

# LXIII OLIMPIADA FIZYCZNA

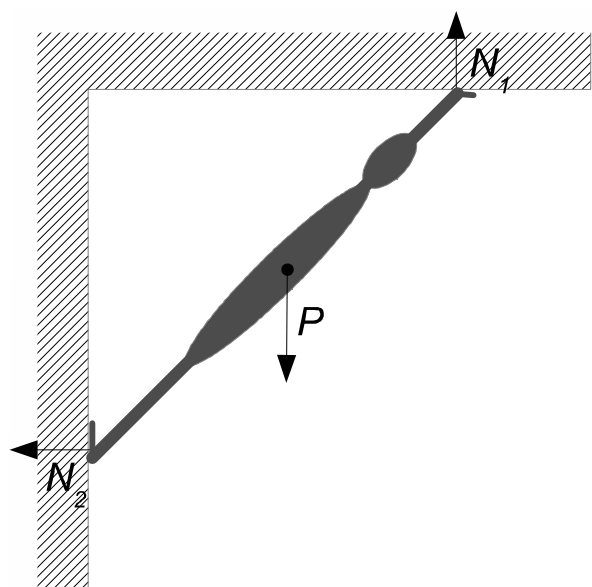
## ZAWODY II STOPNIA

### CZEŚĆ TEORETYCZNA

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

#### Zadanie 1.

Pewien akrobata potrafi utrzymać się dotykając rękoma sufitu, a nogami ściany, przy czym kąt, jaki tworzy on z pionem, wynosi  $45^\circ$ . Współczynniki tarcia rąk o sufit oraz nóg o ścianę są sobie równe i wynoszą  $\mu$ . Wyznacz minimalną siłę  $N_2$ , z jaką akrobata musi naciskać na ścianę (składową prostopadłą do ściany), oraz odpowiadającą jej siłę  $N_1$ , z jaką musi on naciskać na sufit (składową prostopadłą do sufitu).



Rys. 1. : Schematyczny rysunek akrobata utrzymującego się między ścianą a sufitem.

Sufit jest poziomy, a ściana – pionowa. Akrobata nie jest zgięty, jego ciężar wynosi  $P$ , a środek masy znajduje się dokładnie w połowie odległości między dłońmi a stopami.

#### Zadanie 2.

Solenoid bez rdzenia ma  $N$  zwojów drutu o zerowym oporze nawiniętych na powierzchnię walcową o promieniu  $r$  i wysokości  $l$ , przy czym  $\frac{l}{N} \ll r \ll l$ . Końce drutu są zwarte, a w chwili początkowej natężenie prądu w obwodzie było równe  $I$ . Rozważ wymienione poniżej, niezależne od siebie sytuacje. W punktach 1 i 2 przyjmij, że drut jest wiotki.

1. Jednakowo na całej długości spłaszczone solenoid (zdeformowano jego przekrój), tak że powierzchnia przekroju zmalała dwukrotnie.

a) Oblicz końcowe natężenie prądu w obwodzie.

b) Oblicz pracę mechaniczną wykonaną podczas tego spłaszczenia solenoidu.

2. Solenoid równomiernie rozciągnięto do długości  $2l$  (przy czym obowiązuje warunek  $\frac{2l}{N} \ll r$ ).

a) Oblicz końcowe natężenie prądu w obwodzie.

b) Oblicz pracę mechaniczną wykonaną podczas tego rozciągania.

3. Przyjmijmy, że rozważany solenoid jest sprężyną o stałej sprężystości  $k$ . Wyznacz długość swobodną  $l_0$  tej sprężyny wiedząc, że gdy płynie przez nią prąd o natężeniu  $I$  i nie działają żadne siły zewnętrzne, to ma ona długość  $l$ . Przyjmij, że gęstość zwojów przy ściskaniu i rozciąganiu pozostaje jednorodna.

#### Zadanie 3.

Stwierdzono, że temperatura wyłączzonego czajnika elektrycznego, wypełnionego pewną ustaloną ilością wody, zmienia się w czasie zgodnie ze wzorem:

$$T(t) = (T_P - T_O) e^{-\alpha t} + T_O,$$

gdzie  $T_P$  jest temperaturą w chwili  $t = 0$ ,  $T_O$  – temperaturą otoczenia,  $\alpha$  – stałą, natomiast  $e$  – podstawą logarytmów naturalnych ( $e \approx 2,718$ ).

Gdy włączono czajnik, okazało się, że energia elektryczna potrzebna do osiągnięcia przez czajnik temperatury  $T_K$  począwszy od temperatury otoczenia  $T_O$  wynosiła  $E_1$ . Moc grzałki w tym przypadku wynosiła  $P_1$ .

W wyniku zmiany napięcia zasilającego moc grzałki spadła do  $P_2$ . Ile wynosi w tej sytuacji energia elektryczna potrzebna do osiągnięcia przez czajnik temperatury  $T_K$  począwszy od temperatury otoczenia  $T_O$ ?

Podaj wyniki liczbowe dla  $T_O = 20^\circ\text{C}$ ,  $T_K = 100^\circ\text{C}$ ,  $P_1 = 500\text{ W}$ ,  $E_1 = 250000\text{ J}$ ,  $\alpha = 0,001\text{ 1/s}$ , oraz dwóch wartości  $P_2$ : a)  $P_2 = 300\text{ W}$ , b)  $P_2 = 200\text{ W}$ .

Przyjmij, że pojemność cieplna czajnika z wodą, czyli ilość ciepła niezbędna do zmiany jego temperatury o jeden stopień, jest stała, a w danej chwili każda część czajnika oraz woda mają taką samą temperaturę. Grzałka jest umieszczona wewnątrz czajnika tak, że cała dostarczona do niej energia jest przekazywana czajnikowi i wodzie. Ilość wody w czajniku jest taka sama we wszystkich rozważanych sytuacjach.

Uwaga: dla małych  $x$

$$e^x \approx 1 + x.$$