

# LXII OLIMPIADA FIZYCZNA

## ZAWODY II STOPNIA

### CZEŚĆ TEORETYCZNA

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

#### Zadanie 1.

Szkló ścianki 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.

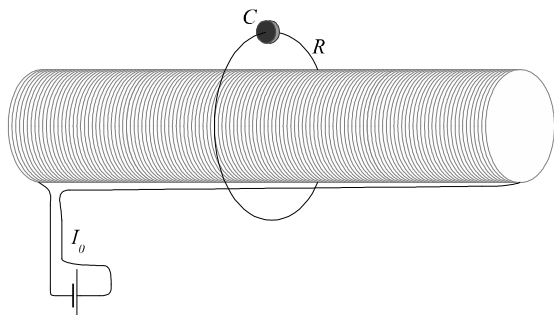
Przy przejściu światła z powietrza (poprzez ściankę akwarium) do wody jest pochłaniany ułamek jego początkowego natężenia równy  $1 - \eta$ , gdzie  $0 < \eta < 1$ . Pomiń pochłanianie światła w wodzie oraz jego odbicie na granicy ośrodków.

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.



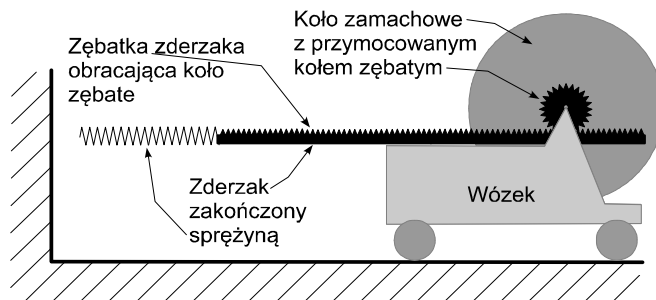
Rozważmy solenoid o promieniu  $r_1$  i długości  $l$  z nawiniętymi  $N$  zwojami drutu ( $N \gg 1$ ), przez który płynie prąd o stałym natężeniu  $I_0$ , oraz bardzo odległą od niego pętlę z drutu o oporze

$R$  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.

Pomiń 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?

Pomiń tarcie, masę sprężyny i zderzaka oraz momenty bezwładności kół wózka. Początkowo sprężyna jest nienaładowana, 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 2

Zgodnie z prawem Faradaya siła elektromotoryczna indukowana w pętli wynosi

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (4)$$

gdzie  $\Phi$  jest przechodzącym przez pętlę strumieniem indukcji pola magnetycznego. Zatem prąd, jaki by płynął w pętli, przy pominięciu napięcia na kondensatorze wyniósłby

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt}. \quad (5)$$

Stąd ładunek, jakim zostałby naładowany kondensator przy pominięciu napięcia na kondensatorze wyniósłby

$$Q = -\frac{\Phi_k - \Phi_p}{R}, \quad (6)$$

gdzie  $\Phi_p$  jest początkowym strumieniem indukcji magnetycznej przechodzącym przez pętlę, a  $\Phi_k$  – końcowym.

Pole magnetyczne wewnątrz solenoidu można wyznaczyć np. z prawa Ampere'a, otrzymując

$$B = \mu_0 \frac{NI_0}{l},$$

gdzie  $\mu_0$  jest przenikalnością magnetyczną próżni. Ponieważ w dużej odległości od solenoidu nie ma pola magnetycznego, a pole przekroju poprzecznego solenoidu wynosi  $\pi r_1^2$ , mamy

$$\Phi_p = 0, \quad \Phi_k = \frac{\mu_0 \pi r_1^2 I_0 N}{l}. \quad (7)$$

Zatem

$$Q = -\frac{\mu_0 \pi r_1^2 I_0 N}{Rl}. \quad (8)$$

Przy takim ładunku napięcie na kondensatorze wyniósłoby

$$U = \frac{Q}{C} = -\frac{\mu_0 \pi r_1^2 I_0 N}{RCl}. \quad (9)$$

Gdyby na kondensatorze przez cały czas przemieszczania pętli było napięcie  $U$ , to odpłynąłby z niego ładunek o wartości

$$Q_2 = -\frac{U}{R}T = -\frac{T}{RC}Q. \quad (10)$$

Ponieważ  $\frac{T}{RC} \ll 1$ , zatem  $|Q_2| \ll |Q|$  i w dobrym przybliżeniu szukany ładunek wynosi  $\left| \frac{\mu_0 \pi r_1^2 I_0 N}{Rl} \right|$ .