

**Примерни решения на задачите от регионалното състезание по физика –
Плевен, 2-3.12.2000г**

Решение на Задача 1.

А) Атмосферното налягане се дължи на теглото на атмосферата, което е равномерно разпределено върху Земната повърхност:

$$p_A = Mg/4\pi R_3^2 \quad 1\tau$$

Оттук получаваме:

$$M = p_A 4\pi R_3^2 / g = 5,3 \cdot 10^{18} \text{ kg.} \quad 0,5\tau$$

Б) Тъй като масата на атмосферата е постоянна, при загряване атмосферното налягане върху земната повърхност не се променя. Същото се отнася и за атмосферното налягане върху всеки слой на атмосферата, който при загряване се издига нагоре, като масата и теглото на въздуха, който се намира над него остават постоянни. Следователно топлинния капацитет на атмосферата съответства на този на двуатомен газ ($O_2 + N_2$) при постоянно налягане:

$$C_A = N(i+2)R/2,$$

където $i = 5$ е броя на степените на свобода на двуатомна молекула, а N е броя молекули в атмосферата. Средната моларна маса на въздуха е: $\mu = 0,2 \cdot \mu(O_2) + 0,8 \cdot \mu(N_2) = 0,029 \text{ kg}$ и следователно: $N = M/\mu = 1,83 \cdot 10^{20} \text{ mol}$. Окончателно получаваме:

$$C_A = 7/2 NR = 5,3 \cdot 10^{21} \text{ J/K.} \quad 1,5\tau$$

В) Интензитета на топлинното излъчване върху повърхността на Слънцето е:

$$I_0 = \sigma T^4 \quad 1\tau$$

С отдалечаване от Слънцето той се изменя обратно-пропорционално на квадрата на разстоянието до центъра на Слънцето. Следователно върху Земята пада излъчване с интензитет:

$$I = \sigma T^4 (R_0/d)^2 = 1380 \text{ W/m}^2 \quad 1\tau$$

и резултатната топлинна мощност (некомпенсиран поток), която приема Земята е:

$$P = 10^{-3} I \pi R_3^2 = 10^{-3} \sigma T^4 (R_0/d)^2 \pi R_3^2 = 1,76 \cdot 10^{14} \text{ W} \approx 5,5 \cdot 10^{21} \text{ J/година.} \quad 1\tau$$

За повишаване на нивото на океаните с 1 m е необходимо да се разтопи лед с маса:

$$M_L = \rho(0,7\pi R_3^2)h = 8,92 \cdot 10^{16} \text{ kg}$$

и съответно количество топлина: $0,5\tau$

$$Q = M_L \lambda = 2,99 \cdot 10^{22} \text{ J.}$$

Тъй като 50% от сумарния топлинен поток води до топене на ледовете, за разтапянето на горното количество лед е необходимо време:

$$t = Q/(0,5P) \approx 11 \text{ години.} \quad 0,5\tau$$

Останалите 50% водят до повишаване на средната атмосферна температура с:

$$\Delta T = 0,5 P / C_A = Q / C_A \approx 5,6 \text{ K.} \quad 0,5\tau$$

Решение на Задача 2.

А) На височина h , ускорението на свободно падане намалява по закона на "обратните квадрати":

$$g(h) = g_0 \left(\frac{R_0}{R_0 + h} \right)^2 \quad 1\tau$$

При движение по кръгова орбита, станцията има нормално ускорение равно на $g(h)$. Оттук определяме скоростта на орбитално движение:

$$\frac{v^2}{R+h} = g(h) \Rightarrow v(h) = R_0 \sqrt{\frac{g_0}{R_0 + h}} = 7766 \text{ m/s} \quad 1\tau$$

Тъй като дължината на кабела е много по-малка от радиуса на орбитата, можем да считаме, че всички точки от кабела се движат с еднаква скорост. Върху всеки свободен електрон от кабела, действа магнитна (Лоренцова) сила, насочена по неговата дължина:

$$F = evB \quad 1\tau$$

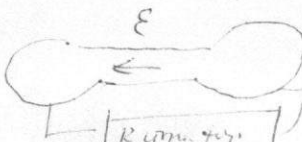
Работата, която извършва тази сила за пренос на единичен положителен заряд между корпуса на соваката и сферата е равна на търсеното ЕДН:

$$U = vBL = 7766 \text{ V} \quad 1\tau$$

Б) При свързване на волтметра към двата края на кабела, се образува затворена електрическа верига, която се "пронизва" от постоянен магнитен поток. Следователно пълното ЕДН индуцирано във веригата е равно на нула и волтмътра не отчита напрежение. 1τ

В) Поради потенциалната разлика между корпуса и сферата, към тялото с по-висок потенциал се привличат свободни електрони, които проникват в метала, а към това с по-нисък потенциал

$E_{\text{кв}} = \text{хемел}$



положителни йони от йоносферата. Положителните йони се неутрализират с електрони, при достигане на металната повърхност, което води до протичане на електричен ток през кабела.

Г) Върху кабела действа магнитна сила, която е перпендикулярна на неговата дължина и е насочена обратно на посоката на орбитално движение:

$$F = IBL. \quad 1 \tau$$

За един оборот, тази сила извършва отрицателна работа: $A = -2\pi(R+h)F$, която води до намаляване на пълната енергия на станцията:

$$E = mv^2/2 - GM_3M/(R_0+h) = -\frac{GM_3M}{2(R_0+h)} = -Mg_0 \frac{R_0^2}{2(R_0+h)}, \quad 1,5$$

където M_3 е масата на Земята. Промяната на пълната енергия при промяна на височината с Δh е приблизително равна на:

$$\Delta E = Mg_0 \frac{R_0^2}{2(R_0+h)^2} \Delta h. \quad 1 \tau$$

Тъй като $\Delta E = A$, промяната на височината е:

$$\Delta h = -\frac{4\pi IBL(R_0+h)^3}{Mg_0 R_0^2} \approx -\frac{4\pi IBLR_0}{Mg_0} = -0,389 \text{ m} \quad 0,5 \tau$$

т.е. височината на орбитата намалява с около 39 сантиметра при всяка обиколка около Земята.

Решение на Задача 3.

А) Тъй като центъра на масите на молекулата е неподвижен, максималното удължение на пружината е $\Delta l = 2A$, където A е амплитудата на трептене на отделните атоми. Максималната потенциална енергия на трептенето е съответно: $E_{p \max} = k(2A)^2/2 = 2kA^2$. Максималната кинетична енергия е $E_{k \max} = 2 \times m(v_{\max})^2/2 = m(2\pi\nu A)^2$. Тъй като $E_{p \max} = E_{k \max}$, можем да определим честотата:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k}{m}} = 5,59 \cdot 10^{12} \text{ Hz}. \quad (3 \tau)$$

две равни маси, свързани с пружините

Б) Енергията на хармоничния осцилатор може да се променя само с точно определени порции (кванти), които се дават с формулата на Планк: *(за тези осцилатори)*

$$E_{\min} = h\nu = 3,71 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,232 \text{ eV}. \quad 1 \tau \text{ (м.м. е.м. - 8)}$$

Това е минималната енергия, която трябва да притежава фотон, така че да възбуди молекулно трептене. Съответната дължина на вълната е:

$$\lambda_{\max} = c/\nu = 5,37 \cdot 10^{-6} \text{ m}. \quad 0,5 \tau$$

Тази дължина на вълната съответства на инфрачервена светлина.

В) При дължина на вълната $\lambda = 500 \text{ nm} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, енергията на фотона е по-голяма от минималната и следователно е възможен процес на нееластично разсейване. При еластично разсейване: $\lambda_e = \lambda$. При нееластично разсейване е изпълнен закона за запазване на енергията:

$$hc/\lambda = E_{\min} + hc/\lambda_n \quad 1 \tau$$

(По условие може да се пренебрегне енергията на постъпателно движение на молекулата). От последното съотношение получаваме:

$$\lambda_n - \lambda_e = \frac{\lambda_e \lambda_n E_{\min}}{hc} \approx \frac{\lambda^2 E_{\min}}{hc} = 4,66 \cdot 10^{-8} \text{ m} = 46,6 \text{ nm} \quad 1 \tau$$

*минимум е енергията на вълната
квант на минимална маса*

г) Максимум от първи порядък за светлина с дължина на вълната λ се получава под ъгъл θ , който удовлетворява съотношението:

$$\sin(\theta) = \lambda/d \quad 1 \tau$$

При $\lambda = 500 \text{ nm}$, $\theta = 30^\circ$. За две спектрални линии с малка разлика в дължините на вълната $\Delta\lambda \ll \lambda$, се получава разлика в ъглите $\Delta\theta$, такава че $\cos(\theta)\Delta\theta = \Delta\lambda/d$. Разстоянието от даден максимум до центъра на интерференчната картина е равно на $x = f \tan(\theta)$ а между двата съседни максимума, съответно:

$$\Delta x = f \frac{\Delta\theta}{\cos^2 \theta} = \frac{f \Delta\lambda}{d \cos^2 \theta} = 7,17 \cdot 10^{-3} \text{ m} \approx 7 \text{ mm} \quad 1,5$$