

LXXIII OLIMPIADA FIZYCZNA

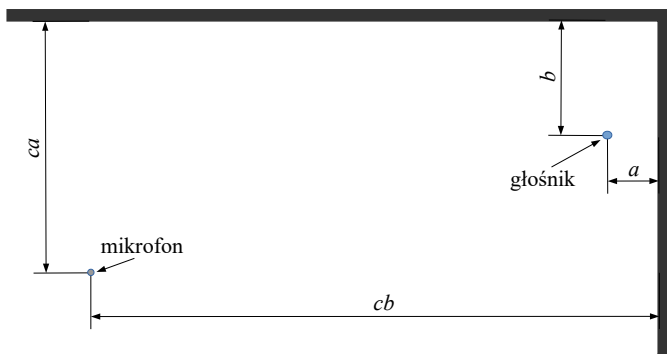
ZAWODY II STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA, 14.01.2024

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Na końcu znajdują się zależności, które mogą być przydatne przy rozwiązywaniu zadań.

Zadanie 1



W pustym pomieszczeniu umieszczono głośnik w odległościach a oraz b (przy czym $a \neq b$) od dwóch jego prostopadłych ścian, patrz rysunek. Przedstawione na rysunku ściany całkowicie odbijają fale dźwiękowe (co oznacza, że amplituda drgań powietrza w kierunku prostopadłym do ściany, na granicy ściana-powietrze wynosi 0). Sufit, podłoga oraz pozostałe ściany pomieszczenia całkowicie absorbują (tłumią) padające fale – nie powstaje fala odbita. W pomieszczeniu umieszczono również mikrofon, w odległościach odpowiednio $c \cdot b$ oraz $c \cdot a$ od dwóch przedstawionych na rysunku ścian, przy czym $c \gg 1$.

Rozważany głośnik jest innowacyjnym rodzajem głośnika, a jego działanie jest równoważne małej kuli, której promień się zmienia wywołując drgania dźwiękowe – można go traktować jak punktowe, izotropowe źródło kulistej fali dźwiękowej. Częstotliwość f dźwięku emitowanego przez głośnik powoli zwiększano.

Zaobserwowano, że natężenie dźwięku rejestrowanego przez mikrofon zależy od częstotliwości f .

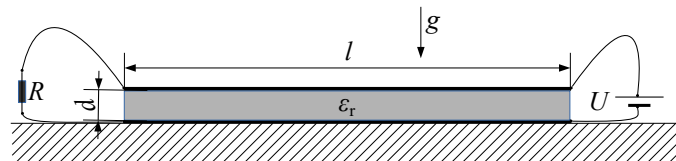
a) Dla jakiej najmniejszej wartości f natężenie rejestrowane przez mikrofon jest minimalne?

b) Wyznacz maksymalne możliwe natężenie dźwięku w punkcie, w którym ustawiono mikrofon w rozważanej sytuacji (zakładając, że częstotliwość f można wybrać dowolnie). Całkowita moc głośnika wynosi P . Natężeniem dźwięku nazywamy jego moc na jednostkę powierzchni. Również w tym punkcie uwzględnij, że $c \gg 1$. Prędkość dźwięku w powietrzu wynosi v . Mikrofon i głośnik ustawione są na tej samej wysokości. Wpływ obecności mikrofonu na rozchodzenie się dźwięku należy po-

minąć. Również należy pominąć wpływ głośnika na fale odbite.

Zadanie 2

Metalowa płytko o masie na jednostkę długości λ , długości l , szerokości w (gdzie $w \ll l$) oraz pomijalnej grubości leży na nieprzewodzącym poziomym podłożu. Do tej płytki przyklejono prostopadłościenny, sztywny dielektryk o stałej dielektrycznej ϵ_r , grubości d (gdzie $d \ll w$) oraz o takiej samej długości oraz szerokości jak płytko. Na dielektryku leży druga metalowa płytko, identyczna z pierwszą. Z jednej strony brzoży płytek o szerokości w podłączono do ogniwa o napięciu U , a z drugiej połączono ze sobą opornikiem o oporności R , patrz rysunek.



Wyznacz największe takie R_0 , że dla $R < R_0$ górna płytko uniesie się nad dielektrykiem. Wyznacz również wartość liczbową R_0 dla $d = 0,001$ m, $w = 0,02$ m, $\epsilon_r = 10$, $\lambda = 4,0 \cdot 10^{-5}$ kg/m, $U = 10$ V. Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie $g = 9,81$ m/s².

Pomiń oporność płytek oraz masę połączeń. Pomiń również siły działające na płytki ze strony połączeń. Własności magnetyczne dielektryka można zaniedbać, tzn. są one identyczne z własnościami magnetycznymi próżni. Możesz przyjąć, że cały układ znajduje się w próżni.

Dla próżni przenikalność magnetyczna jest równa $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m, a przenikalność elektryczna $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

Zadanie 3

Pewien samochód terenowy o masie m ma cztery koła o osiach odległych o a , przy czym koła tej samej osi są od siebie odległe o b . Koła nie są skręcane, a zmianę kierunku jazdy uzyskuje się przez ich różną prędkość obrotową. Rozważmy sytuację, w której lewe koła obracają się do przodu, prawe do tyłu, z taką samą wartością

prędkości, a samochód obraca się jednostajnie wokół osi pionowej z prędkością kątową ω .

Koła są równomiernie obciążone, a siła tarcia kół o podłoże zależy od kierunku przesuwania się bieżnika względem podłoża; w kierunku a (zgodnym z płaszczyzną koła) współczynnik tarcia wynosi f_a , natomiast w kierunku b (zgodnym z kierunkiem osi kół) współczynnik tarcia wynosi f_b (patrz uwaga na końcu zadania). Podłoże jest jednorodne i poziome, a przyspieszenie ziemskie wynosi g .

Wyznacz minimalną moc silnika, jaka jest potrzebna, aby zachodziła opisana sytuacja.

Uwaga:

Jeśli v_a, v_b są składowymi (odpowiednio w kierunku a oraz b) prędkości bieżnika (w punkcie styczności z podłożem) względem podłoża, $v = \sqrt{v_a^2 + v_b^2}$ jest wartością tej prędkości, natomiast N jest siłą nacisku koła na podłoże, to odpowiednie składowe siły tarcia działające na bieżnik są równe:

$$\begin{aligned} T_a &= -f_a N \frac{v_a}{v}, \\ T_b &= -f_b N \frac{v_b}{v}. \end{aligned}$$

Informacje, które mogą być przydatne

1. Dla $|x| \ll 1$ zachodzi: $(1+x)^r \approx 1+r \cdot x$.

2. Prawo Gaussa

Dla pola elektrycznego \vec{E} w próżni, pola (przyspieszenia) grawitacyjnego $\vec{\gamma}$ oraz wektora indukcji pola magnetycznego \vec{B} całkowity strumień $\Phi_{\text{całk}}$ danego pola przez powierzchnię zamkniętą jest równy

$$\Phi_{\text{całk}} = \begin{cases} \frac{1}{\epsilon_0} Q & \text{dla pola elektrycznego,} \\ -4\pi G \cdot M & \text{dla pola grawitacyjnego,} \\ 0 & \text{dla pola magnetycznego.} \end{cases}$$

gdzie Q jest całkowitym ładunkiem elektrycznym zawartym wewnątrz rozważanej powierzchni, M – całkowitą masą zawartą wewnątrz rozważanej powierzchni, ϵ_0 – przenikalnością elektryczną próżni, G – uniwersalną stałą grawitacyjną.

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$.

3. Prawo Ampère'a

Krażeniem \mathcal{E}_B wektora indukcji pola magnetycznego \vec{B} po łamanej zamkniętej \mathcal{W} nazywamy wielkość

$$\mathcal{E}_B = \sum_{k=1}^N \vec{B}_k \cdot \Delta \vec{l}_k,$$

gdzie $\Delta \vec{l}_k$ odpowiadają kolejnym odcinkom łamanej \mathcal{W} , a \vec{B}_k jest średnim wektorem indukcji pola magnetycznego na odcinku $\Delta \vec{l}_k$.

W próżni zgodnie z prawem Ampère'a krażenie \mathcal{E}_B wektora indukcji pola magnetycznego \vec{B} po łamanej zamkniętej \mathcal{W} jest równe całkowitemu natężeniu prądu I przepływającego przez powierzchnię S , której brzegiem jest łamana \mathcal{W} , pomnożonemu przez przenikalność magnetyczną próżni μ_0 :

$$\mathcal{E}_B = \mu_0 I.$$