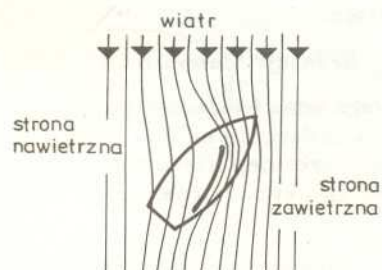


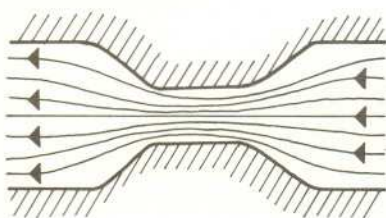
Żeglowanie pod wiatr



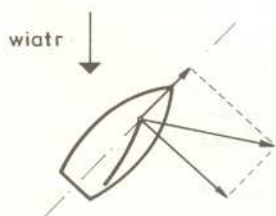
Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4

W *Delcie* 4/1992 Czytelnik znajdzie opis kilku ciekawych zjawisk dziejących się za sprawą prawa Bernoulliego.

Siłę wiatru wykorzystywano jako napęd silników podobno już 4 tysiące lat temu, lecz przez długie wieki umiano jedynie żeglować z wiatrem. Gdy wiatr wiał w kierunku przeciwnym niż wiodła trasa podróży, trzeba było czekać jego odmiany bądź siadać do wiosel.

Sztukę żeglowania pod wiatr opanowali ponoć Wikingowie już około X wieku, lecz niewiele pewnych informacji mamy w tej sprawie. Wiemy natomiast, że karawele, na których Kolumb wypłynął na podbój Nowego Świata 500 lat temu, przystosowane już były do żegluga pod wiatr. Ponieważ na karawelach, galeonach i innych starych żaglowcach znam się marnie, więc wyjaśnię, dlaczego taka żegluga jest możliwa na przykładzie niewielkiej współczesnej żaglówki, jak ta z rysunku 1. Od razu również wyjaśnię, że żeglowanie w kierunku dokładnie przeciwnym niż ten, z którego wieje wiatr, jest niemożliwe. Pisząc zaś o żegludze pod wiatr przyjmuję, że kąt między kierunkiem wiatru i kursem łodzi nie jest zerowy, lecz jedynie ostry.

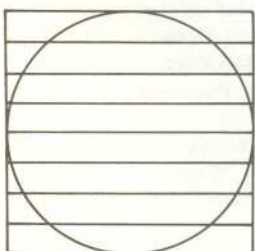
Ustawmy więc naszą łódkę i jej żagiel jak na rysunku 2. Widzimy, że gęstość linii wiatru owiewającego żagiel, a zatem i prędkość przepływu powietrza, jest większa po stronie zawietrznej niż nawietrznej. Jest to sytuacja bardzo podobna do pokazanej na rysunku 3, gdzie woda płynie przez rurę z przewężeniem. Aby w jednostce czasu taka sama ilość wody przepływała przez szeroki, jak i wąski fragment rury, woda w przewężeniu musi płynąć szybciej niż w miejscu szerokim.

Teraz musimy skorzystać z prawa Bernoulliego, które orzeka, że podczas przepływu stacjonarnego, tzn. nie podlegającego zmianom w czasie

$$(*) \quad \rho \frac{v^2}{2} + p = \text{const},$$

gdzie v jest prędkością przepływu, p ciśnieniem, a ρ gęstością przepływającej cieczy bądź gazu. Prawo Bernoulliego wyrażające w istocie zasadę zachowania energii można również sformułować następująco: podczas przepływu stacjonarnego zmiana energii kinetycznej elementu cieczy równa jest pracy sił zewnętrznych nad tym elementem. Wspomniane dwie wielkości są reprezentowane odpowiednio przez pierwszy i drugi człon w równaniu (*), co widać lepiej, jeśli pomnożymy obie strony równania przez objętość. Ze wzoru (*) widać, że dzięki różnicy prędkości przepływu ciśnienie po stronie zawietrznej żagla jest niższe niż po nawietrznej. Należy tutaj zaznaczyć, że w obszarze zmian ciśnień, z jakimi mamy tutaj do czynienia, powietrze można traktować jako gaz nieściśliwy, tzn. taki, którego gęstość ρ nie ulega zmianom. Ze względu na różnicę ciśnień na łódkę działa wypadkowa siła, zwana aerodynamiczną, zaznaczona na rysunku 4. Siłę tę rozkładamy na składową podłużną, która napędza naszą łódkę, i poprzeczną, która jest kompensowana przez siłę bocznego oporu łodzi. Duży boczny opór uzyskuje się w małych łódkach przez umieszczenie pod kadłubem łodzi, wzdłuż jej osi symetrii, (patrz rys. 1), sporych rozmiarów blachy nazywanej mieczem. Tak więc miecz zapobiega przesuwaniu łodzi w bok, a podłużna składowa siły aerodynamicznej gna nas do przodu. Proste, co? A Kolumb o tym nie wiedział.

Stanisław MRÓWCZYŃSKI



Kto to rozwiąże?

Niech n będzie ustaloną liczbą naturalną. Za pomocą n pasków o wymiarach $\frac{1}{n} \times 1$ możemy bez trudu pokryć koło o średnicy 1 (rys.). Wydaje się, że nie można pokryć tego koła za pomocą mniejszej liczby pasków o podanych wymiarach. Czy można to w prosty sposób udowodnić? Czekamy na rozwiązania. Najciekawsze wydrukujemy.

Redakcja