

Rozwiązanie zadania 1.

W dużych sklepach agregaty chłodnicze znajdują się zwykle na zewnątrz sklepu, a czynnik chłodzący jest doprowadzany do lad chłodniczych za pomocą rur – wtedy ciepło wydziela się na zewnątrz budynku. Czasem agregat chłodniczy nie jest odległy od lad chłodniczych lub jest z nimi zintegrowany – wtedy w pobliżu agregatu będzie cieplej a z dala od niego – chłodniej. Niezależnie od konkretnego rozwiązania, tak jak w przypadku zwykłej lodówki, możemy spowodować lokalne ochłodzenie tylko kosztem ogrzewania innej części pomieszczenia lub otoczenia.

Rozwiązanie zadania 2.

Każdy element powierzchni półsfery promieniuje zgodnie z prawem Stefana-Boltzmann, jednak promieniowanie z elementu wewnętrznej powierzchni półsfery jest częściowo pochłaniane przez inne jej elementy. W efekcie półsfery promieniuje na zewnątrz dokładnie tak samo jak półkula. Ponieważ półsfery (a efektywnie półkule) są bardzo blisko siebie, do drugiej z nich dociera całe promieniowanie z płaskiej części pierwszej, czyli $\sigma\pi R^2 T_1^4$. Powierzchnia wypromieniowująca drugiej półsfery to powierzchnia półkuli czyli $\pi R^2 + 2\pi R^2 = 3\pi R^2$. Zatem jeśli jej temperatura wynosi T_2 , to wypromieniowuje ona moc $3\sigma\pi R^2 T_2^4$. W stanie równowagi spełnione będzie równanie

$$\sigma\pi R^2 T_1^4 = 3\sigma\pi R^2 T_2^4,$$

a stąd

$$T_2 = \frac{1}{\sqrt[4]{3}} T_1 \approx 0,76 T_1.$$

Rozwiązanie zadania 3.

Niech prędkości obu piłek tuż przed odbiciem wynoszą v . Piłka futbolowa ma po odbiciu od podłogi prędkość $-v$, czyli prędkość piłeczki pingpongowej względem niej wynosi przed odbiciem $2v$. Po odbiciu od piłki futbolowej, piłeczka pingpongowa ma względem niej prędkość $-2v$, czyli względem podłogi $-3v$. To oznacza, że w wyniku odbicia energia kinetyczna piłeczki pingpongowej wzrośnie $3^2 = 9$ razy. Jeśli pominiemy straty energii, oznacza to, że podskoczy ona na wysokość $9h$.

Rozwiązanie zadania 4.

Ustawmy okulary jedne za drugimi i patrzmy przez oba lewe "szkła" na źródło światła. Jeśli obie pary są typu a), to po obróceniu jednej z oprawek o kąt 90° wokół kierunku patrzenia źródło przestanie być widoczne, natomiast w przypadku b) obracanie jednej z oprawek nie zmienia obserwowanej jasności źródła światła.

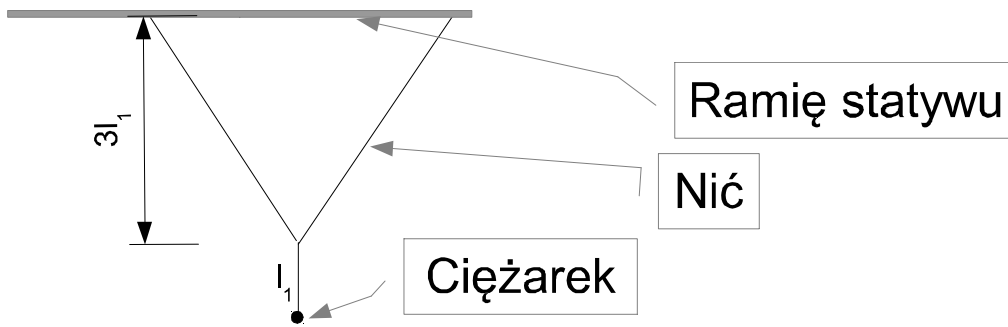
Możemy też ustawić okulary jedne za drugimi tak, by patrzeć przez lewe "szkło" jednych okularów, a "prawe" – drugich. W takiej sytuacji początkowo źródło światła nie będzie widoczne; jeśli obie pary są typu a), to przy obracaniu jednej wokół kierunku patrzenia źródło zacznie być widoczne i będzie najjaśniejsze dla kąta 90° , natomiast w przypadku b) obracanie jednej z oprawek znowu nie zmienia obserwowanej jasności źródła światła (pozostanie ono niewidoczne).

Rozwiązanie zadania 5.

Aby otrzymać tor jak na rysunku, częstotliwość drgań ciężarka wzdłuż jednej z poziomych osi musi być dwa razy większa niż częstotliwość drgań wzdłuż drugiej poziomej osi. Częstotliwość drgań wahadła matematycznego o długości l jest dana wzorem $f = \sqrt{g/l}/(2\pi)$, gdzie g jest przyspieszeniem ziemskim. Zatem wzdłuż jednej z poziomych osi ciężarek powinien się zachowywać jak wahadło matematyczne długości l_1 , a wzdłuż drugiej – jak wahadło matematyczne długości l_2 , przy czym

$$\frac{1}{2\pi} \sqrt{g/l_1} = 2 \cdot \frac{1}{2\pi} \sqrt{g/l_2},$$

czyli

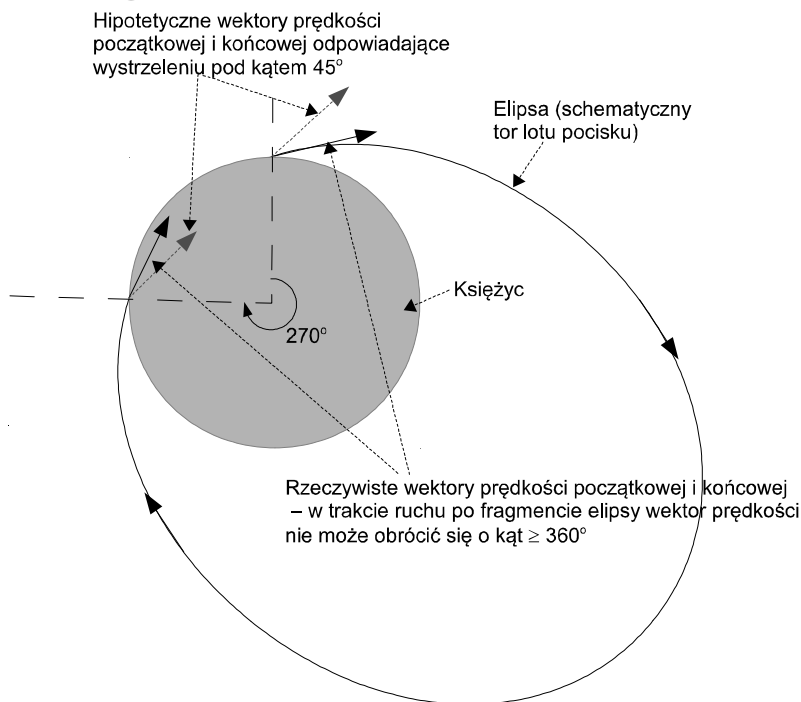


$$l_2 = 4l_1.$$

Taką sytuację można zrealizować zawiązując nitkę w sposób przedstawiony na rysunku

Rozwiązanie zadania. 6.

Z zasad zachowania momentu pędu oraz energii wynika, że kąt, pod jakim pocisk uderzy w grunt księżycowy jest taki sam jak kąt wystrzelenia, czyli 45° . Z drugiej strony, ponieważ obwód Księżyca to 10,9 tys. km, 9 tys. km odpowiada ponad 270° . To w sumie by oznaczało, że wektor prędkości pocisku od wystrzelenia do upadku obrócił się o kąt większy niż 360° . Ale tor pocisku musi być fragmentem elipsy, a dopiero przy pełnym obiegu elipsy wektor prędkości kątovej obraca się o 360° . Zatem taki wynik jest sprzeczny z prawami grawitacji.



Rozwiązanie zadania 7.

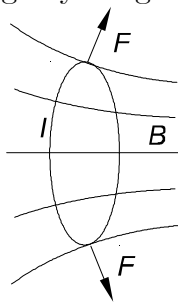
Silnik cieplny musi oddawać część ciepła do chłodnicy. W przestrzeni kosmicznej jedynym rozwiązaniem jest wypromieniowywanie ciepła w przestrzeń kosmiczną. Ponieważ temperatura promieniowania reliktowego wynosi ok. 2,7 K, taką najniższą temperaturę może mieć chłodnica. Oznacza to, że maksymalna sprawność naszego silnika wynosi około $[(273,2 + 36,6) - 2,7] / [273,2 + 36,6] \approx 99,1\%$.

Rozwiązanie zadania 8.

Temperatura krytyczna wody wynosi 374°C. Oznacza to, że powyżej tej temperatury nie mogą współistnieć fazy ciekła i gazowa. Zatem prawidłowa jest odpowiedź d).

Rozwiązanie zadania 9.

Z punktu widzenia efektów magnetycznych paramagnetyczna kulka jest równoważna kołowej pętli z prądem. Ta pętla znajduje się w płaszczyźnie prostopadłej do średniego pola magnetycznego przechodzącego przez kulkę, a natężenie prądu płynącego w tej pętli jest proporcjonalne do indukcji tego pola. Siła działająca na element obwodu z prądem jest proporcjonalna do iloczynu natężenia prądu i indukcji pola magnetycznego.



W przypadku (i) linie sił pola magnetycznego nie są prostopadłe do płaszczyzny pętli (patrząc od strony manesu rozbiegają się) i siła wypadkowa jest niezerowa. Ponieważ, w porównaniu z sytuacją wyjściową, pole wzrasta w tym przypadku dwukrotnie bez zmiany przebiegu linii, spowoduje to dwukrotny wzrost natężenia prądu, a siła wzrośnie $2 \cdot 2 = 4$ razy.

W przypadku (ii) z powodu symetrii linie sił pola magnetycznego są prostopadłe do płaszczyzny pętli. Oznacza to, że siły działające na poszczególne elementy pętli są styczne do jej płaszczyzny, a siła wypadkowa jest równa 0. Czyli w przypadku (ii) siła spadnie do 0.

Rozwiązanie zadania 10.

Ponieważ nić i bloczek są nieważkie, siła jaką lina działa na każdego ze sportowców jest taka sama w obu przypadkach. Jednak siła grawitacji jest większa w przypadku drugiego sportowca. Również masa drugiego sportowca jest większa niż pierwszego. Zatem pierwszy sportowiec porusza się do góry z większym przyspieszeniem względem podłogi i szybciej dotrze do bloczka.

Rozwiązanie zadania 11.

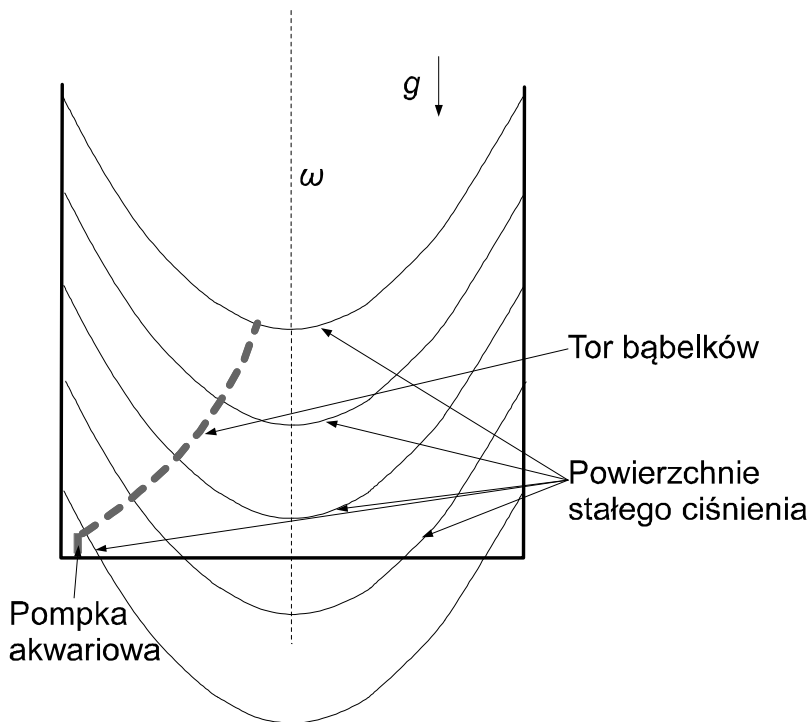
Powierzchnia cieczy w obracającym się naczyniu jest powierzchnią stałego ciśnienia. Przesuwając taką powierzchnię wzdłuż osi obrotu otrzymamy również powierzchnię stałego ciśnienia (ale oczywiście tylko wewnątrz cieczy). Bąbelki będą się poruszały w przybliżeniu prostopadłe do tych powierzchni, co daje tor jak na rysunku.

Rozwiązanie zadania 12.

Energia kinetyczna + spoczynkowa cząstki to $mc^2/\sqrt{1-v^2/c^2}$, zatem w rozważanym przypadku $1/\sqrt{1-v^2/c^2} = 7000/0,9$. Ze względu na dylatację czasu obserwowany czas przelotu protonów jest o czynnik $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ większy, niż czas "obserwowany" przez protony (i obserwatora poruszającego się z nimi). Zatem szukany czas podróży wynosiłby 4 lata $/(7000/0,9) \approx 4,5$ godziny.

Rozwiązanie zadania 13.

Przyjmijmy, że fotografowany obiekt składa się z wielu punktowych źródeł światła. Strumień światła przechodzącego przez obiektyw, a pochodzącego od jednego takiego punktu jest proporcjonalny do kąta bryłowego, pod jakim otwór w przysłonie jest widoczny z tego punktu, czyli proporcjonalny do powierzchni tego otworu równej $(f \cdot F)^2 \pi/4$. Jeśli obraz naszego punktu znajdzie się na zdjęciu, to całe to światło



dotrze do matrycy. Dla wszystkich rozważanych aparatów na zdjęciu znajdują się obrazy tych samych punktów. Zatem ilość światła padającego na matrycę jest proporcjonalna do $(f \cdot F)^2$. Otrzymujemy stąd poszukiwane uszeregowanie aparatów:

b) $(f \cdot F)^2 = 16, 0$, a) $(f \cdot F)^2 = 11, 1$, e) $(f \cdot F)^2 = 8, 8$, c) $(f \cdot F)^2 = 2, 6$, d) $(f \cdot F)^2 = 2, 1$.

Rozwiązanie zadania 14. (rozwiązanie zmienione 18 listopada 2012)

Prędkość kątowna obrotu Ziemi wynosi $\omega \approx 2\pi / (24 \text{ h}) = 2\pi / 86400 \text{ 1/s} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/s}$. Przyjmując szerokość geograficzną $\theta \approx 52^\circ$ (oczywiście możliwe jest przyjęcie innego θ w granicach od 49° do 54°) otrzymujemy, że przyspieszenie Coriolisa $\vec{a}_C = -2\vec{\omega} \times \vec{v}$ ma wartość $2\omega v \sin(\theta) \approx 0,00017 \text{ m/s}^2$ i jest skierowane na wschód. Zatem efektywne przyspieszenie ziemskie tworzy w przybliżeniu kąt $a_C/g = 0,00017/9,8 \approx 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$ z pionem. To oznacza, że na wschodnim brzegu Wisły woda jest o $1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 500 \text{ m} \approx 9 \text{ mm}$ wyżej niż na zachodnim.

Rozwiązanie zadania 15.

Jeśli przedmiot znajduje się w wodzie, w odległości x od granicy powietrze-woda to patrząc z powietrza, wydaje się, że jest on w odległości x/n tej granicy, gdzie n jest względnym współczynnikiem załamania woda-powietrze. Zatem w przypadku b) wszystkie obiekty będą wydawały się bliższe o czynnik $1/n$ przedniej szyby akwarium. W przypadku a) tak będzie tylko w przypadku ryb, natomiast wszyscy aktorzy będą się wydawali bliżsi kamery o stałą odległość $d - d/n$, gdzie d jest szerokością akwarium. To oznacza, że w przypadku b) aktorzy B, C i D będą na kadrze więksi, niż w przypadku a).