

LXXI OLIMPIADA FIZYCZNA

ZAWODY II STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA, 16.01.2022

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1

Świstak Ś. żyje na płaskiej, poziomej równinie. Niestety na tej samej równinie żyją również atakujące go w nocy drapieżniki. W celu obrony przed nimi, Ś. co jakiś czas wydaje krótki pisk o częstotliwości f_0 . Na podstawie odbitego od napastnika dźwięku (echa pisku), w odpowiedniej chwili rzuca kamieniem w kierunku, z którego doszedł ten dźwięk. Kamień jest zawsze rzucony z prędkością v_0 , pod kątem α do poziomu. Przyjmując, że odstęp czasu między wysłaniem dźwięku i usłyszeniem echa wynosi Δt , częstotliwość usłyszanego przez Ś. odbitego dźwięku to f_1 ($f_1 > f_0$), oraz że napastnik biegnie ze stałą prędkością w kierunku Ś., wyznacz czas t , po którym od wydania pisku świstak powinien rzucić kamieniem, by trafić napastnika.

Prędkość dźwięku w powietrzu jest równa u , przyspieszenie grawitacyjne jest równe g . Świstak pozostaje cały czas w tym samym miejscu.

Zadanie 2

Zgodnie z symetryczną teorią kształtu Ziemi, jest ona z jednej strony płaska (żeby zadowolić płaskoziemców), a z drugiej okrągła (żeby zadowolić kulistoziemców) – czyli ma kształt półkuli. Zakładając, że ta półkula jest jednorodna i ma gęstość ρ , a na środku płaskiej części przyspieszenie grawitacyjne wynosi g , wyznacz promień tej półkuli.

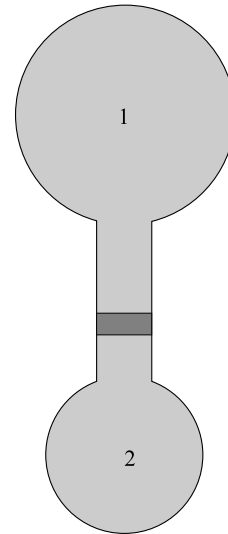
Podaj wynik liczbowy dla $\rho = 5,5 \text{ g/cm}^3$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Uniwersalna stała grawitacyjna jest równa $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)$.

Zadanie 3

Dwa zbiorniki – górny i dolny – są połączone pionową rurką o polu powierzchni przekroju poprzecznego S , w której może się przesuwać bez tarcia masywny, szczelny, przewodzący ciepło tłok. Ciśnienie i objętość gazu doskonałego nad tłokiem wynoszą p_1 i V_1 , a ciśnienie i objętość takiego samego gazu pod tłokiem wynoszą p_2 i V_2 . Układ jest w równowadze - zarówno mechanicznej,

jak i termodynamicznej. Temperatura gazu i tłoka jest jednakowa i wynosi T . Ścianki zbiorników i rurka są idealnymi izolatorami ciepła, a ich pojemność cieplna jest zaniedbywana.



Wyznacz pojemność cieplną układu, tzn. współczynnik C w zależności

$$\Delta Q = C \Delta T,$$

gdzie ΔQ jest ciepłem, jakie należy dostarczyć do układu, aby temperatura podniosła się o ΔT , przy czym $\Delta T \ll T$.

Ciepło molowe przy stałej objętości rozważanego gazu jest równe c_V , a ciepło właściwe materiału, z którego wykonany jest tłok wynosi c_T . Przyspieszenie grawitacyjne jest równe g . Po podgrzaniu o ΔT układ też jest w stanie równowagi – zarówno termodynamicznej, jak i mechanicznej. Objętości zbiorników i rurki przy podgrzewaniu nie ulegają zmianie.

Podaj wynik liczbowy dla $V_1 = 0,10 \text{ m}^3$, $V_2 = 0,10 \text{ m}^3$, $p_1 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $p_2 = 5,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $S = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$, $T = 300 \text{ K}$, $c_T = 130 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, $c_V = 29 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Uniwersalna stała gazowa wynosi $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$