

LXIX OLIMPIADA FIZYCZNA

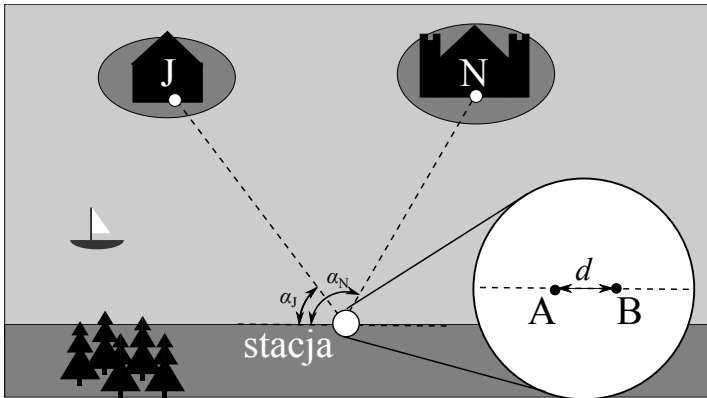
ZAWODY II STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA, 12.01.2020

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1

Na brzegu rozległego jeziora umieszczono stację nadawczą, składającą się z dwóch anten – pionowych prętów – umieszczonych w punktach A oraz B odległych od siebie o d . Na jeziorze są dwie wysepki. Na pierwszej, w punkcie J, mieszka agent J.B., a na drugiej, w punkcie N, jest rezydencja złego doktora N. – patrz rysunek.



Rys. do zad. 1. Skala odległości nie jest zachowana.

Stacja nadawcza ma za zadanie przysyłać agentowi J. B. informacje, ale tak, by nie trafiły one do doktora N. Do anten jest doprowadzany harmoniczny sygnał (prąd); do tej w punkcie A o natężeniu $I_0 \sin(2\pi ft)$, do tej w punkcie B – o natężeniu $I_0 \sin(2\pi ft + \phi_0)$, gdzie t jest czasem, a I_0 (amplituda sygnału), f (częstotliwość sygnału) oraz ϕ_0 (różnica faz sygnałów) to stałe. Odległości JA oraz NA są znacznie większe od odległości między antenami d . Dla $f = 3 \cdot 10^8$ Hz, w następujących przypadkach:

a) $\alpha_J = \sphericalangle ABJ = 30^\circ$, $\alpha_N = \sphericalangle ABN = 140^\circ$, oraz

b) $\alpha_J = \sphericalangle ABJ = 75^\circ$, $\alpha_N = \sphericalangle ABN = 110^\circ$,

ustal, czy jest możliwy taki wybór odległości między antenami d oraz różnicy faz ϕ_0 , aby jednocześnie spełnione były dwa warunki:

- natężenie fali wypadkowej jest maksymalne tylko w kierunku do agenta J.B. (czyli tylko w kierunku od anten do punktu J),
- natężenie fali wypadkowej jest równe zero tylko w kierunku do doktora N. (czyli tylko w kierunku od anten do punktu N).

Jeśli taki wybór jest możliwy, to podaj także wartość d .

Rozważamy odbiór sygnału tylko w miejscach, których odległości od każdej z anten są dużo większe niż d , znajdujących się na jeziorze (na rysunku powyżej prostej wyznaczonej przez punkty AB).

Pomiń krzywiznę Ziemi. Przyjmij, że prędkość fal radiowych wynosi $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.

Zadanie 2

Do końca A pręta AB jest przymocowana cienka nić o długości l . Na drugim końcu nici jest przymocowana mała kulka o masie m . Pręt obracano ze stałą prędkością kątową wokół osi prostopadłej do pręta i przechodzącej przez jego koniec B. Moc wydatkowana do podtrzymania tego ruchu była równa P , a kulka poruszała się po okręgu o promieniu r . Siła oporu powietrza działająca na kulkę jest równa $F_r = cv^2$, gdzie c jest znaną stałą, a v prędkością kulki.

a) Wyznacz długość pręta d .

b) Prędkość kątową obrotu pręta stopniowo zwiększono dwukrotnie. Wyznacz promień okręgu r' , po jakim kulka będzie się poruszała w tej nowej sytuacji, oraz moc P' niezbędną do podtrzymania tego ruchu.

Pomiń grawitację. Pomiń też siły oporu powietrza działające na nić oraz na pręt.

Zadanie 3

Rozważmy szczelnie zamknięty zbiornik o pojemności V_0 (może to być np. szybkowar). We wnętrzu tego zbiornika znajduje się tylko woda o masie m_w oraz pozostająca z nią w równowadze para wodna.

Dla małych przyrostów ΔT ciśnienie pary $p(T)$ będącej w równowadze z wodą jest dane wzorem

$$p(T_0 + \Delta T) = p_0 + \alpha \Delta T,$$

gdzie p_0 oraz α są znanymi stałymi. W tym zadaniu rozważamy tylko nieujemne ΔT .

Ciepło właściwe wody wynosi c_w , molowe ciepło właściwe pary – c_v , molowe ciepło parowania wody – L , gęstość wody – ρ . Parę wodną traktujemy jak gaz doskonały. Należy uwzględnić, że gęstość wody jest znacznie większa od gęstości pary oraz pominąć rozszerzalność cieplną zbiornika i wody.

Wyznacz pojemność cieplną zawartości zbiornika w temperaturze T_0 , tzn. wielkość $\Delta Q/\Delta T$, gdzie ΔQ jest ciepłem, jakie należy dostarczyć do wnętrza zbiornika, aby temperatura wody oraz pary wodnej w jego środku wzrosła o bardzo małą wartość ΔT .

Przyjmując $c_w = 4200$ J/(kg·K), $c_v = 34$ J/(mol·K), $L = 41000$ J/mol, $\rho = 1000$ kg/m³, $\alpha = 3,6 \cdot 10^3$ Pa/K, $p_0 = 10^5$ Pa, $T_0 = 373$ K, wartość uniwersalnej stałej gazowej $R = 8,3$ J/(mol·K), $V_0 = 1$ m³ podaj wynik liczbowy dla: a) $m_w = 15$ kg, b) $m_w = 2$ kg, oraz c) $m_w = 0$ kg (w zbiorniku jest tylko para wodna o temperaturze T_0 i ciśnieniu p_0).