

## [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

[zapisz się](#)



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Felieton](#)

## Niezwykły nacisk światła



Przeszło 100 lat temu udowodniono, że światło wywiera ciśnienie na powierzchnię, którą oświetla. W XX w. inżynierowie musieli brać ten czynnik pod uwagę, projektując trajektorie sond kosmicznych. Jednak dopiero teraz, w XXI

**w., naukowcy zaczynają dostrzegać, jak wielkie możliwości otwiera przed nami zjawisko ciśnienia światła i jak można wykorzystać je w podboju kosmosu.**

## **Paweł Ziemnicki**

Już Johannes Kepler przewidywał, że wskutek oddziaływania światła słonecznego warkocze komet kierują się w stronę przeciwną do Słońca. Częściowo miał rację, bo obok światła przyczynia się do tego wiatr słoneczny, czyli strumień rozpędzonych cząstek emitowanych przez gwiazdę. W opublikowanej w 1865 r. powieści „Z Ziemi na Księżyc” Juliusz Verne prorokował, że w przyszłości światło może nam posłużyć do odbywania podróży międzyplanetarnych, a nawet międzygwiazdnych.

Fakt, iż światło wywiera ciśnienie na powierzchnię oświetlanego obiektu, przewidział już w latach 70. XIX w. James Clerk Maxwell. W 1900 r. jego hipotezę potwierdził eksperymentalnie rosyjski fizyk Piotr Lebediew, a także Ernest Nichols i Gordon Hull (w 1901 r.). Eksperyment Nicholisa i Hulla prowadzony w Dartmouth College musiał być przeprowadzony w warunkach możliwie zbliżonych do idealnej próżni, co w laboratoriach z początku XX w. nie było zadaniem łatwym. Chodziło o to, żeby wyeliminować ruchy oświetlanego wahadła wywołane jego nagrzewaniem i związanymi z tym przepływami cząsteczek gazu. W eksperymencie zastosowano wahadło torsyjne, czyli takie, które nie wychyla się cyklicznie na boki, lecz zamiast tego przekręca się o pewien kąt. Co więcej, dla wzmocnienia efektu powierzchnie łopatek wahadła zostały posrebrzone. Już Lebediew wykazał bowiem, że ciśnienie wywierane przez światło na jednostkę powierzchni doskonale światło odbijającej jest dwukrotnie większe niż w przypadku jednostki powierzchni doskonale światło absorbującej.

Ciśnienie światła słonecznego jest odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości oświetlanego obiektu od Słońca. Czyli im dalej od Słońca, tym owo ciśnienie staje się słabsze. W odległości, w jakiej nasza planeta okrąża gwiazdę centralną, nacisk wywierany przez światło na metr kwadratowy powierzchni idealnie światło odbijającej wynosi ledwie  $9,08 \mu\text{N}$  (mikroniutonów). Siłę tę można porównać do obciążenia wywieranego na stół przez trzy leżące na nim ziarenka maku (waga ziarenka maku to około 0,3 mg). Nic zatem dziwnego, że jak wskazują w klasycznym już podręczniku do fizyki David Halliday i Robert Resnick, światło słoneczne nie powala nas na ziemię, gdy rano odchylamy zasłony w oknie swojego pokoju.

W istocie ciśnienie światła słonecznego, odczuwane przez nas na powierzchni Ziemi, jest minimalne. Siły, z jakimi mamy tu do czynienia, takie jak tarcie czy opór powietrza, uniemożliwiają nam właściwie doświadczenie oddziaływania tego ciśnienia. Samo światło nigdy nie przepchnie ciężarówkę, wyposażonej nawet w ogromny słoneczny żagiel, gdyż opory ruchu będą na Ziemi zbyt duże. Co innego w przestrzeni kosmicznej. Tam oddziaływanie światła trzeba brać pod uwagę, a nawet można starać się je wykorzystać do realizacji misji międzyplanetarnych. Światło wywiera minimalny nacisk na każdą planetę, planetoidę czy statek kosmiczny w Układzie Słonecznym. Gdyby inżynierowie misji Viking pominęli ten czynnik w swoich obliczeniach, jeden ze słynnych próbników nie tylko nie wylądowałby na Marsie, lecz rozminąłby się w ogóle z orbitą tej planety w niebagatelnej odległości 15 tys. km!

**A może się przyda?**

Kiedy w latach 70. XX w. Vikingi zdobywały Czerwoną Planetę, wybitny amerykański astronom, popularyzator i wizjoner Carl Sagan już przewidywał przyszłe wykorzystanie światła. W 1976 r. w programie telewizyjnym Tonight Show, prowadzonym przez Johnny'ego Carsona, zaprezentował model żagla słonecznego, który mógłby napędzać sondy kosmiczne.

Na czym polega fenomen tego wynalazku? Otóż, chociaż siła wywierana przez światło słoneczne na żagiel jest minimalna, oddziałuje ona przez cały czas, kiedy tylko powierzchnia żagla pozostaje oświetlona. W dłuższym okresie obiekt kosmiczny napędzany tą metodą będzie przyspieszał, zgodnie z drugą zasadą dynamiki Newtona, i może z czasem osiągnąć naprawdę znaczną prędkość. Co więcej, biorąc pod uwagę, że nasze Słońce przetrwa jeszcze kilka miliardów lat, jego światło jest niejako darmowym źródłem napędu. Wykorzystujący je statek nie będzie musiał zabierać ze sobą w podróż kosmiczną ogromnej ilości paliwa z Ziemi. Wszak współcześnie to właśnie paliwo stanowi największy procent masy wystrzeliwanych statków kosmicznych.

Wszystko to sprawia, że obecnie, ponad 100 lat po eksperymentalnym potwierdzeniu istnienia ciśnienia światła i kilka dekad po proroczej zapowiedzi Carla Sagana, technologia żagla słonecznego zaczyna być wreszcie testowana w kosmosie. W roku 2010 w kierunku Wenus poszybowała japońska sonda IKAROS, potwierdzając przydatność tego rodzaju napędu w przestrzeni międzyplanetarnej. Podczas jej misji kontrolerzy lotu odnieśli jeszcze jeden istotny sukces. Wykazali, iż sterując samym żaglem, można modyfikować trajektorię próbnika bez konieczności włączania tradycyjnych silników.

Już kilka miesięcy później, w styczniu 2011 r., 10-metrowy żagiel słoneczny rozwinął na orbicie mały satelita NASA, NanoSail-D2, który następnie przez 8 miesięcy krążył wokół Ziemi, zanim spalił się w atmosferze. Natomiast w czerwcu br. z sukcesem rozłożył na orbicie swój mylarowy żagiel satelita LightSail-A, sponsorowany przez amerykańską organizację non profit The Planetary Society, dążącą do wcielenia w życie rewolucyjnej idei Carla Sagana, jednego z jej ojców założycieli.

To oczywiście wciąż dopiero początki. Trzeba podkreślić, że żagiel słoneczny daje możliwość żeglowania nie tylko w stronę przeciwną do Słońca, co w klasycznym żeglarstwie można by przyrównać do płynięcia kursem pełnym, czyli tzw. fordewindem, lecz także „kursami ostrymi” (czyli „nieco” pod wiatr, choć oczywiście nie bezpośrednio naprzeciw niemu). Odpowiednio wykorzystując ciśnienie światła i grawitację Słońca, można sprawić, że napędzany tą metodą statek będzie poruszał się pod różnymi kątami względem promieni słonecznych.

Przy odpowiednim użyciu żagla słonecznego satelita orbitujący wokół Słońca mógłby w prosty sposób przyspieszać i tym samym podwyższać swoją orbitę lub zwalniać, zacieśniając trajektorię. Ta druga możliwość ułatwiłaby np. wysyłanie sond kosmicznych do Wenus lub Merkurego. Wreszcie, dzięki takiemu żaglowi, statek kosmiczny mógłby stale krążyć nad biegunem Słońca w płaszczyźnie równoległej do słonecznego równika. To dałoby naukowcom unikatową szansę obserwacji bieguna naszej gwiazdy. To samo dotyczy satelity krążącego nad biegunem północnym lub południowym Ziemi, w płaszczyźnie równoległej do równika planety. Satelita stale pozostający na niebie nad biegunem mógłby rozwiązać problemy komunikacyjne, jakie spotyka się w okolicach biegunów przy korzystaniu z satelitów geostacjonarnych, które (z punktu widzenia osób znajdujących się za kołem podbiegunowym) są na niebie obecne skrajnie nisko nad horyzontem.

Zastosowanie żagli słonecznych może też w przyszłości być jednym ze sposobów radzenia sobie z kosmicznymi odpadami, coraz bardziej zaśmiecającymi orbity wokół Ziemi. Satelita, którego okres eksploatacji się zakończył, mógłby wypuszczać taki żagiel po to, by szybciej obniżyć swoją orbitę, wejść w atmosferę i spłonąć w kontrolowanych okolicznościach. Wyposażanie satelitów w żagle do przyszłej deorbitacji byłoby z pewnością tańsze niż obciążanie ich dodatkowym paliwem, które

dopiero pod koniec ich egzystencji miałyby im posłużyć do samobójczego wejścia w atmosferę z użyciem silników.

Samo ciśnienie światła słonecznego może wreszcie uchronić w przyszłości naszą planetę przed zderzeniem z planetoidą. Rozpad kosmicznego głazu w atmosferze nad Czelabińskiem w 2013 r. przypomniał nam, że kosmiczne obiekty uderzały, uderzają i będą uderzać w Ziemię. Pytanie, czy potrafimy się przed tym uchronić? W 2012 r. Sung Wook Paek, student Massachusetts Institute of Technology, wygrał zorganizowany przez Space Generation Advisory Council pod auspicjami ONZ konkurs pod hasłem: „Move an asteroid (...)”. Paek zasugerował, że jeśli odpowiednio wcześnie wykryjemy planetoidę na kursie kolizyjnym z Ziemią, wówczas powinniśmy wysłać ku niej statek kosmiczny, który niczym w grze w paintball ostrzela ją pociskami wypełnionymi białą farbą. W ten sposób uzyskalibyśmy podwójny efekt. Na kurs planetoidy wpłynęłyby nieco same uderzenia kulkami. Natomiast dzięki pokryciu białą farbą bryła zaczęłaby znacznie lepiej odbijać światło słoneczne. Odbijające się od niej fotony w ciągu następnych lat mogłyby zmodyfikować trajektorię planetoidy na tyle, by oddalić groźbę jej zderzenia z Ziemią. Paek obliczył, że gdybyśmy chcieli przykładowo zmienić tor lotu 300-metrowej planetoidy Apophis, która w 2029 r. przeleci blisko Ziemi, to do jej pomalowania musielibyśmy zużyć 5 t farby. Ażeby potem skutecznie zmienić jej trajektorię, fotony światła słonecznego musiałyby odbijać się od planetoidy przez okres do 20 lat, więc w tym przypadku byłoby już za późno na tego typu działania. Na szczęście obliczenia wskazują, że 13 kwietnia 2029 r. Apophis nie zbliży się do powierzchni Ziemi na mniej niż 31 300 km.

**Więcej w miesięczniku „Wiedza i Życie” nr [10/2015](#) »**

<http://laboratoria.net/felieton/24311.html>

**Informacje dnia:** [Migrena to choroba – można ją leczyć](#) [Jeżeli zranimy się przy powodzi, uwaga na tęczec I. Przychocka pełnomocnikiem ds. jakości kształcenia na studiach](#) [Będzie kolejna edycja maratonu programistów](#) [Przez dwa miesiące Ziemia będzie miała dwa księżyce](#) [Astma oskrzelowa popowodziową konsekwencją](#) [Migrena to choroba – można ją leczyć](#) [Jeżeli zranimy się przy powodzi, uwaga na tęczec I. Przychocka pełnomocnikiem ds. jakości kształcenia na studiach](#) [Będzie kolejna edycja maratonu programistów](#) [Przez dwa miesiące Ziemia będzie miała dwa księżyce](#) [Astma oskrzelowa popowodziową konsekwencją](#)

**Partnerzy**