



Archimedes z Syrakuz
(Αρχιμήδης) ok. 287–212 p.n.e.

Tadeusz Wibig

Może nie był największym fizykiem starożytności, jego prace nie zaznaczyły się w dziejach ludzkości tak, jak pomnikowe dzieła Arystotelesa, jego teorie nie miały tej ponadczasowej wagi, jak wizje Demokryta czy Heraklita, ale z punktu widzenia ucznia pierwszych klas szkoły gimnazjalnej, to on właśnie jest najważniejszym fizykiem odległej przeszłości. A wszystko to przez formułkę znaną powszechnie pod nazwą „**prawo Archimedesa**”, jaką zawierają chyba wszystkie podręczniki fizyki już na samym początku procesu edukacyjnego.

Wszyscy uczyliśmy się jej na pamięć i niektórzy znają ją lepiej, czy gorzej do późnej starości. Być

Prawo wyporu

może zapada nam ona w pamięć dzięki opowieści o tym, jak to odkrywszy swe prawo w kąpielni Archimedes wyskoczył z wanny i goły biegł po Syrakuzach wykrzykując „Eureka!” („*Εὕρηκα!*” w oryginale).

Niektórzy pamiętają być może też historię ostatnich chwil Archimedesa, gdy zaczepiony przez rzymskiego

ków. I tak było prawo Archimedesa dla ciał lżejszych od wody pływających po niej: *Stwierdzenie 4* mówiło, że będą one pływać i trochę ich z wody wystawać będzie, a *Stwierdzenie 5* to uszczegóławiało: tyle wystawać go będzie, aby wyparta przezeń woda ważyła dokładnie tyle, ile waży ciało.

Na każde ciało zanurzone w cieczy działa skierowana do góry siła wyporu równa co do wartości ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało.

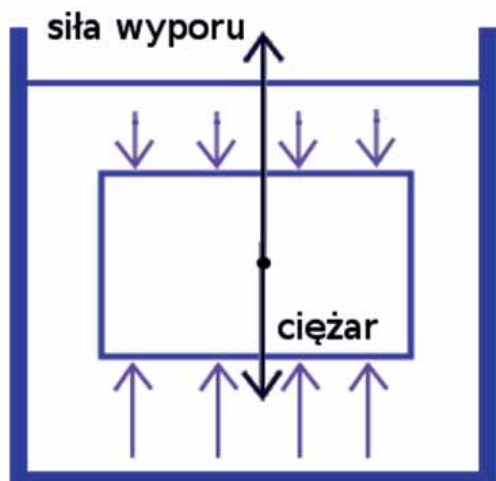
żołnierza podczas kreślenia geometrycznych figur na piasku, w ostatnich słowach, przeбитo już definitywnie rzymskim mieczem, nalegał, aby jego oprawca nie ruszał jego kół („*Nōlī turbāre circulōs meōs!*” – w oryginale).

Oczywiście obie te anegdoty, to anegdoty tylko i prawda mogła być nie aż tak spektakularna. W ogóle o Archimedesie nie wiemy prawie nic. Uchowało się jedynie siedem jego dzieł, z czego tylko jedno (w dwóch częściach co prawda) poświęcone było pływaniu ciał.

W postaci takiej, jak podaliśmy wyżej, Archimedes nie sformułował swojego prawa nigdy. Zamiast tego podał kilka szczegółowych praw (*Stwierdzeń*, jak sam je nazywał) dotyczących szczególnych przypad-

Stwierdzenie 6 mówiło, że jeśli takie ciało siłą zanurzać pod wodę, to będzie ono wypychane w górę siłą równą różnicy ciężaru wypartej wody i ciężaru ciała. Co do ciał cięższych od wody Archimedes mówił w *Stwierdzeniu 7*, że wrzucone do wody opadną na dno, a gdyby je zważyć w wodzie, ich waga będzie mniejsza o ciężar wypieranej przezeń wody. W *Stwierdzeniu 3* załatwiał problem ciał, które ważą tyle co woda, stwierdzając, że wrzucone do wody będą w niej pływały nie wystając z niej, ani nie opadając na dno.

Pozostałe kwestie poruszane przez Archimedesa w jego dziele „*O ciałach pływających*” dotyczą innych kwestii szczegółowych, które nie weszły do podręczników szkolnych i nie będziemy się nimi tu zajmować.



Nauka o pływaniu ciał Archimedesesa dziś uzupełniana jest o prawo Pascala sformułowane mniej więcej 2000 lat później. Nie wnikając w szczegóły, siła wyporu bierze się stąd, że nacisk wywierany od dołu przez ciecz na znajdujące się w niej ciało jest większy niż nacisk wywierany na to samo ciało z góry, co widać na rysunku z lewej. Wydaje się to tak proste, że aż wstyd o tym pisać. Ale zastanówmy się przez chwilę, czy aby na pewno *na każde ciało zanurzone w cieczy działa skierowana do góry siła wyporu równa co do wartości ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało*? A gdyby tak w dnie akwarium

z wodą zrobić otwór tak, jak pokazuje to rysunek z prawej.

Weźmy teraz przedmiot, który na rysunku lewym był wypychany do góry (zgodnie ze *Stwierdzeniem 6* Archimedesesa) i umieścimy go na dnie pustego naczynia tak, aby dokładnie zakrywał dziurę. Jeśli teraz nalejmy wodę tak, by zakryła leżące na dnie ciało, co dzieć się będzie z siłami na nie działającymi? Czy na tak zanurzone *w cieczy ciało działa skierowana do góry siła wyporu równa co do wartości ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało*? Formułka mówi, że tak. Gdyby zapytać Pascala, no to chyba jednak nie.

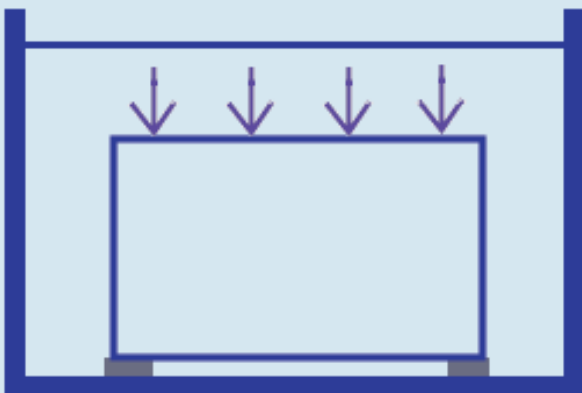
A co na to Archimedes? Przeczytawszy dokładnie jego *stwierdzenia*, musimy przyznać, że był on sprytniejszy od przeciętnego autora podręcznika do gimnazjum. Nie mówi on, że KAŻDE ciało zanurzone w cieczy traci coś tam na ciężarze. W *Stwierdzeniu 6*, jeśli przeczytamy je ze zrozumieniem, stoi napisane, że *„jeśli lekkie ciało próbować siłą umieścić pod wodą, to będzie ono wypychane w górę...”*, czyli mowa jest o przypadku z rysunku lewego. O sytuacji pokazanej na prawym rysunku Archimedes nie wypowiadał się w ogóle. Był człowiekiem praktycznym i patologicznie przypadki, jak dziurawe akwarium, nie interesowały go specjalnie.

Doświadczenie domowe:

Prawo Archimedesesa – siła wyporu

A. Potrzebne materiały

1. Akwarium lub inne naczynie o płaskim i gładkim dnie.
2. Klocek drewniany (wymiary np. $\sim 2 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$).
3. Kawatek gładkiej gumy lub miękkiego PCV o grubości kilku milimetrów i o rozmiarach większych niż *ścianka klocka* ($5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$).
4. Klej do klejenia gumy i drewna (butapren).
5. Woda.



B. Narzędzia – nożyczki lub nóż (do przycinania gumy).

C. Kolejność czynności.

1. Wycinamy z gumy kawałek w kształcie podstawy klocka ($5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$).
2. W kawałku tym wycinamy w środku otwór o rozmiarach mniej więcej ($4 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$).
3. Przyklejamy gumę do klocka i zostawiamy

na gładkiej powierzchni, by się dobrze przykleiło.

4. Umieszczamy klocek na dnie akwarium.
5. Przyciskając klocek do dna akwarium powoli i ostrożnie, acz szybko wlewamy wodę.
6. Jeśli woda przykryje klocek warstwą grubości kilkunastu centymetrów i większe turbulencje ustaną, możemy przestać już przytrzymywać go na dnie.

Drewniany klocek, który jest przecież od wody lżejszy pozostaje na dnie akwarium, mimo iż nic go tam nie trzyma.

7. Ponieważ większość powierzchni „w realu” nie jest idealna, woda będzie się jednak przesączała powoli pod klocek do wykonanego wycięcia i po niedługim czasie klocek wypłynie na powierzchnię – jak powiedział Archimedes.
8. Gdyby ktoś miał odpowiednie przyrządy pomiarowe (siłomierz) i umiejętności eksperymentalne, mógłby dokonać bardzo ciekawych obserwacji wyznaczając wielkość siły potrzebnej do oderwania klocka od dna akwarium, w zależności od poziomu wody wlanej do akwarium. Okazuje się, że wypadkowa siła działająca na leżący na dnie klocek rośnie, im wody nad nim jest więcej (nietrudno to zrozumieć, a można też to dokładnie policzyć). Gdyby zgodnie ze szkolną formułą potraktować ją jako wypadkową ciężaru klocka i siły wyporu, to wyszłoby na to, że taka „siła wyporu” skierowana jest w dół.