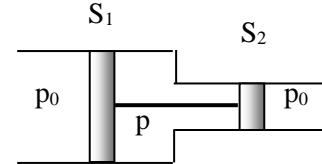


Concursul Național de Fizică „Evrika” ediția XXVII
31 Martie-3 Aprilie 2017
Subiecte – Clasa a X-a

Problema I. (10 puncte) – Motor termic fără frecare

Două pistoane, legate printr-o tijă rigidă, se pot mișca fără frecare în sistemul de cilindri din figura alăturată. Ariile suprafețelor celor două pistoane sunt S_1 respectiv S_2 cu $S_1 > S_2$. În interiorul cilindrilor se află un gaz ideal, izolat de exterior prin intermediul pistoanelor. Presiunea atmosferică este p_0 .



a) Sistemul mecanic format din cele două pistoane cuplate este, inițial, blocat. Analizează și justifică ce se poate întâmpla cu sistemul mecanic după deblocarea lui.

b) Sistemul mecanic format din cele două pistoane cuplate este în echilibru mecanic dacă volumul gazului ideal din interior este V_0 . Masa sistemului mecanic format din cele două pistoane și tija prin care sunt cuplate este m . Se împinge, pe o distanță x , mică, pistonul cu secțiunea mai mare. Determină perioada micilor oscilații efectuate de sistemul mecanic datorată scoaterii acestuia din starea de echilibru mecanic considerând că, în timpul mișcării, temperatura gazului din interior se menține constantă.

Se cunoaște că un sistem mecanic asupra căruia acționează o forță rezultantă de forma $|F| = kx$, unde k

este o constantă caracteristică a sistemului, oscilează cu o perioadă dată de formula $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, unde

m este masa sistemului. Mișcarea oscilatorie este asemănătoare mișcării unui piston între cele două poziții limită, punctul mort superior și punctul mort inferior, dintr-un cilindru al unui motor termic. T reprezintă durata mișcării pistonului în care substanța de lucru parcurge un ciclu termodinamic complet.

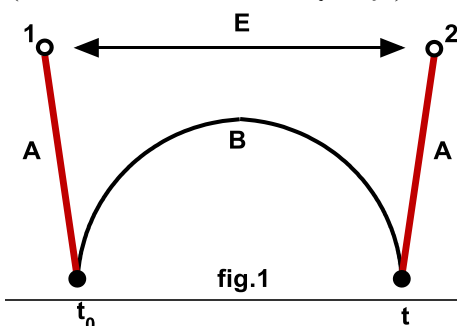
Se cunoaște, de asemenea, că pentru un y mic expresia matematică $(1-y)^{-1}$ poate fi suficient de bine aproximată cu $(1+y)$.

c) Determină viteza maximă pe care o are sistemul mecanic în timpul mișcării și precizează poziția, în raport cu poziția de echilibru mecanic a sistemului, pentru care se obține această viteză.

d) Determină căldura schimbată de gazul ideal din interior în timpul mișcării sistemului mecanic din poziția corespunzătoare depărtării maxime față de poziția de echilibru mecanic în poziția de echilibru mecanic. Justifică dacă, în timpul procesului precizat anterior, gazul primește sau cedează căldură.

Problema II. (10 puncte) – Termocuplul

La paragraful referitor la diferite tipuri de termometre, în unul din manualele de fizică de clasa a X-a (autori S. Strazaboschi și alții) se spune că „termocuplul este un dispozitiv a cărui funcționare se



bazează pe efectul Seebeck. Acesta constă în apariția unei tensiuni electromotoare într-un circuit electric închis, format din doi conductori metalici, A și B (fig.1) de natură diferită, atunci când punctele de sudură ale celor două metale se află la temperaturi diferite. Menținând una dintre cele două suduri la o temperatură constantă, de referință (de obicei 0°C), dependența de temperatură a tensiunii electromotoare E_t , ce apare astfel, este liniară $E_t = E_0 + \alpha t$. Constanta α depinde de natura

Concursul Național de Fizică „Evrika” ediția XXVII
31 Martie-3 Aprilie 2017
Subiecte – Clasa a X-a

metalelor între care este realizată sudura și reprezintă chiar sensibilitatea dispozitivului”.

a) În urma calibrării unui termocuplu confecționat din cupru și constantan s-au obținut următoarele date experimentale ($t_0 = 0^\circ\text{C}$), sintetizate în tabelul alăturat. Trasează graficul $U = f(t)$ al tensiunii măsurate cu un voltmetru între punctele 1 și 2 (fig.1), în funcție de temperatura în grade Celsius a sudurii calde. Determină din acest grafic, cu precizie cât mai mare, valoarea în SI a sensibilității acestui termocuplu.

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Tensiunea (mV)
36	1,20
47	1,90
50	2,00
52	2,10
54	2,20
56	2,30
58	2,40
66	2,80
73	3,10
76	3,20
77	3,30
80	3,40
84	3,60
91	3,90
92	4,00
94	4,10
96	4,20

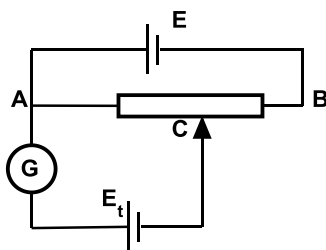


fig.2

b) Acest termocuplu, având legat în serie cu el un galvanometru G, este conectat între punctul A și cursorul C al unui potențiomtru (fig.2). La contactele A și B ale potențiomtrului care are rezistența totală $R_{AB} = 10^4 \Omega$ se leagă un acumulator cu tensiunea electromotoare $E = 2\text{ V}$. Sudura rece a termocuplului se află într-un vas Dewar cu zăpadă care se topește, iar constanta termocuplului este $\alpha = 4,785 \cdot 10^{-5} \text{ V/K}$. Consideră poziția cursorului potențiomtrului astfel încât curentul prin galvanometru să fie nul, iar, $R_{AC} = 132,5 \Omega$. La ce temperatură se află sudura caldă a termocuplului? Rezistența interioară a acumulatorului, a galvanometrului și a conductoarelor de legătură se neglijează.

c) În unul din vasele izolate termic (fig.3) se află 1 kg de gheață la $t_0 = 0^\circ\text{C}$, iar în celălalt vas 1 kg de apă la temperatura $t_0 = 0^\circ\text{C}$. În apă este scufundat un încălzitor electric, care închide circuitul electric al unui termocuplu cu una dintre suduri scufundate în gheață, iar cealaltă sudură se află în exterior la temperatura camerei, considerată constantă și egală cu 27°C . Neglijând

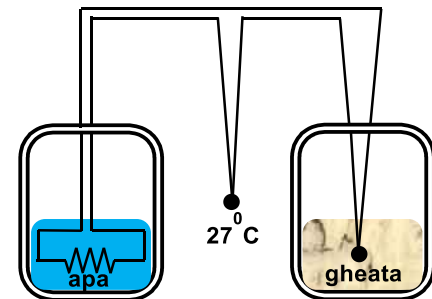


fig.3

și rezistențele conductoarelor și sudurilor în comparație cu rezistența încălzitorului și capacitatea calorică a conductoarelor, să se determine cu câte grade Celsius se va încălzi apa, atunci când în celălalt vas gheața se va topi complet? Se va lua căldura specifică a apei $c = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ și căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda_g = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ și se vor considera acestea, independente de

temperatură.

Indicație: Consideră termocuplul ca o mașină termică ideală.



Concursul Național de Fizică „Evrika” ediția XXVII
31 Martie-3 Aprilie 2017
Subiecte – Clasa a X-a

Problema III. (10 puncte) – Motorul Diesel

În motoarele Diesel actuale se folosește așa-numita combustie mixtă: combustia începe la volum constant și se termină la presiune constantă. În acest caz, ciclul constă dintr-o compresie adiabatică 1-2, o încălzire izocoră 2-3, o încălzire izobară 3-4, o detentă adiabatică 4-5 și o decompresie izocoră 5-1.

Vom studia un asemenea motor cu șase cilindri, care parcurge un ciclu complet la fiecare două ture, care prezintă pentru fiecare cilindru un raport de compresie $\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} = 15$ și o capacitate cilindrică

$C = V_1 - V_2 = 3l$. Vom nota cu $\rho = \frac{V_4}{V_2}$ și îl vom numi raport de injecție. Notăm cu $p_a = p_1 = 10^5 Pa$

presiunea aerului aspirat inițial în cilindru (presiunea atmosferică) și presupunem că ciclul de transformări se produce cvasistatic. Admitem că substanța de lucru constă în principal din aer, care se comportă ca un gaz ideal și că masa de carburant este neglijabilă, într-un ciclu, față de cea a aerului. Vom considera în calcul numai porțiunea închisă a ciclului, fără admisie și fără evacuarea izobară la presiunea atmosferică,

care sunt identice, dar de sens invers. Considerăm pentru aer $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,39$ și căldura specifică la

presiune constantă $c_p = 1,02 J / kg \cdot K$. Notăm cu m masa de aer admisă în cilindru, într-un ciclu și fie

$$\delta = \frac{p_3}{p_2}.$$

a) Dedu expresia randamentului acestui ciclu în funcție de ε , δ , ρ și γ .

Puterea calorică a combustibilului folosit este $q = 42,2 MJ/kg$. Masa de combustibil pulverizat în cilindru la fiecare ciclu este αm , unde $\alpha = 0,04$. La începutul compresiei, temperatura este $T_1 = 338 K$. Notăm cu M masa totală a combustibilului injectat într-un ciclu și cu M_V masa combustibilului care arde la volum constant. În aceste condiții, ciclul se caracterizează prin valoarea $k_V = 100 \frac{M_V}{M}$, care se alege astfel încât

presiunea p_3 să nu depășească o presiune maximă admisibilă, pentru a nu se deteriora motorul. În cazul nostru se va considera $k_V = 1,24$, ceea ce corespunde unui motor în care $p_3 = p_{\max} = 65p_1$. Se va lua

$$\mu_{\text{aer}} = 29 \frac{g}{mol}.$$

b) Dedu valoarea teoretică a randamentului acestui ciclu.

c) Calculează puterea motorului, știind că el funcționează cu turația de 2300 rotații/minut.

Subiect propus de:

prof. Liviu ARICI - Colegiul Național „Nicolae Bălcescu”, Brăila

prof. Victor STOICA – Inspectoratul Școlar al Municipiului București