LXV OLIMPIADA FIZYCZNA

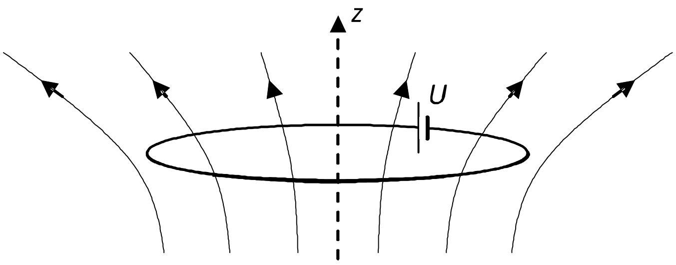
ZAWODY II STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1.

Pętla z przewodnika tworząca okrąg o promieniu r leży w płaszczyźnie $z = 0$, a jej środek znajduje się w punkcie $x = 0$, $y = 0$. W pewnym miejscu pętli znajduje się bateria o sile elektromotorycznej U – patrz rysunek. Opór pętli oraz ogniwa wynosi w sumie R. Układ znajduje się w niezależnym od czasu polu magnetycznym o symetrii obrotowej wokół osi z.



Rys. 1. Pętla z przewodnika w polu magnetycznym

Gdy pętla jest nieruchoma, trzeba na nią działać siłą zewnętrzną (niezwiązaną z polem magnetycznym) $\vec{F_0} = (0,\ 0,\ F_0)$, aby ją utrzymać w podanej pozycji.

Jaka siła zewnętrzna działa na pętlę w chwili, gdy jej środek znajduje się w punkcie $(0,\ 0,\ 0)$, jeśli w tej chwili porusza się ona bez przyspieszenia z prędkością $\vec{v} = (0,\ 0,\ v)$?

Podaj wartość liczbową szukanej siły dla $F_0 = 0{,}1\,\mathrm{N}$, $U = 1\,\mathrm{V}$, $R = 1\,\Omega$, $v = 10\,\mathrm{m/s}$, $r = 0{,}1\,\mathrm{m}$.

Pomiń pole magnetyczne wytwarzane przez prąd płynący w pętli.

Zadanie 2.

W roku 4444 część ludzkości zamieszkała na specjalnie przygotowanej planetoidzie w kształcie bardzo długiego walca o promieniu R, stałej gęstości ρ i obracającego się wokół swojej osi z prędkością kątową Ω. Jednym ze sposobów podróżowania na tej planetoidzie są kapsuły poruszające się w prostoliniowych tunelach łączących dwa punkty na powierzchni, leżące w tej samej płaszczyźnie prostopadłej do osi walca. Takie kapsuły są nienapędzane, poruszają się w tunelu bez tarcia, a ich prędkość początkowa jest równa zero.

Podaj warunek, jaki muszą spełniać parametry R, ρ, Ω, aby taki sposób podróżowania był możliwy.

Przy założeniu, że powyższy warunek jest spełniony, wyznacz czas, w jakim taka kapsuła przemieści się miedzy punktami na powierzchni, których odległość mierzona wzdłuż tej powierzchni wynosi l ($l \leq \pi R$).

Podaj wartość liczbową tego czasu dla $R = 500\,\mathrm{km}$, $l = 400\,\mathrm{km}$, $\rho = 5000\,\mathrm{kg/m^3}$, $\Omega = 0{,}001\,\mathrm{s^{-1}}$. Przyjmij, że rozważane punkty znajdują się z dala od podstaw walca.

Zadanie 3.

Na 10 jednorodnych kulach o łącznej masie M i promieniu R każda, znajdujących się na poziomym stole położono płytę o masie m, a na tę płytę postawiono kolejnych 10 kul, identycznych jak poprzednie. Między kulami a płytą oraz między kulami a stołem nie występuje poślizg. Płytę zaczęto ciągnąć z siłą F skierowaną poziomo, powodując jej ruch postępowy.

Wyznacz przyspieszenie płyty.

Pomiń straty energii.

Informacje, które mogą być przydatne

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

$$\Phi_{\text{całk}} = \begin{cases} \frac{1}{\varepsilon_0}Q & \text{dla pola elektrycznego,} \\ -4\pi G \cdot M & \text{dla pola grawitacyjnego,} \\ 0 & \text{dla pola magnetycznego.} \end{cases}$$

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.
$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\mathrm{F/m}$, $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{N{\cdot}m^2/kg^2}$.

Moment bezwładności jednorodnej kuli o masie M i promieniu R względem osi przechodzącej przez jej środek jest równy $\frac{2}{5}MR^2$.