

LXII OLIMPIADA FIZYCZNA

ZAWODY II STOPNIA

CZEŚĆ TEORETYCZNA

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1.

Szklona ścianka akwarium ma niewielką grubość i współczynnik załamania n_s , natomiast współczynnik załamania wody wynosi n_w . Mała rybka pływa w odległości d od ścianki (jej wewnętrznej strony), oświetlona przez punktowe, izotropowe źródło światła, umieszczone tuż przy ścianie

- a) w wodzie,
- b) na zewnątrz akwarium.

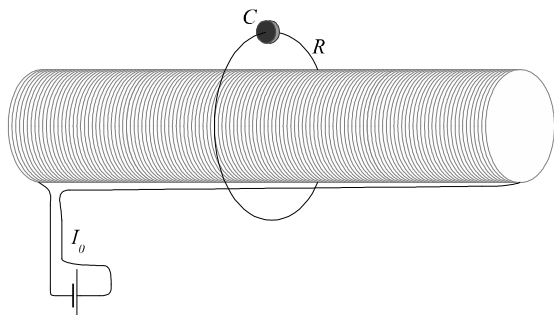
Przy przejściu światła z powietrza (poprzez ściankę akwarium) do wody jest pochłaniany ułamek jego początkowego natężenia równy $1 - \eta$, gdzie $0 < \eta < 1$. Pomiędzy pochłanianie światła w wodzie oraz jego odbicie na granicy ośrodków.

Ile wynosi I_b/I_a – stosunek natężeń oświetlenia rybki w obu przypadkach? Natężenie oświetlenia I definiujemy jako stosunek mocy padającego promieniowania do pola oświetlonej powierzchni.

Dla $n_s = 1,50$, $n_w = 1,33$, $d = 0,2$ m, $\eta = 0,7$ określ, w którym przypadku rybka jest lepiej oświetlona.

Prosta poprowadzona od źródła światła do rybki jest prostopadła do ścianki.

Zadanie 2.



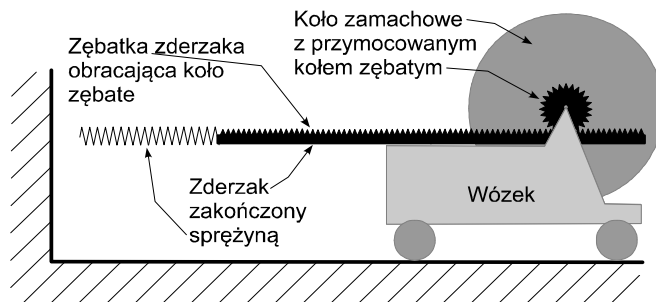
Rozważmy solenoid o promieniu r_1 i długości l z nawiniętymi N zwojami drutu ($N \gg 1$), przez który płynie prąd o stałym natężeniu I_0 , oraz bardzo odległą od niego pętlę z drutu o oporze

R i promieniu r_2 , przy czym $r_1 < r_2 \ll l$. Obwód pętli zawiera kondensator o pojemności C , początkowo nienaładowany. Pętlę nałożono na solenoid (patrz rys.) w ciągu czasu $T \ll RC$.

Wyznacz wartość ładunku elektrycznego na kondensatorze natychmiast po przemieszczeniu pętli.

Pomiędzy pole magnetyczne wytwarzane przez pętlę.

Zadanie 3.



Wózek o całkowitej masie M posiada ruchomy zderzak zakończony sprężyną o stałej sprężystości k (patrz rysunek). Ruch zderzaka względem wózka powoduje (poprzez koło zębate o promieniu r) obrót koła zamachowego o momencie bezwładności I .

Wózek uderza z prędkością V_0 w pionową ścianę. Wyznacz przyspieszenie wózka w zależności od czasu, jaki upłynął od chwili uderzenia zderzaka o ścianę.

Jaki warunek muszą spełniać M , k , I , V_0 , r , aby wózek w pewnym momencie się zatrzymał?

Pomiędzy tarcie, masę sprężyny i zderzaka oraz momenty bezwładności kół wózka. Początkowo sprężyna jest nienaładana, a koło zamachowe nie obraca się. Oś obrotu koła zamachowego nie przesuwają się względem wózka. Masa M zawiera masę koła zamachowego.

Rozważ tylko sytuację, gdy zderzak wystaje poza krawędź wózka, a sprężyna nie ulega całkowitemu ściśnięciu (sprężyna i zderzak są wystarczająco długie) ani wyboczeniu.

Rozwiązanie zadania 3.

Niech F będzie siłą, z jaką ściana działa na zderzak, a_2 – przyspieszeniem wózka, ε – przyspieszeniem kątowym koła zamachowego. Z II zasady dynamiki dla ruchu postępowego otrzymamy

$$F = -Ma_2, \quad (11)$$

natomiast z II zasady dynamiki dla ruchu obrotowego mamy

$$Fr = I\varepsilon. \quad (12)$$

Dodatkowo mamy

$$F = kx_1, \quad (13)$$

$$a_2 - a_1 = \varepsilon r, \quad (14)$$

gdzie x_1 jest ściśnięciem sprężyny (różnicą między długością swobodną a długością aktualną), natomiast a_1 – odpowiadającym mu przyspieszeniem.

Stąd eliminując F , ε oraz a_2 otrzymamy

$$a_1 = -\frac{k}{M} \frac{I + Mr^2}{I} x_1. \quad (15)$$

Jest to równanie oscylatora harmonicznego o częstości $\omega = \sqrt{\frac{k}{M} \frac{I + Mr^2}{I}}$. Rozwiązaniem tego równania jest

$$x_1 = A \sin \omega t + B \cos \omega t. \quad (16)$$

Uwzględniając, że w chwili uderzenia o ścianę $x_1 = 0$, a prędkość ściskania sprężyny wynosi V_0 otrzymamy

$$x_1 = \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t. \quad (17)$$

Stąd szukane przyspieszenie

$$a_2 = -\frac{k}{M} \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t \quad (18)$$

$$= -\frac{k}{M} \frac{V_0}{\sqrt{\frac{k}{M} \frac{I + Mr^2}{I}}} \sin \sqrt{\frac{k}{M} \frac{I + Mr^2}{I}} t. \quad (19)$$

Na podstawie powyższego wyrażenia prędkość wózka jest dana wzorem

$$V(t) = \frac{k}{M} \frac{V_0}{\omega^2} \cos \omega t + v_1, \quad (20)$$

gdzie stałą v_1 tak dobieramy, by $V(t=0) = V_0$. Zatem

$$V(t) = \frac{k}{M} \frac{V_0}{\omega^2} \cos \omega t - \frac{k}{M} \frac{V_0}{\omega^2} + V_0 \quad (21)$$

$$= V_0 \left(\frac{I}{I + Mr^2} \cos \sqrt{\frac{k}{M} \frac{I + Mr^2}{I}} t + \frac{Mr^2}{I + Mr^2} \right). \quad (22)$$

Aby wózek mógł się zatrzymać musi być spełniony warunek

$$I \geq Mr^2. \quad (23)$$

Można również wyznaczyć ruch wózka. Otrzymamy

$$x_2 = V_0 \left(\frac{I}{I + Mr^2} \frac{\sin \omega t}{\omega} + \frac{Mr^2}{I + Mr^2} t \right), \quad (24)$$

gdzie x_2 jest odległością, o jaką przesunął się wózek od chwili uderzenia sprężyny o ścianę.