

# Uwaga! Słońce

Piotr ZALEWSKI

Słońce jest jak ostry nóż – bardzo przydatne, ale łatwo można zrobić sobie lub komuś krzywdę. Słońce ma zewnętrzną temperaturę kilku tysięcy kelwinów. Na szczęście, jest w odległości 150 milionów kilometrów. Wystarczy jednak promienie słoneczne odpowiednio skupić, żeby móc coś podgrzać do bardzo wysokiej temperatury.

Istniejące instalacje naukowe, z których jedną z największych jest piec słoneczny w Odeillo w Pirenejach francuskich, pozwalają na uzyskanie temperatur do czterech tysięcy stopni. Piec zbudowany jest z kilkudziesięciu płaskich, orientowanych paneli, które mogą kierować światło słoneczne na olbrzymie lustro paraboliczne równoległe do jego osi. W ognisku paraboli wstawia się próbkę. Uzyskiwaną temperaturę reguluje się za pomocą stopnia dostrojenia płaskich paneli.

Minimalną wersją takiego pieca jest soczewka skupiająca o średnicy kilku centymetrów, za pomocą której bez trudu można zapalić papier. W obydwu przypadkach, tak zwykłej soczewki, jak i wielkiego pieca słonecznego, ograniczeniem jest rozmiar urządzenia oraz kątowny rozmiar Słońca. Gdy ogniskujemy promienie słoneczne za pomocą soczewki, może się wydawać, że na umieszczonym w ognisku papierze widzimy punkt, który jest tylko trochę rozmyty z powodu niedoskonałości soczewki. W rzeczywistości jest to (owszem, nie całkiem ostry) obraz tarczy słonecznej.

Najsłynniejszą historią, związaną z wykorzystywaniem skupionych promieni słonecznych, jest rzekome używanie ich przez Archimedesesa podczas dwuletniego oblężenia Syrakuz przez Rzymian (214–212 przed Chrystusem) do podpalania okrętów wroga. Zachowane starożytne źródła nic o tym nie wspominają, za to relacjonują genialne użycie maszyn prostych przez obrońców. Pogłoski o zapalających zwierciadłach przewijają się od czasów antycznych, by w końcu znaleźć się wśród średniowiecznych opisów przewag Archimedesesa.

W przewagi te wierzone, wychodząc z założenia, że wystarczy skupić odpowiednio dużo promieni słonecznych, żeby uzyskać dowolnie wysoką temperaturę. W taki mniej więcej sposób wypowiedział się na ten temat<sup>†</sup>, na przykład, Roger Bacon w swoim *Opus Majus*.

Sytuacja zmieniła się drastycznie wraz z Kartezjuszem, który w wydanej w 1637 roku *Dioptryce* zwrócił uwagę, że skoro miara łukowa szerokości kątownej Słońca wynosi 1/100, to zwierciadło o takim stosunku średnicy do ogniskowej nie będzie bardziej efektywne niż bezpośrednie promieniowanie słoneczne. W takim razie podpalanie statków na odległość za pomocą zwierciadła należy między bajki włożyć.

Autorytet Kartezjusza stał się wkrótce tak silny, że mało kto próbował go podważać.

Jednym z tych, którzy spróbowali, był, współczesny Kartezjuszowi, jezuita Athanasius Kircher. Doświadczalnie sprawdził, że suma pięciu „zajęczków” w odległości 30 stóp grzeje „nie do wytrzymania”. Z tego doświadczenia wysnuł wniosek, że jeżeli ktoś chciałby coś podpałać na odległość za pomocą promieni słonecznych, to powinien użyć odpowiedniej liczby odpowiednio dużych płaskich luster. Następnie udał się na Sycylię, żeby się przekonać, jak duża mogła być odległość, z której Archimedes miałby podpałać

okręty. Z tej inspekcji wynikało, że odległość ta była rzędu 30 dwukroków (rzymskich *pace*), czyli około 50 metrów, co zmieniało istotnie sytuację, zmniejszając domniemaną odległość o rząd czy nawet dwa rzędy wielkości.

W międzyczasie zaczęto używać systemów luster, np. do pokazów topienia metali na odległość, choć nie tak wielką, żeby można uznać opowieść o Archimedesie za potencjalnie prawdziwą.

Przełomu dokonał Georges Louis Leclerc de Buffon. Przez prawie pół wieku był dyrektorem *Jardin du roi* w Paryżu. Przedkładał eksperyment nad teorię. Miał czas i pieniądze, żeby poświęcać się swoim pasjom. Jedną z nich było udowodnienie, że historia o archimedesowym palącym zwierciadle mogła być prawdziwa. Buffon rozumiał argument Kartezjusza o skończonych rozmiarach Słońca, ale wskazał błąd w jego wnioskach. Ilość energii (promieni), jaką można skupić za pomocą zwierciadła wklęsłego, jest zależna nie tylko od jego ogniskowej, ale również od jego wielkości. Natomiast prawdą jest, że przy dużych odległościach używanie lustra wklęsłego zamiast płaskiego niewiele pomaga. Należy użyć odpowiednio dużej liczby luster płaskich. Ich wielkość powinna być tak dobrana, żeby ich rozmiar kątowny, widziany z podpalanego statku, był mniejszy od rozmiarów kątownych Słońca.

10 kwietnia 1747 roku, po wielu dniach oczekiwania na odpowiednią pogodę, użył zaprojektowanego przez siebie układu 128 luster, o rozmiarach 8" × 6", do podpalenia kawałka drewna z odległości 150 stóp (czyli 50 metrów). Zapłon nastąpił natychmiast po skierowaniu na drewno zajęczka, który miał średnicę 16 cali. Później udało mu się to samo z odległości ponad 100 metrów.

Niestety, prawdopodobnie nigdy nie uda się ostatecznie rozstrzygnąć, czy *palące lustra* były przez Archimedesesa używane. Buffon napisał, że jego eksperyment dowodzi, iż nie było to niemożliwe.

W ostatnich kilkudziesięciu latach przeprowadzono kilka eksperymentów z „żołnierzami” kierującymi lustra na „statek” znajdujący się w odległości kilkudziesięciu metrów, konkludując, że choć można w ten sposób go podpałać, to jest to sposób bardzo niepraktyczny. W dodatku Syrakuzy leżą na wschodnim wybrzeżu Sycylii, co wydaje się ograniczać możliwość użycia takiej broni do przedpołudnia.

Możliwe, że Archimedes używał luster nie tyle do efektywnego podpalania okrętów, co w celu potęgowania paniki wywołanej przez inne jego wynalazki, które pozwoliły bronić Syrakuz, dopóki nie zostały one zdobyte podstępem. Równie prawdopodobne jest jednak, że skoro starożytni umieli posługiwać się wklęsłymi lustrami, to historia została po prostu przez kogoś dopisana do osiągnięć Archimedesesa, choć nigdy nie miała miejsca.

W każdym razie niewinne puszczenie zajęczków, odpowiednio skoordynowane, może stać się niebezpieczną bronią. Nie róbcie tego bezmyślnie.

<sup>†</sup> Wszystkie opinie są przytaczane na podstawie cytatów zamieszczonych w artykule: W.E. Knowles Middleton, *Archimedes, Kircher, Buffon, and the Burning-Mirrors*, Isis 52, nr 4 (grudzień 1961), 533–543, <http://www.jstor.org/stable/228646>