

LXXIV OLIMPIADA FIZYCZNA

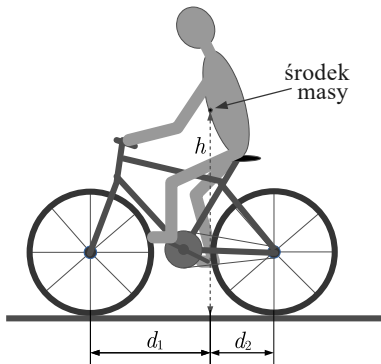
ZAWODY II STOPNIA

CZEŚĆ TEORETYCZNA, 12.01.2025

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1

Minimalna droga hamowania roweru (wraz z rowerzystą) od prędkości v_0 do zatrzymania, gdy rowerzysta używa tylko tylnego hamulca, wynosi l_1 . Środek masy roweru wraz z rowerzystą jest na wysokości h nad drogą, odległości w poziomie: osi przedniego koła od środka masy wynosi d_1 , a osi tylnego koła od środka masy wynosi d_2 , patrz rysunek.

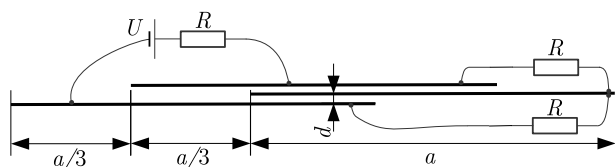


Wyznacz minimalną drogę hamowania l_2 od prędkości v_0 do zatrzymania na tej samej nawierzchni, gdy rowerzysta może używać obu hamulców, ale nie może dopuścić do oderwania się żadnego z kół od drogi. Droga jest pozioma. Przyspieszenie ziemskie wynosi g .

Wyznacz wartość l_2 dla $v_0 = 7,0$ m/s, $d_1 = 0,6$ m, $d_2 = 0,5$ m, $h = 1,0$ m, $g = 9,81$ m/s², w dwóch przypadkach wartości l_1 : $l_1 = 10$ m oraz $l_1 = 13$ m.

Oba hamulce są sprawne – odpowiedni duży nacisk może spowodować zablokowanie kół. Na obu kołach są takie same opony. Przyjmij, że momenty bezwładności kół są zanedbywalnie małe. Pomiń opór powietrza oraz opory związane z toczeniem kół. Pozycja rowerzysty względem roweru nie ulega zmianie podczas hamowania.

Zadanie 2



Rozważmy trzy równoległe, cienkie płytki metalowe o wymiarach $a \times b$. Sąsiednie płytki są w odległości d od siebie, przy czym $d \ll a, b$. Środkowa płytka (2) jest przesunięta względem górnej (1) wzdłuż a o $a/3$, a dolna (3) jest przesunięta względem górnej wzdłuż a o $-a/3$. Płytki 1 i 2 oraz płytki 2 i 3 są połączone ze sobą opornikami o oporności R każdy. Zewnętrzne płytki są podłączone poprzez opornik o oporności R do baterii o napięciu U – patrz rysunek.

Wyznacz całkowite ładunki na każdej z płytek. Przenikalność elektryczna próżni wynosi ϵ_0 .

Zadanie 3

Jednym z najprostszych rodzajów silnika spalinowego jest silnik pracujący w następującym cyklu:

1. Mieszanek paliwa z powietrzem o temperaturze początkowej T_0 i ciśnieniu początkowym p_0 , gdzie T_0 oraz p_0 to temperatura i ciśnienie otoczenia, wybuchu w stałej objętości; w wyniku tego temperatura i ciśnienie wzrastają. Proces zachodzi adiabatycznie.
2. Gazy powstałe w pkt. 1. ulegają adiabatycznemu rozprężaniu (tłok się przesuwa wykonując przy tym pracę użyteczną) aż do osiągnięcia przez nie ciśnienia otoczenia.
3. Zawory zostają otwarte, a tłok przesuwa się usuwając do otoczenia wszystkie produkty spalania.
4. Tłok przesuwa się zasysając powietrze wraz z paliwem aż objętość będzie równa objętości z pkt. 1. Zawory zostają zamknięte i cykl się powtarza.

Zakładamy, że nie występuje wymiana ciepła między silnikiem (tłokiem i cylindrem) a gazami – tzn. że silnik się nie nagrzewa.

Rozważmy sytuację w której paliwem jest metan (CH_4). Spalanie metanu przebiega zgodnie z równaniem



gdzie Q_s jest ciepłem, w dżulach na mol metanu, tej reakcji (przy stałej objętości).

Przyjmując, że skład molowy powietrza to 80 % azotu (N_2), a 20 % to tlen (O_2), oraz że molowe ciepło właściwe przy stałej objętości mieszaniny gazów po wybuchu jest stałe i równe C_V , wyznacz maksymalną możliwą teoretycznie sprawność rozważanego silnika.

Podaj wartość liczbową tej sprawności dla $C_V = 20,8$ J/(mol·K), $Q_s = 891 \cdot 10^3$ J/mol, $T_0 = 300$ K. Uniwersalna stała gazowa $R = 8,31$ J/(mol·K).

Przyjmij, że metan jest przechowywany w zbiorniku pod ciśnieniem niewiele większym od ciśnienia atmosferycznego, w związku z tym praca wykonana (lub ewentualnie uzyskana) przy mieszanii metanu z powietrzem jest pomijalna w rozważanym zagadnieniu. Przyjmij też, że H_2O będzie występować w postaci pary i że jest gazem doskonałym.

Uwzględnij, że przy rozprężaniu adiabatycznym zachodzi

$$pV^\varkappa = \text{const},$$

gdzie $\varkappa = (C_V + R)/C_V$, natomiast R jest uniwersalną stałą gazową.

Uwaga:

Największa możliwa sprawność zależy od ułamka molowego x metanu w wejściowej mieszaninie, zatem wyznaczenie właściwego x jest częścią zadania.