

Министерство на образованието и науката

Централна комисия за провеждане на олимпиадата по физика

Решения и указания

за републиканския (трети) кръг на олимпиадата по физика

за 10. и 11. клас, 12 април 1998 година

ЗАДАЧА 1. а) $A = 3(x-1)V_0\rho_0$2 точки

б) Газът получава количество топлина при изохорното нагряване $1 \rightarrow 2$ и при изобарното разширение $2 \rightarrow 3$. От първия принцип на термодинамиката

следва равенството $Q_1 = \Delta U_{31} + A_{23}$, където $\Delta U_{31} = \frac{3}{2}R(T_3 - T_1)$ е изменението

на вътрешната енергия на газа, $A_{23} = 3x\rho_0 V_0$ е работата на газа при процеса $2 \rightarrow 3$. От уравнението на Клапейрон-Менделеев: $\rho_0 V_0 = RT_1$ и $4x\rho_0 V_0 = RT_3$

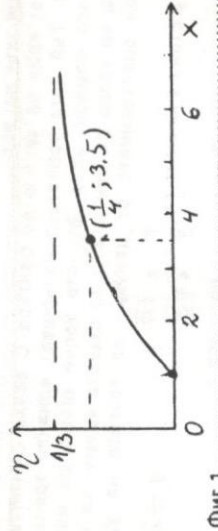
изразяваме $T_3 - T_1$ и определяме полученото от газа количество топлина

$Q_1 = (18x - 3)\rho_0 V_0/2$4 точки

в) $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{2x-2}{6x-1}$2 точки

При $x = 3.5$ $\eta = 0.25$1 точка

г) При $x = 1$, $\eta = 0$; при $x = 3.5$, $\eta = 1/4$; при $x \rightarrow \infty$, $\eta \rightarrow 1/3$.



Фиг.1.....3 точки

ЗАДАЧА 2. а) Под действие на магнитната сила електронът описва окръжност с постоянен радиус, която лежи в равнина, перпендикулярна на индукционните линии. Едновременно с това под действие на електричната сила електронът се движи равномерноускорително в посока, противоположна на посоката на силовите линии на електричното поле (зарядът на електрона е отрицателен). При наслагването на тези две движения се получава винтова линия с постоянен радиус и нарастваща "стъпка"

б) $eU = mv_0^2/2$; $v_0 = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = 1.76 \cdot 10^7$ m/s.....2 точки

в) Големината на магнитната сила е eV_0B . От условието за движение по окръжност $\frac{mv_0^2}{r} = eV_0B$ определяме радиуса на окръжността $r = \frac{mv_0}{eB}$.

Правата a е перпендикулярна на тази окръжност и я пресича в точка A .

Следователно $L_{max} = 2r = \frac{2mv_0}{eB} = \frac{2V_0}{eB} = 1$ cm.....3 точки

Министерство на образованието и науката

Централна комисия за провеждане на олимпиадата по физика

за републиканския (трети) кръг на олимпиадата по физика

за 10. и 11. клас, 12 април 1998 година

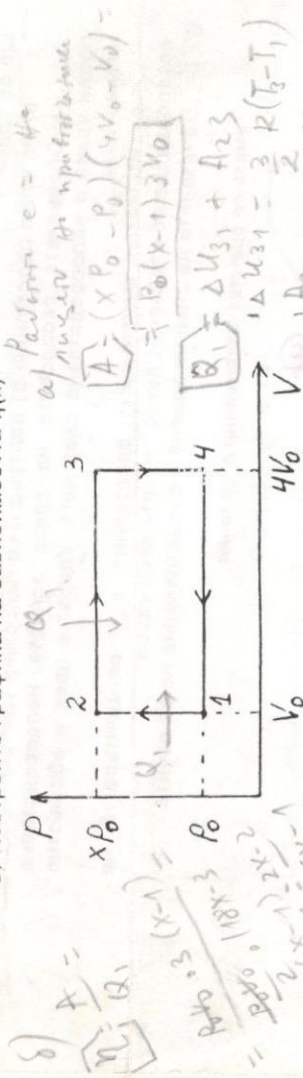
ТЕМА

ЗАДАЧА 1. (12 точки) С 1 mol едноатомен идеален газ се извършва цикъл, съставен от две изобари и две изохори (Фиг. 1)

а) Изразете работата на газа A за един цикъл и полученото от газа количество топлина Q_1 за един цикъл чрез налягането p_0 , обема V_0 и параметъра x .

б) Определете коефициента на полезно действие (КПД) η на топлинна машина, която има такъв работен цикъл. При каква стойност на параметъра x КПД е $\eta = 0.25$?

в) Постройте графика на зависимостта $\eta(x)$



Фиг.1

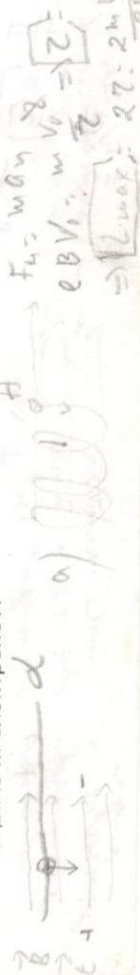
ЗАДАЧА 2. (13 точки) В дадена област от пространството са създадени едновременно еднородно електрично поле с интензитет $E = 8.8 \cdot 10^5$ V/m и еднородно магнитно поле с индукция $B = 0.02$ T.

Векторите $\vec{E}$ и $\vec{B}$ имат еднакви посоки. Полетата не се изменят с течение на времето. През точка A от тази област, лежаща на правата a , която е успоредна на силовите линии на двете полета, преминава електрон. Скоростта на електрона v_0 е насочена перпендикулярно на силовите линии и на правата a . За да достигне скорост v_0 , електронът е бил предварително ускорен от напрежение $U = 0.88$ kV. Отношението на заряда на електрона e към неговата маса m е $e/m = 1.76 \cdot 10^{11}$ C/kg

а) Опишете качествено движението на електрона и вида на траекторията му.

б) Пресметнете началната скорост v_0 на електрона

в) На какво максимално разстояние L_{max} от правата a ще се отдалечи електронът?



$W = m \cdot A \cdot \omega^2 / 2$
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{e}{g}}$
 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

г) Електронът прави една обиколка на окръжността за време
 $T = \frac{2\pi l}{v_0} = \frac{2\pi m}{eB}$
 време, давайки се равноускорително с ускорение $a = eE/m$ по правата α ,
 той изминава път $s_1 = \frac{eE^2}{2m} = 2.5 \text{ mm}$ 3 точки

д) Електронът пресича правата α в моментите 0, T, 2T, 3T и т.н. Тъй
 като движението по правата α е равноускорително, изминатите за
 съответните интервали от време пътища се отнасят както квадратите на
 последователните цели числа: $s_1 : s_2 : s_3 : \dots = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \dots$ 2 точки

ЗАДАЧА 3. а) Движението на топчето (например с маса m) се
 извършва под действието на гравитационна сила $F = -\frac{mg_0}{R} x$, която е от

вида $F = -kx$, където $k = \frac{mg_0}{R}$. Това е връщаща сила, под действие на която
 топчето извършва хармонично трептене с амплитуда $A = R$, кръгова честота
 $\omega = \sqrt{\frac{F}{mx}} = \sqrt{\frac{g_0}{R}}$ и период $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}}$. Периодът не зависи от масата
 на топчето. Следователно двете топчета ще извършват хармонично трептене

с еднаква амплитуда и еднакъв период 3 точки
 б) Разстоянието от края на канала до центъра C всяко от топчетата
 изминава за време $T/4$. Тъй като топчетата извършват еднакви трептения
 (отместени по фаза), ако нямаме удар, второто топче щеше да измине
 разстоянието от топката на удара до центъра C за същото време, за което
 първото топче изминава разстоянието от центъра до топката на удара.

Следователно ударът ще стане в момент $t = \frac{T}{8} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{R}{g_0}}$ 3 точки
 в) Разстоянието от центъра C до топката на удара е
 $x = A \sin \frac{2\pi}{T} t = A \sin \frac{\pi}{4} = \frac{R\sqrt{2}}{4}$ 2 точки

г) Преди удара двете топчета имат еднакви скорости
 $v = \omega R \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}g_0 R}{4}$ 2 точки
 След удара двете топчета се движат с еднаква скорост u , която
 определяме от закона за запазване на импулса
 $2mv - mv = 3mu, u = \frac{v}{3} = \frac{\sqrt{2}g_0 R}{6}$ 2 точки

д) След удара съставното топче с маса $3m$ извършва хармонично
 трептене. От закона за запазване на енергията при хармоничното трептене
 следва уравнението $\frac{kx^2}{2} + \frac{3mv^2}{2} = \frac{kx_{\max}^2}{2}$, където $k = \frac{3mg_0}{R}$. След заместване
 на k , x и u получаваме $x_{\max} = \frac{\sqrt{5}}{3} R$ 3 точки

$A \cdot T = \frac{2\pi R}{v_0} = \frac{2\pi m}{eB}$
 $F_c = eE$
 $F_c = ma \Rightarrow a = \frac{eE}{m}$
 $s_1 = \frac{1}{2} a T^2 = \frac{eE^2}{2m}$

г) На какво разстояние s_1 от точка A се намира точката A, в
 която електронът отново пресича правата α ?
 д) Намерете отношението $s_1 : s_2 : s_3 : \dots$ на разстоянията от точка
 A до точките A₁, A₂, A₃ и т.н., в които електронът пресича правата α .

ЗАДАЧА 3. (15 точки) По диаметъра на еднороден сферичен
 астероид с радиус R е прокапан тесен канал. Ускориението на свободно
 падане на повърхността на астероида е g_0 , а вътре в канала се изменя
 по закона $g(x) = g_0 \frac{x}{R}$, където x е разстоянието до центъра C на
 астероида. От единия край на канала е пуснато без начална скорост
 топче с маса $2m$. В момента, когато то преминава през центъра C, от
 другия край на канала пускат без начална скорост второ топче с маса

m .
 а) Какъв е вилът на движението на двете топчета в канала?
 Определете величините, които характеризират това движение.
 б) Колко време след пускането на второто топче двете топчета
 ще се ударят?

в) На какво разстояние от центъра C се извършва ударът?
 г) Определете скоростите на двете топчета непосредствено
 преди удара и непосредствено след него. Ударът е пряк и абсолютно

нееластичен.
 д) На какво максимално разстояние $x_{\max}$ от центъра C на
 астероида ще се отдалечат двете топчета след удара?

е) Действието на сили на триене и съпротивление не се отчита



$F = -mg(x) = -\frac{mg_0 x}{R}$
 $F = -kx$
 $k = \frac{mg_0}{R}$
 $F = -ma = -\frac{mg_0 x}{R}$
 $F = -kx = \frac{mg_0 x}{R}$
 $x = \frac{R}{2}$
 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g_0}{R}}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}}$
 $x = \frac{R}{2}$
 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g_0}{R}}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}}$

Темата се оценява максимално с 0 точки.
 а) Топчето се движи под действието на гравитацията
 и не извършва трептене, тъй като силата е постоянна.
 б) Топчето се движи под действието на гравитацията
 и не извършва трептене, тъй като силата е постоянна.
 в) Топчето се движи под действието на гравитацията
 и не извършва трептене, тъй като силата е постоянна.
 г) Топчето се движи под действието на гравитацията
 и не извършва трептене, тъй като силата е постоянна.
 д) Топчето се движи под действието на гравитацията
 и не извършва трептене, тъй като силата е постоянна.
 е) Топчето се движи под действието на гравитацията
 и не извършва трептене, тъй като силата е постоянна.