



Zadania rozwiązywane bez obliczeń

Juliusz Domański

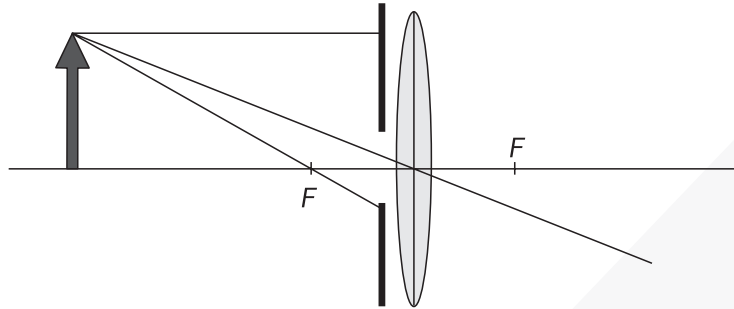
Prezentowane tu zadania nie wymagają znajomości wzorów, ich przekształcania i wykonywania skomplikowanych obliczeń – co najwyżej bardzo prostych, możliwych do zrobienia w pamięci. Wymagają jednak logicznego myślenia i pomysłowości. Dobra rada – nie zaczynaj nigdy od zagłędania do rozwiązań. Na pomysł sposobu rozwiązania przeważnie nie wpada się od razu. Czasami przychodzi on po kilku godzinach, niekiedy po kilku dniach. Ale warto poczekać!

Jeśli spodobają Ci się te zadania i docenisz ich walory kształcące, informujemy, że zbiór zawierający 377 podobnych zadań jest do nabycia w naszym wydawnictwie (Juliusz Domański, *Nieobliczeniowe zadania z fizyki*, ZamKor 2008). Jest to pierwsze i, jak dotychczas, jedyne opracowanie tego typu w Polsce.

1. Udowodnij, oczywiście bez korzystania z wzorów i obliczeń, że siła wyporu jest równa ciężarowi cieczy wypartej przez ciało w niej zanurzone.
2. Wykaż, że przyspieszenie ciał spadających swobodnie nie zależy od ich masy.
3. Na sprężynie wisi ciężarek całkowicie zanurzony w naczyniu z cieczą. Wyjmujemy ciężarek z cieczy. Sprężyna się nieco wydłużyła, czyli jej energia potencjalna sprężystości wzrosła. Kosztem jakiej energii?
4. Jednorodny sześciian pływa w rtęci, przy czym $1/5$ jego objętości jest zanurzona. Gdy postawiono na nim drugi sześciian o identycznych wymiarach, to pierwszy zanurzył się do połowy swej objętości. Jaka jest gęstość drugiego sześcianu? Gęstość rtęci $\rho = 13,6 \text{ g/cm}^3$.
5. Z motorówki płynącej w górę rzeki z szybkością 30 km/h wypadło koło ratunkowe w chwili, gdy przepływała ona pod mostem. Brak koła zauważono po upływie $1/2$ godziny. Motorówka zawróciła i w odległości 5 km od mostu znaleziono zgubę. Jaka jest szybkość prądu rzeki, jeśli silnik motorówki cały czas pracował z jednakową mocą? Które dane są w treści zadania zbędne?
6. Z dwóch miast odległych o 100 km wyjeżdżają w tym samym czasie dwa samochody i jadą ze stałą szybkością 50 km/h . Jednocześnie z jednego z tych miast wylatuje śmigłowiec i leci z szybkością 120 km/h na spotkanie samochodu jadącego z przeciwka. Po spotkaniu samochodu zawraca i leci na spotkanie drugiego. Ten manewr ponawia aż do momentu, gdy wszystkie trzy pojazdy spotykają się w jednym miejscu. Jaką drogę przebył śmigłowiec?
7. Lokomotywa rozpędza skład 5 jednakowych wagonów, nadając im przyspieszenie a . Na pierwszy wagon lokomotywa działa siłą 4000 N . Jaką wartość ma siła działająca na ostatni wagon?
8. Z procy wystrzelono kamień pionowo do góry. Szybkość początkowa kamienia wynosiła 30 m/s . Po jakim czasie kamień zacznie spadać? Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie ma wartość 10 m/s^2 .

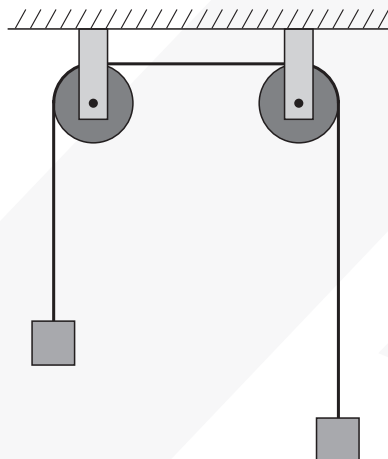


9. Przed soczewką znajduje się przesłona nieprzepuszczająca części promieni przydatnych do konstrukcji obrazu (rys. 1). Czy można w tej sytuacji przeprowadzić konstrukcję? Jak należy to zrobić?



Rys. 1

10. Na dwóch bloczkach wiszą dwa ciężarki o jednakowych masach (rys. 2). Układ znajduje się w równowadze. Czy równowaga ulegnie zmianie, jeśli jeden z tych ciężarków wprawimy w ruch po okręgu w płaszczyźnie poziomej?



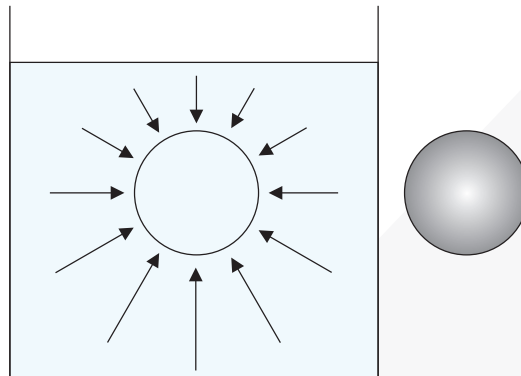
Rys. 2

11. Podczas rozprężania izotermicznego gaz doskonały wykonał pracę 20 J. Jaką ilość ciepła dostarczono gazowi?
12. Między płytki płaskiego kondensatora wsunięto, w połowie odległości między nimi, cienką folię metalową. Grubość folii można pominąć, gdyż jest znacznie mniejsza od odległości między płytkami. Jak wpłynęło to na pojemność kondensatora? W tym zadaniu przyda się jeden wzór i trzeba będzie wykonać bardzo proste obliczenia.
13. Zasada Fermata mówi: Promień świetlny biegnący (w dowolnym ośrodku) od punktu A do punktu B porusza się po drodze, na przebycie której potrzebuje najkrótszego czasu. Zauważmy, że jeśli światło biegnie w ośrodku jednorodnym (czyli ze stałą prędkością), zasada najkrótszego czasu jest równoważna zasadzie najkrótszej drogi. Wykaż, że z zasady Fermata wynika prawo odbicia światła.



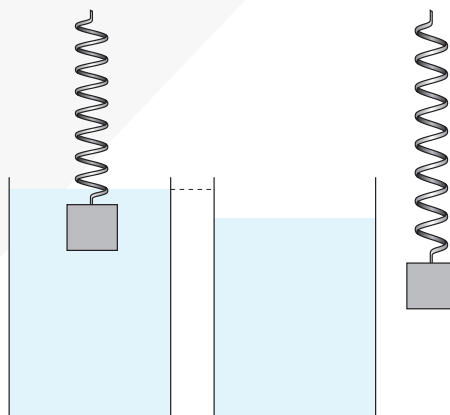
Rozwiązania

1. Wydzielmy w myśli obszar cieczy o kształcie i objętości ciała, które będzie w niej zanurzone. Siły parcia pochodzące od pozostałej cieczy (rys. 3) działają na ten obszar prostopadłe do jego powierzchni. Ponieważ ciecz pozostaje w równowadze, wypadkowa sił parcia jest równa ciężarowi cieczy zawartej w tym obszarze. Jeśli w tym obszarze umieścimy kulę, siły parcia nie ulegną zmianie. Na ciało zanurzone w cieczy będzie działać siła wyporu równa ciężarowi wypartej cieczy.



Rys. 3

2. Załóżmy, że ciała o większej masie doznają większego przyspieszenia. Jeśli zatem połączymy ciało o większej masie z ciałem mniej masywnym, będzie ono spadało z większym przyspieszeniem. Z drugiej strony, ciało o mniejszej masie powinno hamować ruch ciała masywniejszego i połączone ciała powinny spadać z mniejszym przyspieszeniem. Sprzeczności nie będzie tylko wówczas, gdy przyspieszenie nie zależy od masy ciała.
3. Problem rozwiązuje w pełni rysunek 4. Poziom wody obniżył się, energia sprężystości wzrosła kosztem energii potencjalnej wody.

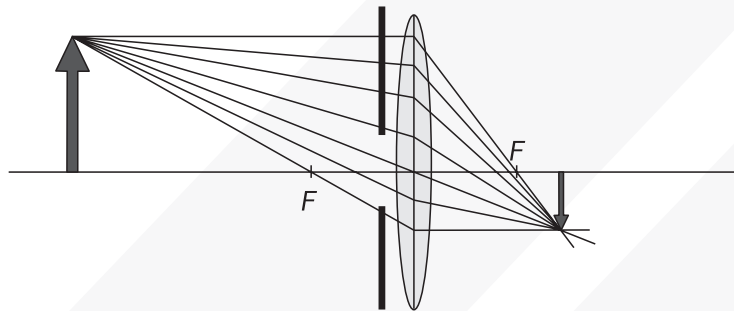


Rys. 4

4. Po postawieniu drugiego sześcianu zanurzenie wzrosło o 0,3 objętości sześcianu. Ciężar drugiego sześcianu jest więc równy ciężarowi rtęci zajmującej 0,3 jego objętości. Zatem gęstość materiału, z jakiego wykonany jest drugi sześcian, $\rho_1 = 0,3\rho = 0,3 \cdot 13,6 \text{ g/cm}^3 = 4,1 \text{ g/cm}^3$.

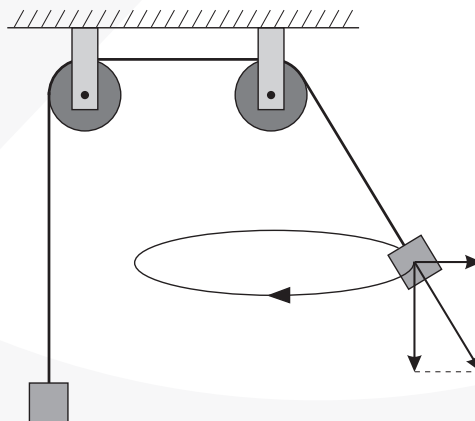


5. Naturalnym odruchem jest próba rozwiązania problemu w układzie odniesienia związanym z brzegiem. Wówczas szybkość motorówki przed i po zawróceniu jest inna. Wybierzmy teraz układ odniesienia związany z płynącą wodą. W tym układzie szybkość motorówki jest stała. Ponieważ od zgubienia do odnalezienia koła upłynęła godzina, a koło w tym czasie przepłynęło 5 km, to szybkość prądu rzeki wynosi 5 km/h. Podanie szybkości motorówki okazało się zbędne. Zbędna też była uwaga, że motorówka płynie w górę rzeki.
6. Zadanie tylko pozornie jest trudne. Samochody spotkały się po godzinie. Zatem śmigłowiec leciał również godzinę i przebył drogę 120 km.
7. Ponieważ wagony mają jednakowe masy i nadawane im przyspieszenie jest jednakowe, także siły działające na nie muszą być takie same. Stąd siła działająca na ostatni wagon jest równa 800 N.
8. Zwrot przyspieszenia jest przeciwny do zwrotu prędkości, zatem szybkość kamienia w każdej sekundzie zmniejsza się o 10 m/s i po 3 s będzie równa zero. Kamień zatrzymuje się i zaczyna spadać.
9. Konstrukcję przeprowadzamy tak, jakby przesłona nie istniała (rys. 5). Przesłona nie zmienia biegu promieni, a jedynie zmniejsza ilość światła tworzącego obraz.



Rys. 5

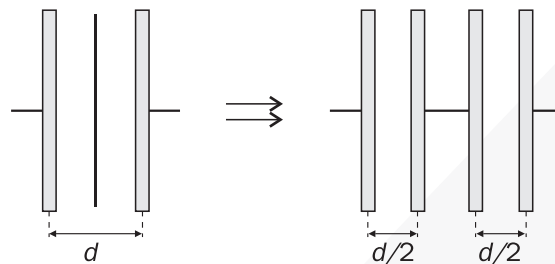
10. Zadanie rozwiążemy w nieinercyjnym układzie odniesienia związanym z poruszającym się po okręgu ciężarkiem. Na ciężarek działają: siła ciężkości i dodatkowo siła bezwładności (rys. 6). Suma tych sił jest większa od ciężaru i układ traci równowagę. A jak wyglądałoby rozwiązanie w układzie inercyjnym?



Rys. 6



- 11.** Energia wewnętrzna gazu doskonałego jest energią kinetyczną jego cząstek zależną tylko od temperatury, a niezależną od odległości między cząstkami, a więc od objętości gazu. W przemianie izotermicznej nie zmienia się temperatura, czyli energia wewnętrzna gazu pozostaje stała. Ciepło dostarczone do gazu jest równe pracy wykonanej przez gaz, zatem $Q = W = 20 \text{ J}$.
- 12.** Kondensator o pojemności C z umieszczoną między jego płytkami folią jest równoważny dwóm kondensatorom połączonym szeregowo (rys. 7).



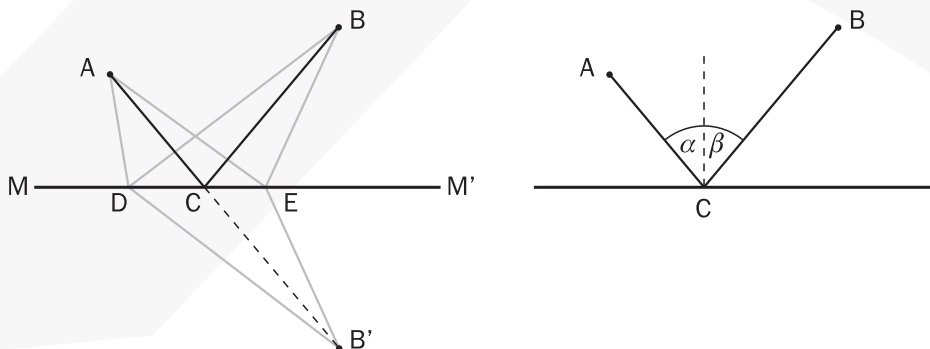
Rys. 7

Pojemność tych kondensatorów, z powodu dwukrotnie mniejszej odległości między płytkami, jest równa $2C$. Zatem pojemność układu:

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{2C} + \frac{1}{2C} = \frac{2}{2C} = \frac{1}{C}$$

Pojemność kondensatora nie uległa zmianie.

- 13.** Jaka jest najkrótsza droga od punktu A do B? Oczywiście linia prosta łącząca te punkty. Przyjmijmy jednak dodatkowy warunek: promień świetlny ma po drodze „dotknąć” powierzchni zwierciadła (M, M'). Dołączmy dodatkowy punkt B' leżący na prostej prostopadłej do zwierciadła i w tej samej odległości od niego co punkt B (rys. 8). Jaka jest najkrótsza droga od punktu A do B' ?



Rys. 8

Oczywiście jest nią prosta AB' . Łatwo zauważymy, że długość łamanej ACB jest równa długości prostej AB' . Droga ACB jest najkrótszą drogą od A do B z „dotknięciem” zwierciadła. Wszystkie inne łamane (np. ADB lub AEB) są od niej dłuższe. Łatwo zauważymy też, że kąty α i β są sobie równe (prawo odbicia światła: kąt padania równa się kątowi odbicia).