

**Zadanie 1**

Marek i Kasia lubią popijać w pracy kawę z mlekiem. Oboje nalewają kawę z ekspresu w kuchni. Marek jeszcze w kuchni dolewa do kawy mleko o temperaturze pokojowej, a potem znosi powstały napój do swojego biurka znajdującego się dość daleko od kuchni. Kasia dolewa mleko do kawy dopiero przy swoim biurku. Zakładając, że postępowanie Marka różni się od postępowania Kasi tylko chwilą dolania mleka, określ, czyja kawa z mlekiem będzie miała wyższą temperaturę w momencie rozpoczęcia picia kawy przy biurku.

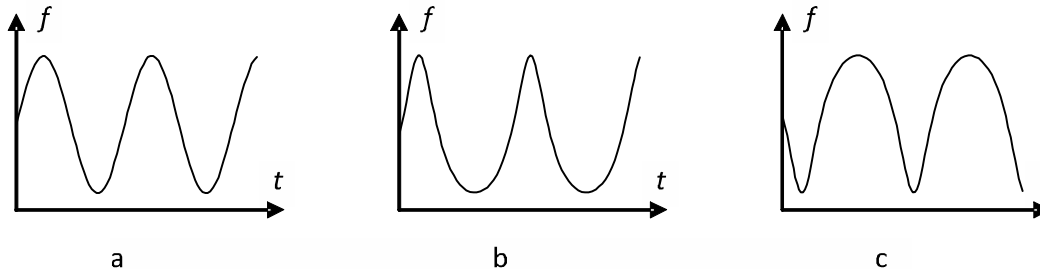
**Zadanie 2**

Pozioma płyta obraca się wokół pionowej osi. Na płycie, w pewnej odległości od tej osi stoi szklany cylinder, wewnątrz którego pali się świeczka.

W którą stronę odchyła się płomień świeczki?

**Zadanie 3**

Źródło dźwięku harmonicznego porusza się ruchem jednostajnym po okręgu z prędkością mniejszą od prędkości dźwięku w ośrodku (powietrzu), ale porównywalną z nią. W dużej odległości od źródła w płaszczyźnie jego ruchu znajduje się nieruchomy mikrofon rejestrujący przebieg czasowy częstotliwości odbieranego dźwięku. Który z poniższych wykresów może przedstawiać ten przebieg?



Rysunek do zadania 3.

Częstotliwość dźwięku jest znacznie wyższa od częstotliwości ruchu źródła po okręgu. Oś czasu na wykresach nie pokrywa się z zerową wartością częstotliwości.

#### Zadanie 4

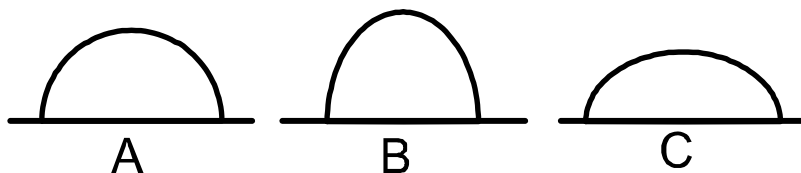
Czy ciśnienie w okolicy podwodnej góry jest większe, mniejsze czy takie samo w porównaniu z sytuacją, gdy takiej góry nie ma? Rozważ następujące miejsca:

- punkt w wodzie tuż nad górą,
- punkt w wodzie tuż obok podstawy góry.

Przyjmij, że góra jest mała w porównaniu z głębokością morza, tak że można pominąć wpływ obecności góry na kształt powierzchni wody.

#### Zadanie 5

Postanowiono zbudować podwodny tunel biegnący po poziomym dnie morza. Wiadomo, że gdyby ciśnienie na zewnątrz tunelu było jednorodne, to z punktu widzenia wytrzymałości mechanicznej (odporności na ciśnienie), najlepszym kształtem poprzecznego przekroju ściany tego tunelu byłby półokrąg (patrz rys. A) – wtedy w idealnych warunkach ściana mogłaby mieć bardzo małą sztywność, gdyż nie występowałyby siły zginające ją, a jedynie ściskające. W rzeczywistości jednak ciśnienie wody rośnie z głębokością. Czy należy zmienić ten kształt, aby w tej sytuacji na ścianę nie działały siły zginające? Jeśli tak, to który z rysunków – B czy C – przedstawia schematycznie, jak należy zmodyfikować ten kształt?



Rysunek do zadania 5.

W rozważaniach pominięto masę ścian tunelu.

#### Zadanie 6

Rozważmy masy  $m$  oraz  $M$  połączone nieważką sprężyną o współczynniku sprężystości  $k$ . Początkowo sprężyna była nienapięta. Następnie masie  $m$  nadano prędkość  $v_0$  skierowaną wzdłuż sprężyny w stronę masy  $M$ . Masy najpierw zbliżyły się do siebie, a następnie zaczęły się od siebie oddalać. Gdy prędkość oddalania się mas przestała wzrastać, sprężynę przecięto. Wyznacz końcową prędkość masy  $M$ .

Na układ nie działają żadne siły zewnętrzne.

#### Zadanie 7

W 3333 roku postanowiono wybudować tunel przez środek Ziemi. Tunel ma łączyć dwa przeciwległe punkty na równiku.

Czy można tak dobrać kształt tego tunelu (tzn. nie musi on być prosty), aby nienapędzana kapsuła, nieruchoma względem powierzchni Ziemi we wlocie tego tunelu, miała niezerową prędkość względem powierzchni Ziemi w jego wylocie? Jeśli tak, to naszkicuj ten kształt. Uwzględnij, że Ziemia się obraca. Pomiń oddziaływanie grawitacyjne Słońca i innych ciał niebieskich. Pomiń tarcie w trakcie ruchu kapsuły. Przyjmij, że masa kapsuły jest pomijalnie mała w stosunku do masy Ziemi oraz że Ziemia ma kształt kuli.

### Zadanie 8

W wyniku modernizacji maksymalna energia protonów krążących w Wielkim Zderzaczu Hadronów protonów wzrosła z 3,5 TeV do 7 TeV.

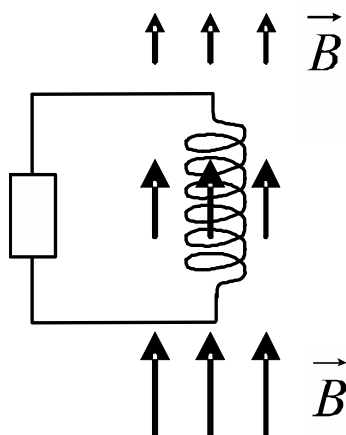
Wyobraźmy sobie wyścig dwóch protonów w tunelu LHC, jednego o energii 3,5 TeV, a drugiego o energii 7 TeV w tunelu LHC. Oba protony startują równocześnie. Jaka będzie odległość między nimi po przebyciu całej długości tunelu równej 27 km?

Energia spoczynkowa protonu wynosi 938 MeV. Relatywistyczne związki między energią  $E$ , pędem  $p$ , energią spoczynkową  $E_0$  oraz prędkością  $v$  cząstki są następujące

$$E^2 - p^2 c^2 = E_0^2, \quad v = \frac{p}{E/c^2},$$

gdzie  $c$  jest prędkością światła.

### Zadanie 9



Rysunek do zadania 9.

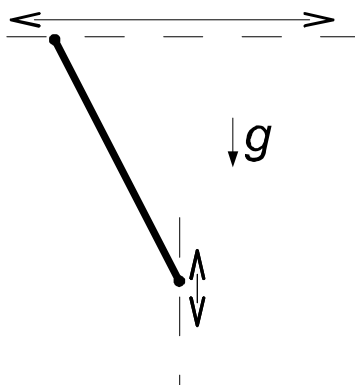
Zaproponowano następujący sposób konstrukcji perpetuum mobile. Do zwojnicy dołączamy odbiornik energii (np. opornik) i umieszczamy zwojnicę w polu magnetycznym skierowanym równoległe do osi zwojnicy (osi  $y$ ) i zmieniającym się wzdłuż tej osi – patrz rysunek. Gdy przesuwamy zwojnicę wzdłuż osi  $y$ , zmiana strumienia powoduje powstanie siły elektromotorycznej indukcji i przekazanie energii do odbiornika. Z drugiej strony siła, z jaką pole działa na zwoje, jest prostopadła do kierunku pola, więc przesuwanie zwojnicy nie wymaga wykonania pracy. Gdzie leży błąd w powyższym rozumowaniu?

### Zadanie 10

Jądro komety 67P/Czuriumow-Gierasimienko, będące celem misji Rosetta, ma masę około  $10^{13}$  kg i objętość około  $25 \text{ km}^3$ . Zakładając, że to jądro jest jednorodną kulą, wyznacz przyspieszenie grawitacyjne na jego powierzchni oraz prędkość ucieczki z niej.

Uwaga: w rzeczywistości jądro to jest bardzo nieregularne i nie przypomina kuli, jednak przyjęcie, że to jest kula, pozwala na najprostsze oszacowanie szukanych wielkości.

### Zadanie 11



Rysunek do zadania 11.

Rozważmy cienki, jednorodny pręt o długości  $l$  znajdujący się w polu grawitacyjnym  $g$ . Jeden koniec tego pręta może się poruszać po prostej pionowej, a drugi po prostej poziomej, przecinającej się z tą pionową - patrz rysunek. Wyznacz częstotliwość małych drgań pręta wokół położenia równowagi.

Zaniedbaj wszelkie opory ruchu.

### Zadanie 12

Rozważmy:

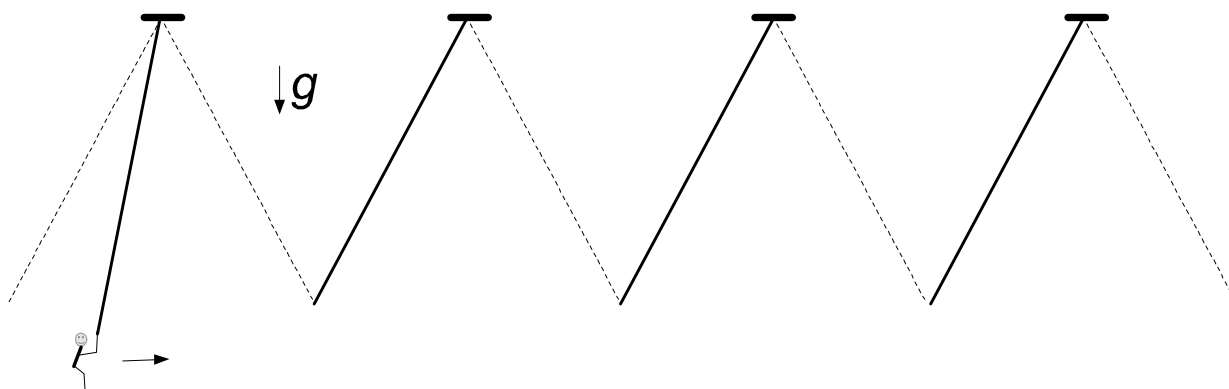
a) gęsto nawinięty solenoid o promieniu  $r$  i długości  $l \gg r$ ,

b) nadprzewodzącą rurę o promieniu  $r$  i długości  $l \gg r$ .

Prąd płynący przez solenoid oraz prąd płynący w rurze są takie, że strumień pola  $B$  przez przekrój przechodzący przez środek geometryczny i prostopadły do osi w każdym z tych dwóch przypadków wynosi  $\Phi_0$ . Jakie są strumienie pola  $B$ :  $\Phi_s$  - przechodzącego przez koło na końcu solenoidu, oraz  $\Phi_w$  - przez koło stanowiące podstawę nadprzewodzącego walca?

Pole magnetyczne nie wnika do wnętrza nadprzewodnika - tuż przy jego powierzchni linie tego pola są styczne do tej powierzchni.

### Zadanie 13



Rysunek do zadania 13.

Tarzan potrafi przemieszczać się po dżungli przeskakując z liany na lianę - patrz rysunek. Przyjmijmy, że położenie Tarzana w najwyższym punkcie jest wyższe od położenia w najniższym punkcie o ustaloną wysokość  $h$ , przeskakiwanie jest natychmiastowe, a prędkość Tarzana w najwyższym punkcie zerowa. Długość każdej liany wynosi  $l$ .

Ile wynosi średnia prędkość przemieszczania się Tarzana? Kiedy ta prędkość jest większa: gdy liany są dłuższe, czy gdy są krótsze?

Przyjmij, że za wyjątkiem momentów przeskakiwania ruch Tarzana jest ruchem harmonicznym.

#### Zadanie 14

Statek kosmiczny ląduje na Księżycu, poruszając się w końcowej fazie lotu pionowo i hamując silnikiem raketowym. Gdy znajduje się na wysokości 1 km nad gruntem i porusza się ze sporą prędkością, astronauta orientują się, że może im zabraknąć paliwa. Jak powinni postąpić, aby zużyć w trakcie lądowania jak najmniej paliwa i nie rozbić się o powierzchnię Księżyca:

- a) natychmiast włączyć pełną moc silnika i wyhamować do bardzo małej prędkości, a potem powoli wylądować z włączonym silnikiem;
  - b) hamować tak, by opóźnienie w trakcie lądowania było w przybliżeniu stałe;
  - c) rozpocząć hamowanie jak najpóźniej, a w ostatniej fazie włączyć silnik z pełną mocą?
- Dla uproszczenia przyjmij, że masa paliwa jest znacznie mniejsza od całkowitej masy statku.

#### Zadanie 15

Wiadomo, że podczas ruchu naładowanej cząstki w stałym polu magnetycznym o indukcji  $B$  i skierowanym wzdłuż osi  $z$ , składowa  $p_x$  pędu tej cząstki nie jest zachowana. Zachowana jest jednak wielkość  $p_x + wyB$ , gdzie  $w$  jest pewnym współczynnikiem. Wyznacz ten współczynnik.

Komentarz: patrz zad 3 (i jego rozwiązanie) z finału 63. Olimpiady Fizycznej.