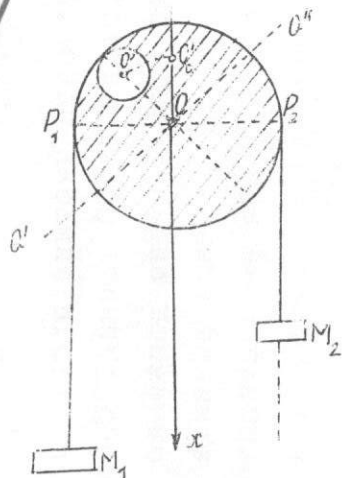


3. декември 2001г.

1. задача /75 точки/. В метален диск с радиус  $R$  е изрязан цилиндричен отвор с радиус  $r = \frac{R}{3}$  и с ос, успоредна на перпендикулярната на диска права  $Q'Q''$ , която минава през центъра  $O$  на окръжността, ограничаваща една от основите му и отстояща на разстояние  $d = \frac{2R}{3}$  от тази права /вж. фигурата/. Дискът може да се върти свободно и без триене около споменатата права  $Q'Q''$ , която е хоризонтална и неподвижна. През диска е прехвърлена неразтегаема нишка с нищожно малка маса, в краищата на която са окачени две тела  $M_1$  и  $M_2$  с маси  $m_1$  и  $m_2$  съответно като  $m_1 > m_2$ . Хлъзгането на нишката по периферията на диска да не се отчита. Масата на изрязания диск е  $M$ .



а/ Да се намерят ускоренията на телата  $M_1$  и  $M_2$  и големината на ъгловото ускорение на диска;

б/ Какво е движението на диска при

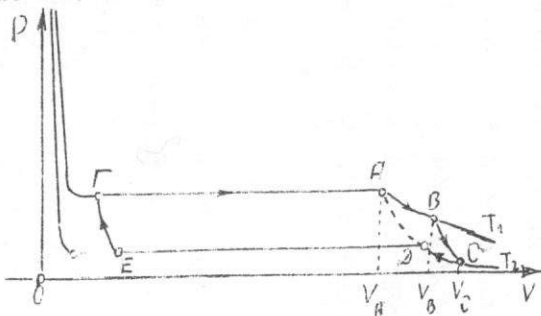
$$m_1 = m_2 = m?$$

в/ Да се определят силите на опъване на двете части на нишката  $M_1P_1$  и  $M_2P_2$  при  $m_1 = m_2 = \frac{M}{2}$ ;

г/ Да се определи периода на движението на диска при малки негови трептения, ако  $m_1 = m_2 = \frac{M}{2}$ ;

д/ Възможно ли е трептенията на диска да са малки, ако в началния момент центърът на отвора му  $O'$  е в положение  $O'_0$ ? Обосновете отговора си!

2. задача. На фигурата са дадени две изотерми на  $1 \text{ mol}$  от дадено вещество, което може да извършва фазовия преход течност - газ.



Системата от това вещество извършва обратимия кръгов процес ГАВСДЕГ като процесите ВС и ЕГ са адиабатни. Газообразната фаза АВСД да се разглежда като идеален газ, а в състоянието Г системата е изцяло в течна фаза. Топлината на изпарение

при процеса ГА е постоянна и е  $\lambda = 50 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$ , температурите на изотермите са  $T_1 = 400 \text{ K}$  и  $T_2 = 200 \text{ K}$ ,  $\ln(V_B/V_A) = 0,60$  и  $\ln(V_C/V_B) = 0,75$ , където  $V_A$ ,  $V_B$  и  $V_C$  са обемите на системата в състоянията А, В и С съответно.

а/ Да се определят извършената работа  $A$  и обмененото количество топлина  $Q$  при дадения кръгов процес;

б/ Да се определи коефициента на полезно действие /кпд/  $\eta$  на топлинна машина, чието работно тяло е дадената система и то извършва периодически кръговия процес ГАВСДЕГ;

в/ Да се определи коефициента на Поасон  $\gamma$  на системата, който участва в уравнението на адиабатния процес ВС, имащо вида  $P \cdot V^\gamma = \text{const}$ ;

г/ Да се определи изменението  $\Delta U_{DA}$  на вътрешната енергия на системата при преминаването ѝ от състояние Д в състояние А.

Универсалната газова константа  $R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

Задачата дава 100 точки.

3. задача /125 точки/. а/ Да се намерят законите за трансформация при преход от една инерциална отправна система /ИОС/ К към друга ИОС К' на пълната механична енергия  $E$  и на проекцията  $p_x$  върху оста  $Ox$  на импулса  $\vec{p}$  на едно тяло, което се движи по оста  $Ox$  на ИОС К. Началото  $O'$  на ИОС К' се движи със скорост с големина  $V$  спрямо ИОС К, абсцисните оси на К и К' постоянно съвпадат, а ординатните им оси, както и апликатните им оси са постоянно успоредни.

б/ Скоростта  $\vec{v}$  на една частица постоянно лежи в координатната равнина  $Oxy$  на една ИОС К и сключва ъгъл  $\tilde{\theta}$  с оста  $Oy$ . Как се трансформира ъгълът  $\tilde{\theta}$  при преход от ИОС К към ИОС К'? Как се трансформира при този преход ъгълът  $\theta$  между посоката на скоростта на един фотон и абсцисната ос  $Ox$  на ИОС К?

в/ Явлението, при което посоката на даден светлинен лъч спрямо един наблюдател се променя спрямо друг наблюдател, който се движи спрямо първия, се нарича светлинна аберация. Ако  $\theta$  е ъгълът, който сключва светлинен лъч с оста  $Ox$  на ИОС К, а  $\theta'$  е ъгълът, който сключва този лъч с оста  $O'x'$  на ИОС К', то ъгълът  $\Delta\theta = \theta' - \theta$  се нарича ъгъл на аберацията. Да се определи ъгълът на аберацията за лъч, който пада перпендикулярно на оста  $Ox$ , ако  $V = \sqrt{3}c/2$ , където  $c$  е скоростта на светлината във вакуум. Да се определи ъгълът на аберацията в общия случай, ако  $V \ll c$  с точност до величини от втори порядък на  $V/c$ ;

г/ Частица с кинетична енергия  $E_k = 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ J}$ , равна на утронената ѝ енергия на покой се удря в друга такава частица, която е неподвижна. Да се определят пълната механична енергия на системата от двете частици и проекциите на импулсите им върху оста  $Ox'$  спрямо ИОС К', неподвижно свързана с центъра на масите на двете частици. Да се определи и скоростта на началото ИОС К' спрямо ИОС К, спрямо

втората частица преди удара е неподвижна.

4. задача /120 точки/. Свободна микрочастица с маса в покой  $m_0$  върши праволинейно движение по посока на оста  $Ox$ .

а/ да се определи вълната  $\psi$ , получена от наслагването на две вълни на дьо Бройл на частицата, съответстващи на нейни скорости с големина  $v - \Delta v$  и  $v + \Delta v$ , където величината  $\Delta v$  е такава, че  $\frac{\Delta v}{v} \ll 1$ ;

б/ Аргументът на по-бързо променящия се множител на  $\psi$  разглеждаме като фаза на вълната  $\psi$ , а другият множител - като модулираща функция. По-малка или по-голяма от скоростта на светлината във вакуум  $c$  е фазовата скорост на вълната  $\psi$ , т.е. скоростта, с която се движат геометричните места на точки с една и съща фаза? Какво означава получения резултат?

в/ Скоростта  $v_g$ , с която се движат максимумите на модулиращата функция се нарича групова скорост на вълната  $\psi$ . Да се определи  $v_g$  с точност до величина от порядъка на  $\frac{\Delta v}{v}$ ;

г/ Нека микрочастицата е нерелативистска и в началния момент  $t = 0$  тя е локализирана в област с ширина  $\Delta x(v)$ . Тогава се казва, че частицата се описва с вълнов пакет  $\psi(x, t)$ , който е суперпозиция на вълни на дьо Бройл и в момента  $t$  практически е отличен от 0 само в област с ширина  $\Delta x(t)$ . Да се определи функцията  $\Delta x(t)$ . Каква функция на времето е тя? Ако  $m_0 = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , а  $\Delta x(0) = 10^{-10} \text{ m}$ , каква е ширината на пакета на частицата в момента  $t = 0,5 \text{ s}$ ?

Указание: При решаването на задачата използвайте следната формула

$$(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x, (|x| \ll 1).$$

Константата на Планк е  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ .

ЗАДЪЛЖИТЕЛНО СЕ РЕШАВАТ ТРИ ЗАДАЧИ ОТ ЛАДЕНИТЕ ЧЕТИРИ. АКО НЯКОЙ УЧАСТНИК Е РЕШИЛ ИЛИ СЕ Е ОПИТВАЛ ДА РЕШАВА И ЧЕТИРИТЕ ЗАДАЧИ, ТО НА НЕГО СЕ НАЧИСЛЯВА БРОЙ НА ТОЧКИ, КОИТО Е РАВЕН НА НАЙ-ГОЛЯМАТА СУМА НА ПОЛУЧЕНИТЕ ОТ НЕГО БРОЙКИ ТОЧКИ ПРИ РЕШАВАНЕТО НА ТРИ ОТ ЗАДАЧИТЕ.

