

## Oliwa i fale

W książce Juliusza Verne załoga statku o nazwie Duncan, na którym dzieci kapitana Granta poszukują zaginionego ojca wpada w tarapaty podczas sztormu. Aby ukryć się w spokojnej zatoce muszą przebić się przez wzburzoną wodę w przesmyku dzielącym zatokę od morza. Możemy sobie wyobrazić, że tak jak w znanej żeglarskiej piosence: *białe grzywacze pokład w pianie topią, strach w oczy patrzy struchlałej załodze*. Wtedy kapitan statku wpada na wspaniały pomysł. Tu zacytu-  
jemy Juliusza Verne (w tłumaczeniu Izabeli Rogozińskiej, Nasza Księgarnia 1982):

*Czy istniał jakiś sposób, który mógłby złagodzić wściekłość piętrzących się wód, słowem - uspokoić morze. Oliwa! - zawołał. - Chłopczy wylać oliwę! Wylać oliwę!..... Przechylono beczułki i z ich wnętrza popłynęły strumienie oliwy. Tłuszcz błyskawicznie wygładził skłębioną powierzchnię morza. Duncan pomknął jak strzała po spokojnej toni i wkrótce znalazł się w cichej zatoce, z dala od piaszczystych ławic.*

Czy można uspokoić w ten sposób morze? To pytanie zadał na egzaminie magisterskim w Szkole Nauk Ścisłych Profesor Łukasz Turski. I trzeba rzec, że zabił nam tym pytaniem nie lada ćwieka. Spójrzmy na to z punktu widzenia energii fal. Otóż wał wody, groźny dla statku, o długości 20 metrów (przybliżona długość statku) wysokości 3 metrów i szerokości 3 metrów ma masę 180 ton. Czy można zatrzymać taką masę wody, która przesuwa się z prędkością 10 kilometrów na godzinę względem statku, za pomocą rozlanej oliwy? Aby powstrzymać taką masę wody należałoby jej odebrać energię. A energia kinetyczna takiego wału wodnego jest równa energii kinetycznej samochodu ciężarowego, o masie kilkunastu ton, jadącego z prędkością 130 km na godzinę. Patrząc na liczby wydało nam się, że marynarska tradycja lania oleju na wzburzone morze nie ma po prostu sensu ponieważ nie można w ten sposób uspokoić morza. Ale okazało się, że marynarska metoda ma swój głęboki sens, tylko że nie taki jak ten opisany w książce Juliusza Verne.

Zanalizujmy to zjawisko dokładniej. Uspokojenie morza oznacza wytłumienie fal na morzu wskutek rozproszenia ich energii. Wytłumienie fali oznacza, że jej amplituda (wysokość) zmniejsza się. Jeśli tłumienie (stosunek zmian energii fali w jednostce czasu do tej energii) jest duże, to w czasie jednego uniesienia fali do góry (okresu fali) jej amplituda zostanie silnie zmniejszona (n.p. kilka razy). Taka fala praktycznie nie powstanie, bo szybciej gaśnie, niż się tworzy. Mówimy w takim przypadku o fali przetłumionej.

Czas tłumienia fali o długości  $\lambda$  drgającej na powierzchni cieczy o gęstości  $\rho$  i lepkości  $\eta$  jest dany następującym wzorem:  $T \approx 0.0127(\rho\lambda^2)/\eta$ . Otóż zadajmy sobie następujące pytanie: Jakie fale można szybko wytłumić? Oczywiście te o najmniejszej długości, jak wynika ze wzoru. Popatrzymy ile czasu zajmie wytłumienie fali o długości 1 metra. Dla wody mamy  $\rho = 1g/cm^3$ ,  $\eta = 0.01g/(cm * s)$ . Po wstawieniu do wzoru dostaniemy czas tłumienia około kilku godzin. Tłumaczy to zjawisko martwej fali, polegające na tym, że po ustaniu wiatru (źródła fal) jeszcze przez kilka godzin a czasem nawet dłużej utrzymuje się na wodzie fala. Powodem jest to, że lepkość wody jest mała i stąd tłumienie jest słabe. Co daje polanie oliwą wody? Przede wszystkim zmianę współczynnika lepkości  $\eta$ . Dla oleju rzepakowego w temperaturze  $10^\circ C$  mamy  $\eta = 3.85g/(cm * s)$  czyli 385 razy większą lepkość niż dla wody. Oznacza to, że czas wytłumienia fali w oleju rzepakowym jest 385 razy krótszy niż w wodzie. Cienka warstwa oliwy na powierzchni wody nie jest w stanie wytłumić dużych fal w krótkim czasie, gdyż lepkość zmienia się tylko w warstwie powierzchniowej. Znakomicie i szybko (w ciągu sekund) natomiast tłumi fale o długości i amplitudzie od kilku milimetrów do kilku centymetrów. Oczywiście wzór na tłumienie jest słuszny i dla długich fal, ale te długie są tłumione zbyt wolno aby to zaobserwować w czasie gdy oliwa rozlewa się, tworząc coraz cieńszą warstwę, a wiatr nadal wieje i na nowo dostarcza falom energii.

Efekt tego szybkiego (w ciągu sekund) tłumienia fal krótkich jest następujący. Powierzchnia wody wokół statku nagle robi się gładsza. Woda już nie jest spieniona bo nie ma fal krótkich z których powstaje piana. Przy tworzeniu piany wiatr odgrywa taką rolę, jak energiczne bełtanie ręką wody z proszkiem do prania, albo dmuchanie przy zabawie w bańki mydlane. Jak wiadomo, znacznie łatwiej tworzyć bańki po dodaniu mydła (lub podobnej substancji). Dzieje się tak dlatego, że zmniejsza się wówczas napięcie powierzchniowe i proporcjonalnie mniej energii potrzeba do wytworzenia bańki o takim samym polu powierzchni. Tymczasem napięcie powierzchniowe wody pokrytej warstwą oleju zwiększa się. Tak więc nie dość, że krótkie fale zostają błyskawicznie wytłumione, to w dodatku nowa piana nie powstaje już tak łatwo. Za to z dala od statku, gdzie nie sięga oliwa, widać potężnie spienione, bryzgające pianą morze. Morze wokół statku nie zostało wcale uspokojone, gdyż duże i groźne fale nie straciły nic ze swego impetu, niemniej w oczach marynarza morze się uspokoiło po polaniu oliwą wody gdyż nagle blisko statku zniknęła biała piana. Przy braku piany nie ma kontrastu i wysokie, groźne fale są słabo widoczne na tle morza o tej samej barwie.

Rzekome uspokojenie morza miało niewątpliwie wielki wpływ na morale marynarzy i pewnie dlatego kapitanowie kazali lać oliwę na wodę w czasie sztormu. Wiadomo, że człowiek sparaliżowany strachem nie zrobi nic, nawet gdy los jachtu jest w jego rękach. I tak od fizyki doszliśmy do psychologii; no cóż nauka jest jedna.

**Robert Hołyst i Alina Ciach.**

**Instytut Chemii Fizycznej PAN**

*Podpis pod rysunkiem:*

Ilustracja ruchu cząsteczek wody w trakcie tworzenia się i ruchu fali (strzałkami zostały zaznaczone schematycznie prędkości cząsteczek). W dolinach fal cząsteczki wody średnio przesuwiają się w dół a na grzbietach do góry. Ruch w dół i do góry

jest "uporządkowany", ale cząsteczki również "chaotycznie" poruszają się na boki. Jeśli cząsteczka poruszająca się w danej chwili czasu do góry przeskoczy na "pas ruchu" cząsteczek poruszających się w dół to zderzając się z nimi spowolni ich ruch (podobnie jak to ma miejsce przy czołowym zderzeniu dwóch samochodów). Tak powstaje zjawisko lepkości i w konsekwencji tłumienie drgań fali. warto podkreślić, że fala na morzu ma tym większą amplitudę im ma większą długość fali. Dlatego też łatwiej tłumić fale o małej długości (a tym samym małej amplitudzie).