

Dlaczego samolot lata? (II)

Obrazki są na ostatniej stronie okładki.

– Adam, czytałeś wrześnieją „Małą Deltę”? – zagadnął mnie na przerwie Bolek.

– Tę o papierowych samolotach?

– Tak. Pamiętasz ten kawałek o tunelu hydrodynamicznym? Zrobiłem taki tunel i nawet udało mi się sfotografować przepływy. Zobacz.

– Super. Pokaż to naszemu fizykowi.

– Wiesz, dzięki temu tunelowi wreszcie zrozumiałem, dlaczego samolot lata.

– Bolek, po co ci do tego tunel? Przecież tam było wyjaśnione, że siła nośna to nic innego, jak siła oporu powietrza. Samolot leci z nieco pochylonym skrzydłem i naciska na powietrze, które z taką samą siłą musi działać na skrzydło.

– Tak to może latają samoloty z papieru, a prawdziwe zupełnie inaczej. Popatrz na to zdjęcie. Strugi za skrzydłem odchylane są w dół. Skrzydło odrzuca powietrze, podobnie jak rakietę spaliny. A z zasady zachowania pędu wynika, że jak powietrze leci w dół, to samolot do góry.

– No a jak leci poziomo?

– To wszystko jedno. Przyrost pędu równa się popędowi siły. W rakiemie też tak możesz dobrać ciąg, żeby nieruchomo zawisła. Pamiętasz ten kawałek o napędzie odrzutowym we wcześniejszym numerze? Niby nie ma nic wspólnego, ale ja ich z tej „Deltę” już znam. Jak taki kawałek wsadzili, to coś w tym musiało być.

– Bolek, ty się zastanów – wtrącił Czarek – przecież powietrze to jest PLYN, a nie odbijające się od skrzydła kulki. Chyba obaj przegapiliście najważniejszą część artykułu – tę o związku ciśnienia z prędkością. Samolot lata dlatego, że powietrze nad skrzydłem ma większą prędkość – a więc mniejsze ciśnienie, niż pod skrzydłem. To właśnie ta różnica ciśnień unosi samolot.

– Ale dlaczego prędkość nad skrzydłem ma być większa? – spytałem.

– Bo u góry skrzydło jest wypukłe. Powietrze ma dłuższą drogę do pokonania, więc musi poruszać się szybciej.

– Bzdury pleciesz – przerwał Bolek. – Włóż do rzeki zwinięty w pętlę wąż. Czy przez niego woda będzie płynęła z większą prędkością niż w rzece tylko dlatego, że ma dłuższą drogę?

– Już wiem! – coś mi błysnęło w głowie. – Nad skrzydłem powietrze porusza się szybciej, bo jest ciągnięte przez niższe ciśnienie.

– Coś mi się zdaje, że wymyśliłeś *perpetuum mobile* – znów skrzytykował Bolek. – Nad skrzydłem jest niższe ciśnienie, bo powietrze porusza się szybciej, a porusza się szybciej, bo jest niższe ciśnienie. To tak jak z tym magnesem wysuniętym na kij. Samolot będzie się poruszał, bo będzie przyciągany przez magnes, a magnes będzie się poruszał, bo jest przymocowany do samolotu.

– Ale gdyby zamiast samolotu usiąść na osle i, zamiast magnesu, do kija uwiązać marchewkę – to zadziała – podkpiwał Czarek.

– Zadziała, bo marchewka przyciąga osła, a osioł marchewki nie. Trzecia zasada dynamiki Newtona dotyczy tylko sił fizycznych, a przyciąganie marchewki jest siłą psychiczną – wyjaśnił uczenie Bolek.

– To może i samoloty latają dzięki sile psychicznej?

– do dyskusji włączył się Darek. – A drugi pilot potrzebny jest na wypadek, gdyby pierwszy miał chwilę zwątpienia? Osiołki moje – jak chcecie, to wam powiem, dlaczego NAPRAWDĘ samolot lata.

– No to powiedz, jak jesteś taki mądry.

– Samolot lata dzięki sile nośnej, która wywołana jest cyrkulacją powietrza wokół skrzydła – wyrecytował dumnie.

– Chyba ci się pokręciło z helikopterem – odparłem.

– Nic mi się nie pokręciło. Tak jest napisane w podręczniku aerodynamiki.

– On się znowu naoglądał obrazków w książkach starszego brata – pospieszył z wyjaśnieniem Czarek.

– Dobra, ale co to jest ta cyrkulacja i skąd się bierze? – spytał rzeczowo Bolek.

– Cyrkulacja to ruch okrężny powietrza. A bierze się z rozwiązania równań tak skomplikowanych, że nie macie pojęcia.

– Dobra, dobra. Równania mogą być trudne, ale jakiś sens fizyczny muszą mieć – próbowałem drażnić.

– Ja chyba nigdy nie polecę samolotem – wtrąciła Magda – skoro nikt nie wie, dlaczego on tak naprawdę lata.

W tym momencie zadzwonił dzwonek na lekcję fizyki.

– Panie psorze, Bolek zrobił świetny tunel aero-, to znaczy hydro-dynamiczny i nawet ma zdjęcia różnych przepływów!

– Pokaż, proszę. No, no! Praca na szóstkę. To teraz już wiesz, dlaczego samolot lata?

– Noo... , ja chyba wiem – bąknął niewyraźnie Bolek – ale Adam, Czarek i Darek twierdzą, że się mylę.

- A oni wiedzą?
 - Uważają, że tak, ale ja się z nimi nie zgadzam.
 - Tak naprawdę to każdy z nas ma swoją teorię – powiedziałem.
 - No proszę, cztery pomysły na latanie – to prawie jak Cyrano de Bergerac! – roześmiał się profesor – Opowiedzcie mi, proszę.
- Przedstawiliśmy więc nasze argumenty i z niepokojem czekaliśmy na werdykt profesora.
- A więc rację ma... – profesor na chwilę zawiesił głos
 - każdy z was i żaden jednocześnie.
- Popatrzyliśmy po sobie i, jedyne co było pewne, to to, że każdy z nas miał głupią minę.
- Podane przez was wyjaśnienia wzajemnie się uzupełniają. Choć każde jest poprawne, to – traktowane jako JEDYNE – może prowadzić do błędnych wniosków.
- Zacznijmy od Adama. Rzeczywiście – opór, czyli siła reakcji powietrza na siłę, z jaką nachylone w stosunku do kierunku ruchu samolotu skrzydło oddziałuje na powietrze, ma składową prostopadłą do tego kierunku – siłę nośną. Nie znaczy to jednak, że skrzydło odbija powietrze w dół jak rakietę tenisową piłki.
- Mówiłem, że Bolek nie ma racji! – nie wytrzymał Czarek.
 - Wprost przeciwnie. Bolek ma rację, bo nie tylko odwołał się do prawa zachowania, ale jeszcze sprawdził to doświadczalnie. W trakcie opływania skrzydła płyn nabiera składowej prostopadłej do kierunku ruchu samolotu. Z zasad dynamiki wynika, że jeżeli by tej składowej nie było, to siła nośna musiałaby być zerowa. Dodatkowo zdjęcia Bolka pokazują, że płyn rozpędza się i nabiera tej składowej głównie opływając skrzydło po stronie górnej.
 - Ale nie tłumaczy dlaczego – nie ustępował Czarek.
 - Twoje wyjaśnienie też nie – odparował Bolek.
 - Pochylone skrzydło „zgniata” powietrze przed (pod) sobą i rozciąga za (nad) sobą wytwarzając odpowiednio nad- i podciśnienie.
 - Czyli to ja miałem rację, a nie Czarek – ucieszyłem się – to różnica ciśnień powoduje wzrost prędkości nad skrzydłem, a nie na odwrot!
 - Obaj macie rację. To, o czym mówicie, to dwa aspekty tego samego prawa Bernoulliego, które nie jest niczym innym, jak konsekwencją zasady zachowania energii i zachowania masy. Jeżeli przepływ jest ustalony, a początkowo (przed samolotem) był jednorodny, to suma energii związanej z ruchem chaotycznym (ciśnienie statyczne) i uporządkowanym

(ciśnienie dynamiczne związane z prędkością) jest wszędzie taka sama. Tam, gdzie powietrze „musi” poruszać się z większą prędkością, tworzy się podciśnienie. Korzystając z wyjaśnienia Czarka należy tylko pamiętać, że to NIE „różnica dróg” powoduje różnicę prędkości. Objętości powietrza, rozdzielające się przed skrzydłem, wcale nie muszą spotkać się (i na ogół nie spotykają się) za skrzydłem.

- To dlaczego powietrze przeciska się nad skrzydłem, a nie pod skrzydłem?
- Pewien mędrzec, zapytany dlaczego zawsze odpowiada pytaniem na pytanie, odpowiedział „A czemu nie?”. Jeżeli ułożenie profilu nie jest symetryczne, to nie ma powodu, żeby prędkości pod i nad nim były jednakowe. Choć każdy profil można ustawić tak, aby wypadkowe prędkości były równe, to każde odchylenie spowoduje różnicę prędkości, lub równoważnie – odrzucanie powietrza za skrzydłem w dół lub w górę (spoilery samochodów wyścigowych).
- No, a co z tą cyrkulacją Darka?
- Otóż, jeśli rozwiążemy równania opisujące przepływ powietrza wokół skrzydła, to otrzymamy dwa szczególne rozwiązania. Jedno to dość jednostajny przepływ bez różnicy prędkości między górą i dołem, drugie to właśnie cyrkulacja wokół skrzydła. Każde inne rozwiązanie jest sumą tych dwóch, wziętych w odpowiednich proporcjach. Przepływ jednostajny nie daje siły nośnej. Jeżeli jednak dodamy do niego trochę cyrkulacji, to prędkości na górze dodadzą się, a na dole odejmą, co da nam naszą upragnioną różnicę.
- Genialne! Ale dlaczego przyroda wybiera właśnie takie, a nie inne rozwiązania?
- To wynika z warunków brzegowych. Kiedy samolot rozpoczyna ruch po pasie startowym, mamy jedynie przepływ jednostajny. Ale ostry kąt oderwania się powietrza natychmiast powoduje powstanie wiru i tak rozpoczyna się cyrkulacja.
- To już chyba wiem dlaczego skrzydło ma właśnie taki leżkowaty kształt. Zaokrąglony przód ułatwia przedostawanie się powietrza nad skrzydło, a wyostrenie tyłu utrudnia krążenie powietrza w odwrotną stronę, kierując strugi powietrza w dół.
- A nie mówiłem, że to właśnie dzięki cyrkulacji samolot lata? – podkreślił Darek. – W obliczeniach zastępuje się profil skrzydła obracającym się walcem, bo przecież to lepkość powietrza... .
- Wiesz – przerwała mu Magda – ty rzeczywiście masz coś z Cyrana de Bergeraca. Zadarty nos! Musisz uważać, żeby nie wytworzył za dużej cyrkulacji, bo pofruniesz!

Grzegorz WROCHNA, Piotr ZALEWSKI