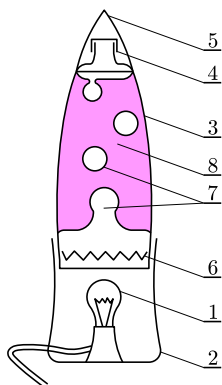


Sześć w jednym, czyli jak działa lampa lawa

Stanisław
BEDNAREK*



Rys. 1. Budowa lampy lawa:

- 1 - żarówka,
- 2 - podstawa,
- 3 - naczynie szklane,
- 4 - korek,
- 5 - kołpak,
- 6 - spiralka,
- 7 - wosk lub parafina,
- 8 - mieszanina wody i alkoholu lub alkoholu i gliceryny.

W sklepach z artykułami elektrotechnicznymi lub w sklepach z gadżetami można znaleźć lampę o bardzo interesującym działaniu, dającą niepowtarzalne efekty podczas obserwacji, znaną pod nazwą lampa lawa. Lampa ta została po raz pierwszy skonstruowana przez Edwarda Cravena Walkera w 1963 r. i opatentowana w Anglii 16 marca 1964 r. Właścicielem patentu na lampę lawa jest również firma Haggerty Enterprises Inc. ze Stanów Zjednoczonych.

Budowa lampy lawa przedstawiona jest na rysunku 1. W dolnej części lampy znajduje się niewielka żarówka o mocy 25–40 W zasilana z sieci elektrycznej o napięciu 230 V. Żarówka umieszczona jest w otwartej od góry, cylindrycznej, nieprzezroczystej obudowie będącej podstawą, i stanowi źródło światła oraz ciepła zapewniające działanie lampy. Na podstawie nad żarówką ustawione zostało zamknięte od góry korkiem szklane naczynie, przypominające kształtem butelkę lub kadłub rakiety. Korek zamykający naczynie nakryty jest nieprzezroczystym kołpakiem w kształcie stożka lub dziobu rakiety. Wewnątrz butelki w jej dolnej części znajduje się zabarwiony wosk lub parafina. Pozostała część wnętrza butelki wypełniona jest prawie w całości cieczą o odpowiednio dobranej gęstości. Może to być np. mieszanina wody i alkoholu lub alkoholu i gliceryny. Dla poprawy skuteczności działania lampy na dnie naczynia umieszcza się często metalową spiralkę tworzącą okrąg.

Zasada działania lampy lawa jest następująca. Zabarwiony wosk lub parafina początkowo znajduje się na dnie naczynia w postaci ciała stałego. Ich gęstość jest większa od gęstości mieszaniny cieczy znajdującej się w naczyniu. Tylko niewielka część energii elektrycznej pobieranej z sieci przez żarówkę (poniżej 1%) zmienia się w energię świetlną. Prawie cała energia elektryczna ulega przemianie na energię wewnętrzną włókna żarówki, które w wyniku tego rozżarza się do czerwoności. Gorące włókno wypromieniowuje energię wewnętrzną w postaci ciepła. Ciepło to pochłaniane jest przez wosk lub parafinę i przez podstawę lampy. Temperatura wosku lub parafiny wzrasta, osiągając po pewnym czasie zakres temperatur topnienia. Dla ścisłości należy tu dodać, że ciała o bezpostaciowej budowie wewnętrznej – ciała amorficzne, np. wosk lub szkło, w odróżnieniu od ciał krystalicznych, np. lodu, nie mają dokładnie określonej temperatury topnienia. Ciała amorficzne zmieniają się w ciecz w pewnym zakresie temperatur, stając się początkowo miękkie, następnie ciągliwe, a w końcu ciekłe, np. dla parafiny zakres ten wynosi 38–55 °C. Ponieważ wosk lub parafina są złymi przewodnikami ciepła, dodana została metalowa spiralka w kształcie okręgu, która ułatwia rozprzodzenie ciepła w całej objętości tych substancji.

Wraz ze wzrostem temperatury zwiększają się objętości wosku lub parafiny i mieszaniny cieczy w naczyniu. Ponieważ masy tych substancji pozostają stałe, to ich gęstości ulegają zmniejszeniu. Gęstość wosku lub parafiny maleje jednak szybciej ze wzrostem temperatury niż gęstość mieszaniny cieczy. Szybkość tych zmian charakteryzują ilościowo współczynniki rozszerzalności objętościowej, które dla wody i alkoholu etylowego wynoszą odpowiednio $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ oraz $11,1 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, natomiast dla parafiny współczynnik ten równa się $43,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Dlatego też w pewnej temperaturze ich gęstość staje się mniejsza od gęstości tej mieszaniny. Jak wiadomo, na każde ciało zanurzone w cieczy – w tym również na inną ciecz, działa siła wyporu skierowana pionowo w górę. Jeżeli gęstość tego ciała jest mniejsza od gęstości cieczy, to wówczas siła wyporu, działająca na ciało, jest większa od jego ciężaru i ciało pod wpływem tej siły wypływa z cieczy ku górze. Taka sytuacja ma właśnie miejsce w rozgrzanej lampie lawa. Zjawisko transportu ciepła połączone z transportem masy, które tu zachodzi, nazywa się konwekcją.

Ciekły wosk lub parafina unosi się ku górze w postaci kul odrywających się majestatycznie od wosku lub parafiny znajdujących się w dolnej części naczynia (fot.). Kulisty kształt odrywających się porcji wosku lub parafiny spowodowany jest siłami napięcia powierzchniowego. Siły te zakrzywiają



Fot. Lampa lawa w akcji.

*Instytut Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego

powierzchnię cieczy, starając się nadać jej taki kształt, przy którym pole tej powierzchni osiąga wartość minimalną – takim właśnie kształtem jest kształt kulisty. Powolne tworzenie się kul cieczy i ich powolny ruch ku górze spowodowane są z kolei siłami lepkości, skierowanymi przeciwnie do kierunku ruchu. Wartość tych sił wzrasta wprost proporcjonalnie do wartości prędkości i promienia kul. Dlatego siły te ograniczają prędkość ruchu kul, które poruszają się w przybliżeniu ruchem jednostajnym.

Górna część naczynia znajduje się dalej od żarówki i jej temperatura jest niższa niż części dolnej. Kiedy kule wosku lub parafiny dotrą do wierzchołka naczynia, oddają swoją energię wewnętrzną w postaci ciepła, ulegają ochłodzeniu i krzepną. Skrzepnięte kule mają większą gęstość niż otaczająca je mieszanina cieczy i zaczynają poruszać się w kierunku dolnej części naczynia. Tu znowu ogrzewają się, topnieją i zaczynają poruszać ku górze. W ten sposób cały proces powtarza.

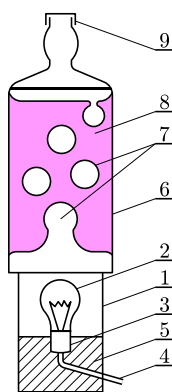
Podsumowując przeprowadzone dotychczas rozważania, łatwo zauważyć, że w działaniu lampy lawa wykorzystanych zostało sześć umiejętnie powiązanych zjawisk fizycznych. Są to: rozszerzalność cieplna, topnienie, tworzenie się kropli, konwekcja, ruch w ośrodku lepkiem, krzepnięcie. Zawarte tutaj stwierdzenie tłumaczy tytuł tego artykułu. Lampę lawa można również traktować jako pewnego rodzaju silnik cieplny, w którym energia wewnętrzna włókna żarówki zmienia się częściowo na pracę wykonywaną podczas unoszenia się kropli wosku lub parafiny.

Jak wspomniano na początku, lampę lawa można kupić w sklepie z artykułami elektrycznymi lub w sklepie z gadżetami. Nie jest ona jednak tania i kosztuje od kilkudziesięciu do ponad stu złotych. Dlatego też celowe jest samodzielne zbudowanie takiej lampy. Do wykonania tego zadania potrzebne będą następujące przedmioty i materiały: żarówka o mocy 25–40 W na napięcie 230 V z oprawką, około 1,5 m dwużyłowego przewodu, wtyczka sieciowa, blaszana puszka o wysokości około 10–12 cm, np. od groszku konserwowego, szklana butelka o pojemności 0,5 l z metalową nakrętką, gips, woda, denaturat i parafina z 2–3 świeczek.

W pobliżu dna puszki robimy niewielki otwór i przekładamy przez niego przewód (rys. 2). Końce przewodu podłączamy do oprawki żarówki i wtyczki sieciowej. Przygotowujemy mieszaninę gipsu z wodą i wlewamy ją do puszki, a oprawkę żarówki ustawiamy na dnie w równej odległości od bocznej ściany puszki. Kiedy po kilku minutach gips stwardnieje, będziemy mieli oprawkę zamocowaną w puszcze. Odstawmy puszkę na kilka godzin aż do wyschnięcia gipsu, wtedy do oprawki będziemy mogli wkręcić żarówkę i bezpiecznie włączyć ją do sieci elektrycznej. Bańka wkręconej żarówki nie powinna wystawać ponad górną krawędź puszki. W ten sposób wykonaliśmy podstawę lampy.

Następnie ostrożnie roztopiamy świece i uzyskaną parafinę wlewamy do butelki. Butelkę ustawiamy na puszcze stanowiącej podstawę lampy i włączamy żarówkę do sieci elektrycznej. Do butelki nalewamy wody, wypełniając nią około 0,6 objętości. Stopiona parafina powinna zacząć wypływać ku górze. Wtedy do butelki dolewamy powoli denaturatu, aż kulki stopionej parafiny zaczną opadać. Obserwujemy jeszcze przez pewien czas zachowanie się parafiny. Jeżeli jej obieg jest prawidłowy, to zakręcamy butelkę i mamy gotową lampę lawa. Gdyby kulki parafiny zbyt szybko opadały, nie wznosząc się do górnej powierzchni mieszaniny wody i denaturatu, wówczas dolewamy wody. Należy jednak uważać, żeby nie wypełnić mieszaniną całej objętości butelki, ponieważ po zakręceniu ogrzana ciecz będzie wyciekać lub butelka może pęknąć.

Na zakończenie warto dodać, że spotyka się również uproszczone wersje lampy lawa, w których nie zachodzi zjawisko topnienia i krzepnięcia. W lampach tych stosuje się dwie niemieszające się cieczy o różnych gęstościach i współczynnikach rozszerzalności objętościowej, np. alkohol benzylový i wodny roztwór soli kuchennej.



Rys. 2. Samodzielnie wykonana lampa lawa:

- 1 – puszka po konserwie,
- 2 – żarówka,
- 3 – oprawka żarówki,
- 4 – przewód dwużyłowy,
- 5 – gips,
- 6 – butelka szklana,
- 7 – parafina,
- 8 – mieszanina wody i denaturatu,
- 9 – nakrętka.