

4.72. Szampan w tunelu

W listopadzie 1827 r. tunel pod Tamizą w Londynie został zakończony, ważne osobistości zeszły do tunelu na uroczyste otwarcie. Ponieważ tunel był podczas budowy trzymany pod ciśnieniem (pomagało to zatrzymać pod rzeką wodę w ziemi), dygnitarze najpierw weszli do śluzy powietrznej, gdzie ciśnienie było powoli zwiększane, aż wyrównało się z ciśnieniem panującym w tunelu. Wewnątrz tunelu dostojnicy wnieśli toast na cześć projektu szampanem, ale szampan był rozczarowująco bez gazu (po otwarciu butelek nie robiły się bąbelki). Ale uroczystości trwały, a po zakończeniu dygnitarze powrócili na powierzchnię, ponownie używając śluzy.

Gdy ciśnienie powietrza w śluzie spadło do normalnego (zewnętrznego) ciśnienia, uczestnicy uroczystości odczuli duży dyskomfort, a jeden z nich musiał nawet wrócić do śluzy, gdzie został z powrotem poddany działaniu wysokiego ciśnienia. Co poszło nie tak?

Odpowiedź Dwutlenek węgla rozpuszczony w szampanie wychodzi z roztworu, tworząc bąbelki (pianę), gdy otworzy się butelkę. Przed otwarciem zawartość jest pod znacznym ciśnieniem, a para dwutlenku węgla na górze butelki jest w równowadze z dwutlenkiem węgla w roztworze. Oznacza to, że średnio liczba cząsteczka dwutlenku węgla wychodząca z roztworu do pary gazu jest równa liczbie cząsteczek dwutlenku węgla przechodzących z pary do roztworu. Jednakże gdy tylko butelka zostanie otwarta, ciśnienie pary dwutlenku węgla zostanie zredukowane i na pewien czas dwutlenek węgla nie jest w stanie równowagi. Oznacza to, że znacznie więcej dwutlenku węgla opuszcza roztwór, niż do niego powraca. Oczywiście powoduje to przepływ pęcherzyków, które zbudowane są z dwutlenku węgla, chwilowo otoczonego warstwą cieczy.

Tak zazwyczaj się dzieje, ale w sprężonym powietrzu tunelu ciśnienie było na tyle duże, że pęcherzyki nie powstały. Tak więc większość dwutlenku węgla pozostała w roztworze. Kiedy dygnitarze wypili szampana, spożyli również dużą ilość rozpuszczonego dwutlenku węgla. Gdy wyszli ze śluzy na powierzchnię, gdzie ciśnienie było niższe, rozpuszczony dwutlenek węgla nagle mógł wyjść z roztworu, zaczął wypełniać różne narządów wewnętrzne, powodując (w najlepszym

przypadku) czkawkę i (w najgorszym przypadku) wzdęcie żołądka i pęcherza.

Do niedawna pracownicy budowlani musieli pracować pod wysokim ciśnieniem, budując tunele pod rzekami i zatokami. Gdy robotnicy kończyli pracę i wracali na powierzchnię, musieli przejść harmonogram dekompresji, podobnie jak nurkowie głębinowi. Problem polega na tym, że gdy oddycha się w powietrzu o wysokim ciśnieniu, cząsteczki azotu z powietrza przechodzą do krwioobiegu. Gdy pracownik wychodzi z części tunelu z wysokim ciśnieniem, zmniejszone ciśnienie w ciele i w płucach powoduje, że rozpuszczony we krwi azot tworzy pęcherzyki. Pęcherzyki przemieszczają się wraz z płynącą krwią, zbierają się w „grudki”, jeśli przemieszczają się w większych żyłach (do serca), lub zaciskają i blokują przepływ krwi, jeśli przemieszczają się w mniejszych tętnicach (od serca). Tak czy inaczej, efektem może być ogromny ból, długotrwała niepełnosprawność, a nawet śmierć.

W dzisiejszych czasach tunele są budowane za pomocą maszyn wiertniczych, które są prowadzone zdalnie, a pracownicy wchodzą do wysokociśnieniowej części tunelu znacznie rzadziej. (W niektórych przypadkach tunele nie są już wiercone, ale są zbudowane z prefabrykowanych segmentów, które są spuszczone na dno koryta rzeki, a następnie łączone ze sobą).

KRÓTKA HISTORIA

4.73. Uwięziona w butelce

Młoda dziewczyna, zdeterminowana wypić reszkę pitnej czekolady, która przyłgnęła do wnętrza butelki, wepchnęła język do butelki, a następnie wciągała mocno powietrze, żeby czekolada spłynęła prosto do jej ust. Jej język utknął, bo wciągając powietrze zmniejszyła ciśnienie wewnątrz butelki. Albo wysssała trochę powietrza przy wdechnaniu, albo wypchnęła trochę powietrza językiem, gdy wkładała go do butelki. Tak czy inaczej, różnica ciśnień między wewnętrznym powietrzem a powietrzem zewnętrznym spowodowała, że nie mogła wyciągnąć języka z butelki. Nie udało się to również pracownikom pogotowia ratunkowego. Dopiero gdy przyjechał szklarz z profesjonalnym sprzętem do krojenia szkła, udało się oswobodzić dziewczynę.

4.74. Zimowe burze

Dlaczego zimą burze, a więc grzmoty i błyskawice, są mniej prawdopodobne niż w okresie letnim?

Odpowiedź Pioruny powstają, gdy dolna część atmosfery jest niestabilna, to znaczy gdy partie ciepłego powietrza unoszą się szybko z powodu siły wyporu (są mniej gęste niż chłodniejsze powietrze). Tak jest, w przypadku gdy temperatura powietrza gwałtownie maleje z wysokością – partie gorącego powietrza nad powierzchnią ziemi są popychane do góry w chłodniejsze warstwy powietrza.

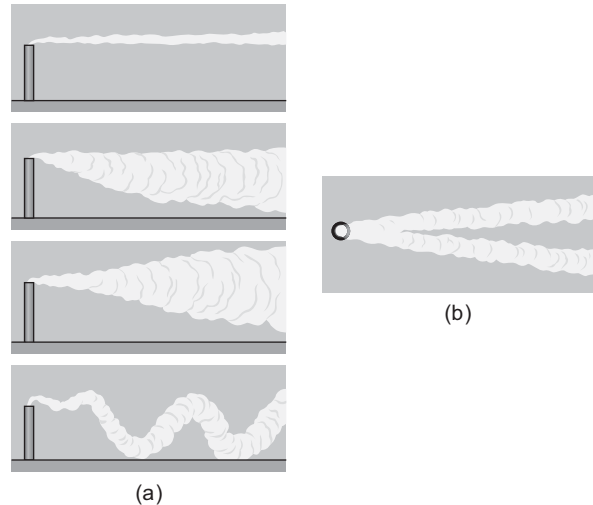
Jednak gdy powietrze zawiera parę wodną, zmiana temperatury z wysokością nie musi być bardzo duża. Powodem jest to, że gdy powietrze się wznosi, część zawartej w nim pary wodnej może się skraplać. Ta przemiana pary w ciecz uwalnia dużą ilość energii cieplnej, co powoduje, że powietrze się ogrzewa. W ten sposób zwiększa się siła wyporu działająca na partię powietrza i unosi się ona szybciej. Wpływa to na stan niestabilności atmosfery i możliwości wystąpienia burzy.

W warunkach zimowych spadek temperatury wraz z wysokością jest zazwyczaj stopniowy, a warstwy powietrza w pobliżu gruntu są zbyt chłodne, aby mogły zawierać dużo pary wodnej. Szybkie unoszenie powietrza jest mało prawdopodobne, powietrze jest zbyt stabilne, aby doszło do powstania burzy. Mimo to zdarzyło mi się słyszeć grzmot podczas burzy śnieżnej.

4.75. Dym z komina

Gdy wieje porywisty wiatr, może rozwiewać dym lub parę wylatującą z komina, tworząc chaotyczną, ciągle zmieniającą się smugę. Ale co się dzieje, gdy wiatr jest równomierny, zarówno w czasie, jak i w wysokości? Czy dym nie powinien unosić się po skosie, stopniowo się rozszerzając? To dziwne, ale tak nie jest. Smuga dymu będzie tworzyć jeden ze wzorów przedstawionych na rys. 4.11a. Skąd biorą się takie kształty? Dlaczego niektóre słupy dymu zagięte przez wiatr rozdzielają się na dwie smugi (rys. 4.11b)?

W bezwietrzny dzień słup dymu zazwyczaj unosi się i rozszerza w poziomie tworząc wąską pionową literkę V. Dlaczego z niektórych kominów unosi się dym, który najpierw się zwęża, a dopiero potem rozszerza?



Rysunek 4.11. (a) Dym z wysokiego komina w stałym poziomym wietrze. (b) Widok z góry na dym, który się rozdziela

Odpowiedź W niektórych przemysłowych kominach gaz jest wypychany w górę w taki sposób, żeby zarówno gaz, jak i dym rozchodzący się z gazem nie powracały na powierzchnię ziemi, osadzając się i tworząc zanieczyszczenia. Dalsze unoszenie się gazu następuje tylko wtedy, gdy gaz jest cieplejszy niż otaczające go powietrze. Różnica temperatur wytwarza siłę wyporu, która wypycha gaz w górę. W innych kominach, w tym w domowych kominach, gaz nie jest wypuszczany mechanicznie, a jego wznoszenie się zależy całkowicie od siły wyporu.

Nawet jeśli gaz jest początkowo cieplejszy niż powietrze, może nie być w stanie się wznieść, ponieważ wzrost wysokości mógłby ochłodzić gaz. Chłodzenie jest spowodowane spadkiem ciśnienia powietrza wraz z wysokością. W miarę jak partia gazu wznosi się, jej ciśnienie spada i gaz się rozpręża. Energia potrzebna do rozprężania pochodzi głównie z przypadkowych ruchów cząsteczek gazu – gdy spowalniają one i tracą energię, temperatura gazu maleje. Jeśli temperatura gazu spada poniżej temperatury powietrza, na gaz działa *ujemna siła wyporu* i gaz opada.

Wznoszenie się gazu zależy również od ilości zawartej w nim wody. Jeśli gaz się ochładza do temperatury, w której para wodna się skrapla, przemiana pary w ciecz uwalnia energię, która pomaga ocieplić gaz, nawet jeśli gaz się rozpręża. Podobnie trzeba rozważyć opadanie gazu. W takim przypadku zwiększone ciśnienie powietrza powoduje sprężenie i ocieplenie gazu. Jeśli gaz ma dalej opadać, musi pozostać chłodniejszy niż otaczające powietrze.