

LXXV OLIMPIADA FIZYCZNA

ZAWODY II STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA, 11.01.2026

Za każde zadanie można otrzymać maksymalnie 20 punktów.

Zadanie 1

Baron Münchhausen postanowił wznieść się jak najwyżej wykorzystując armatkę wyrzeliwującą pionowo w górę pocisk o masie m z prędkością v_0 . Baron trzyma w rękach kołowrotek z częściowo nawiniętą nierozciągliwą, wiotką, nieważką liną, której drugi koniec jest przymocowany do pocisku. Kołowrotek ma wbudowany hamulec powodujący, że w trakcie rozwijania liny jej naprężenie wynosi N_0 (gdy naprężenie jest mniejsze od N_0 lina się nie rozwija, a długość rozwiniętej części pozostaje stała). Początkowa długość rozwiniętej części liny wynosi l_0 . Barona potraktuj jako bryłę sztywną o masie M .

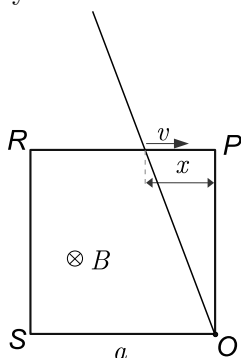
Na jaką maksymalną wysokość wznieść się baron, zakładając, że całkowita długość liny jest wystarczająco duża. Dodatkowo wyznacz ciepło, jakie wydzieli się na kołowrotku w trakcie wznoszenia się barona.

Pomiń rozmiary liniowe barona, armatki i pocisku oraz opór powietrza. Przyspieszenie ziemskie wynosi g . Początkowo baron znajduje się tuż obok armatki; zakładamy, że pocisk nie uderza w niego.

Podaj wyniki liczbowe dla $m = 10$ kg, $M = 80$ kg, $l_0 = 5$ m, $v_0 = 200$ m/s, $N_0 = 8000$ N. Przyjmij $g = 9,81$ m/s².

Zadanie 2

Wykonana z przewodnika o oporności na jednostkę długości λ , sztywna ramka w kształcie kwadratu o wierzchołkach $OPRS$ i boku długości a znajduje się w prostopadłym do jej powierzchni zewnętrznym, stałym polu magnetycznym o indukcji B . Ramka styka się z prostoliniowym przewodnikiem (prętą) o długości $2a$, o oporności na jednostkę długości również λ . Jeden koniec pręta jest zamocowany przegubowo w rogu ramki O , a punkt styku pręta z ramką przesuwa się po boku RP z prędkością v , w kierunku wierzchołka P , patrz rysunek.



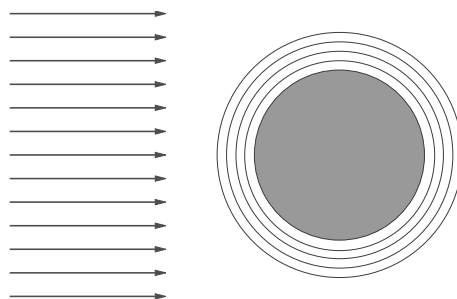
Rozważając chwilę, gdy punkt styku pręta z ramką znajduje się w odległości x od wierzchołka P , wyznacz:

- natężenie prądu płynącego przez część pręta znajdującą się wewnątrz ramki;
- moc niezbędną do obracania pręta.

Pomiń pole magnetyczne pochodzące od prądów płynących w rozważanym obwodzie i opory elektryczne w miejscach styku pręta z ramką. Pomiń też masę pręta oraz tarcie i inne opory mechaniczne.

Zadanie 3

Rozważmy uproszczony model efektu cieplarnianego. Planeta o promieniu r krąży po kołowej orbicie o promieniu $R \gg r$ wokół gwiazdy o promieniu znacznie mniejszym od R , emitującej izotropowo (tzn. jednakowo we wszystkich kierunkach) promieniowanie o całkowitej mocy P_g . Atmosferę planety modelujemy poprzez n cienkich, sferycznych powłok termicznych (nazywanych w astrofizyce „szklanymi”), współśrodkowych z planetą, patrz rysunek (proporcje nie są zachowane).



Przyjmujemy następujące założenia:

- Promieniowanie planety, powłok oraz gwiazdy jest promieniowaniem ciała doskonale czarnego.
- Gwiazda jest znacząco bardziej gorąca, niż powłoki oraz planeta, co jest uwzględnione w następnym punkcie.
- Powłoki są całkowicie przezroczyste dla promieniowania wysyłanego przez gwiazdę (w większości widzialnego), a jednocześnie całkowicie absorbują promieniowanie (w większości podczerwone) wysyłane przez sąsiednie powłoki, oraz –

w przypadku pierwszej powłoki – przez planetę. Powłoki są również całkowicie przezroczyste dla promieniowania gwiazdy odbitego od planety (odbicie zachodzi bez zmiany długości fali).

4. Planeta całkowicie absorbuje promieniowanie (w większości podczerwone) pochodzące od znajdującej się nad nią powłoki, natomiast odbija ułamek A promieniowania (w większości widzialnego) pochodzącego od gwiazdy. Resztę promieniowania pochodzącego od gwiazdy planeta absorbuje.
5. Planeta oraz powłoki idealnie przewodzą ciepło. Przestrzenie między poszczególnymi sferami i między wewnętrzną sferą a planetą nie prze-

wodzą ciepła.

6. Powłoki znajdują się bardzo blisko siebie i blisko planety – odległość między górną powłoką a powierzchnią planety jest zaniedbywalnie mała w porównaniu z promieniem planety.

Wyznacz ogólny wzór na równowagową temperaturę planety.

Podaj wynik liczbowy dla $P_g = 3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$, $r = 6 \cdot 10^6 \text{ m}$, $R = 10^{11} \text{ m}$, $n = 120$, $A = 0,8$.

Moc promieniowania emitowanego przez powierzchnię S ciała doskonale czarnego o temperaturze T wynosi $P = \sigma ST^4$, gdzie $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$ jest stałą Stefana-Boltzmannna.