}$  1/моль

Найти:  $q$

Перевод в СИ:  $R=8$  см =  $0,08$  м;  $\rho=10,5$  г/см<sup>3</sup> =  $10500$  кг/м<sup>3</sup>

Решение:  $q=N \cdot e$ , где  $N$  – число удаленных электронов проводимости;  $N=(m/\mu) \cdot N_A$ , где  $\mu=0,108$  кг/моль, т.к.  $A=108$ ;  $m$  – это масса шара,  $m=V \cdot \rho = (4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho$ , где  $V$  = объем шара; таким образом  $q = (e N_A \cdot (4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho)/\mu = (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot (4/3) \cdot 3,14 \cdot 0,08^3 \cdot 10500)/0,108 = 2,0 \cdot 10^7$  Кл

Ответ:  $q = 2,0 \cdot 10^7$  Кл

#### Задание 6

Дано:  $R=16$  мм,  $m=6$  г,  $h=32$  см,  $h_0=9$  см,  $g=10$  м/с<sup>2</sup>,  $\rho_{\text{воды}}=10^3$  кг/м<sup>3</sup>

Найти:  $W_{\text{тр}}$ .

Перевод в СИ:  $R=16$  мм =  $1,6 \cdot 10^{-2}$  м,  $m=6$  г =  $6 \cdot 10^{-3}$  кг,  $h=32$  см =  $0,32$  м,  $h_0=9$  см =  $0,09$  м

Решение: Непосредственно у поверхности воды:  $(F_A-mg)h-W_{\text{тр}}=W_{\text{кин}}$ , где  $W_{\text{тр}}$  - тепловая энергия,  $W_{\text{кин}}$  - кинетическая энергия; по закону сохранения энергии  $(F_A-mg)h-W_{\text{тр}}=mgh_0$ , где  $mgh_0$  - потенциальная энергия; таким образом  $W_{\text{тр}}=F_A \cdot h-mg(h+h_0)$ , где сила Архимеда  $F_A=V \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g=(4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g$ ; т.е.  $W_{\text{тр}} = (4/3) \cdot \pi R^3 \cdot \rho_{\text{воды}} \cdot g \cdot h - mg(h+h_0) = (4/3) \cdot 3,14 \cdot (1,6 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 0,32 - 6 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot (0,32+0,09) = 3,0 \cdot 10^{-2}$  Дж

Ответ:  $W_{\text{тр}} = 3,0 \cdot 10^{-2}$  Дж

### **Задание 7**

Дано:  $d=36$  см,  $1/\Gamma=2$

Найти:  $F$

Перевод в СИ:  $d = 36$  см = 0,36 м

Решение: По определению  $\Gamma=N/h$ , где  $N$  – размер изображения и  $h$  – размер предмета; из условия подобия треугольников следует, что  $\Gamma = N/h = f/d$ , где  $f$  – расстояние от линзы до изображения и  $d$  – расстояние от предмета до линзы; т.е.  $f=d/2=0,36/2= 0,18$  м; формула тонкой линзы имеет вид  $1/F = 1/d + 1/f$ , откуда  $F = 1/(1/d + 1/f) = 1/(1/0,36 + 1/0,18) = 0,12$  м = 12 см

Ответ:  $F = 0,12$  м = 12 см

### **Задание 8**

Дано:  $U=100$  В,  $R=4$  см,  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг,  $|q_e|=e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

Найти:  $B$

Перевод в СИ:  $R=4$  см =  $4 \cdot 10^{-2}$  м

Решение: Из закона сохранения энергии следует, что  $eU = mv^2/2$ , где  $v$  – скорость протона; отсюда находим  $U = m \cdot v^2 / (2 \cdot e)$ , умножив числитель и знаменатель дроби на  $m$  получим  $U = (m \cdot v)^2 / (2 \cdot m \cdot e)$ ; сила Лоренца, которая действует на протон равна  $F_L = q_p \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$ , т.к.  $\alpha = 90^\circ$ , то  $F_L = e \cdot v \cdot B$ ; при движении по окружности  $F = m \cdot v^2 / R$ , где  $R$  – радиус окружности; т.е.  $m \cdot v^2 / R = e \cdot v \cdot B$ , откуда следует, что  $m \cdot v^2 / R = e \cdot v \cdot B$ , т.е.  $m \cdot v = e \cdot B \cdot R$ ; таким образом  $U = (m \cdot v)^2 / (2 \cdot m \cdot e) = (e \cdot B \cdot R)^2 / (2 \cdot m \cdot e) = (e \cdot B^2 \cdot R^2) / (2 \cdot m)$ , т.е.  $B = ((2 \cdot m \cdot U) / (e \cdot R^2))^{0,5} = ((2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 100) / (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (4 \cdot 10^{-2})^2))^{0,5} = 8,4 \cdot 10^{-4}$  Тл

Ответ:  $B = 8,4 \cdot 10^{-4}$  Тл