

Fizyka elementarna – materiały dla studentów, część 7 i 8.

(Dynamika punktu materialnego, grawitacja)

Przygotowanie T. Słupiński (16.10.2008), częściowo na podst. materiałów z r. 2007/8

Literatura

J. Blinowski, Wł. Zielicz, *Fizyka i astronomia*, Rozdz. 4, punkty 11-14 (str. 131-171)

Pytania i wzory do samodzielnego wyprowadzenia (patrz: Literatura)

1. Wychodząc z definicji przyspieszenia $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ oraz z drugiej zasady dynamiki dla punktu materialnego uzasadnij, że zmiana pędu cząstki $\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$.
2. Dwie cząstki oddziałują ze sobą, ale nie oddziałują z ich otoczeniem (to znaczy nie działa na żadną z nich siła pochodząca od innych cząstek ani nie działa żadne zewnętrzne pole sił). Wykaż, że pęd układu tych dwu cząstek jest zachowany (to znaczy jest stały w czasie).
3. Jak zdefiniowane są: współczynnik tarcia statycznego (inaczej spoczynkowego), współczynnik tarcia kinematycznego (inaczej poślizgowego)? Który z nich jest nie mniejszy od drugiego?
4. Jakim ułamkiem wartości przyspieszenia grawitacyjnego Ziemi na równiku jest siła odśrodkowa związana z ruchem obrotowym Ziemi? Zakładamy kulistość Ziemi.
5. Dlaczego bardziej opłacalne jest wystrzeliwać rakiety kosmiczne wzdłuż równika w kierunku z zachodu na wschód, a nie w innym kierunku np. ze wschodu na zachód?
6. Uzasadnij dla przypadku orbity kołowej ruchu planety wokół Słońca, że z trzeciego prawa Keplera ($T^2 \sim R^3$) wynika, iż siła grawitacji działająca między Słońcem a planetą jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości R Słońce-planeta, $F \sim \frac{1}{R^2}$.

Zadania do rozwiązania na ćwiczeniach

Zadanie 1.

Dwie masy M_1 i M_2 są połączone nierozciągliwą giętką liną o zaniedbywaniu masy. Masa M_1 leży na poziomym stole i może się po nim poruszać doznając siły tarcia ze współczynnikiem tarcia poślizgowego równym f . Masa M_2 zwisa na linie poza krawędzią stołu. Zakładając, że na linę nie działa siła tarcia ani od powierzchni stołu, ani od krawędzi oblicz przyspieszenie w ruchu tych mas pod wpływem siły ciężkości. Zakładamy, że w czasie ruchu masa lina jest naprężona. Ile wynosi siła naprężenia liny? Przyspieszenie grawitacyjne wynosi g .

Przedyskutuj możliwe rozwiązania w zależności od początkowej prędkości ruchu masy M_1 (zakładamy, że kierunek tej prędkości początkowej może być tylko wzdłuż naprężonej liny). Zakładamy też, że obie części liny są prostopadłe do krawędzi stołu.

Zadanie 2.

Klocek o masie $M = 4.980$ kg spoczywa na idealnie gładkim stole. W pewnej chwili dwa lecące poziomo pociski o masie $m = 10$ g każdy, wbijają się jednocześnie w klocek wprawiając go w ruch postępowy. Oblicz prędkość klocka tuż po ugrzęźnięciu w nim pocisków, jeśli przed zderzeniem każdy z pocisków miał prędkość $V = 1000$ m/s względem klocka, a kąt pomiędzy kierunkami ich prędkości wynosił $\alpha = 120^\circ$.

Zadanie 3.

Ogrodnik o masie M siedzi na lekkiej (przyjmujemy, że nieważkiej) huśtawce i podlewa trawnik kierując strumień wody z cienkiego elastycznego węża poziomo na wprost przed siebie. Huśtawka może się odchyłać w płaszczyźnie poruszania się wody. Policzyć siłę odrzutu działającą na ogrodnika

oraz kąt odchylenia huśtawki od pionu jeśli prędkość strumienia wody wynosi U , przepływ wody (czyli jej objętość wylatująca z końcówki węża w ciągu jednostki czasu) wynosi J (liczone np. w $\text{cm}^3/\text{sekunde}$), a gęstość wody wynosi ρ . Przyspieszenie grawitacyjne wynosi g .

Zadanie 4.

Człowiek o masie M_1 stoi na wózku o masie M_2 i trzyma w rękach przedmiot o masie m . Wózek spoczywa na płaskim poziomym terenie, po którym może poruszać się z zanedbywalnie małymi siłami oporów ruchu. W pewnej chwili człowiek rzucił przedmiot nadając mu pewną prędkość w kierunku poziomym. Po rzucie człowiek stwierdził, że wózek na którym stoi porusza się względem podłoża z prędkością U . Oblicz w jakiej odległości spadnie przedmiot od miejsca z którego został rzucony. Przyjmujemy, że przedmiot został rzucony poziomo z wysokości H nad podłożem. Zakładamy, że człowiek w trakcie rzutu i po nim nie przesunął się względem wózka.

Zadanie 5.

Na przesuwającej się z prędkością V względem podłoża poziomej taśmie podajnika leży skrzynka o masie M przytrzymywana od góry przez linę. Do drugiego końca liny jest przymocowana masa m , a lina jest przerzucona przez bloczek nieruchomy (to znaczy o osi nie przesuwającej się względem podłoża) znajdujący się powyżej taśmy. Oblicz jaki jest współczynnik tarcia kinematycznego skrzynki o taśmę jeśli w stanie równowagi obu mas M i m linka przyczepiona do klocka M utrzymuje kąt α z poziomem (czyli w stanie gdy masy nie poruszają się względem podłoża)? Przyspieszenie grawitacyjne wynosi g .

Zadanie 6.

Lekkoatleta rzucający młotem (młot lekkoatletyczny to ciężka kula na stalowej linie z uchwytem na dłoni) rozpędza kulę przed puszczeniem wykonując wspólnie z młotem kilka obrotów. Podaj na tym przykładzie jakie to siły: odśrodkowa i dośrodkowa. Wiedząc, że rekord świata długości rzutu wynosi $D = 86.7$ m i że masa kuli wynosi $M = 7.257$ kg oblicz wektor pędu kuli w chwili puszczenia w tym rekordowym rzucie. Rzut ukośny kuli nastąpił pod optymalnym kątem ze względu na zasięg rzutu – podaj jakim. Zakładamy, że kula została rzucona z wysokości pomijalnie małej nad poziomem stadionu. Przyspieszenie grawitacyjne wynosi g . Masę linki młota można pominąć jako małą. Porównaj liczbowo wartość pędu nadanego kuli z pędem piechura o masie 75 kg maszerującego z prędkością 4.5 km/h.

Zadanie 7.

Mała kulka zawieszona na nieważkiej nici zaczepionej u góry wykonuje jednostajny ruch po okręgu w płaszczyźnie poziomej zakreślając wraz z nicią stożek. Określ okres tego ruchu wiedząc, że nić ma długość L , przyspieszenie pola siły ciężkości wynosi g , zaś kąt jaki tworzy nić z pionem wynosi α .

Zadanie 8.

Satelita geostacjonarny (geosynchroniczny) to taki, którego okres obiegu Ziemi jest równy długości doby ziemskiej. Może on zatem „wisieć” nad stałym punktem Ziemi. Na jakiej wysokości nad Ziemią może znajdować się taki satelita? Czy może on „wisieć” stale nad Warszawą? Promień Ziemi wynosi R_z , doba ziemska trwa czas T , przyspieszenie grawitacyjne na powierzchni Ziemi wynosi g .

Zadanie 9.

Dwa duże ciała kosmiczne o masach M_1 i M_2 wirują po orbitach kołowych wokół wspólnego środka masy zachowując odległość R pomiędzy własnymi środkami. Znaleźć okres T tego ruchu.