

**Od redakcji:** W ubiegłym roku redakcja „Fizyki w Szkole” ogłosiła konkurs pod tytułem „Lekcja na całe życie”. Postawiono przed uczestnikami następujące zagadnienie. Załóżmy, że nauczyciel ma do dyspozycji, zamiast jak obecnie kilku godzin w tygodniu przez kilka lat, zaledwie jedną czterdziestopięciominutową lekcję. W tym czasie musi przedstawić jak najwięcej interesujących treści a jednocześnie wzbudzić zainteresowanie uczniów. Zadaniem osób biorących udział w konkursie było opisanie przebiegu takiej lekcji.

Jedną z nagrodzonych była praca Pani Krystyny Raczkowskiej – Tomczak pt. „Z głębin w przestworza”. Autorka za temat swojej lekcji wybrała fizykę zjawisk towarzyszących podróżom, nurkowaniu, czyli typowo wakacyjnym formom aktywności. Poruszona w pracy tematyka jest zawsze na czasie. Scenariusz lekcji zawiera wiele interesujących pomysłów i z pewnością może być wykorzystany przez cały rok szkolny.

# Z głębin w przestworza

■ KRYSZYNA RACZKOWSKA-TOMCZAK

**„... nauka nie jest narzuconym ciężarem, ani ograniczeniem swobody, lecz fascynującą przygodą i kluczem do wolności większej, niż dotąd doświadczyliście”.**

**Pam Brown**

Mam wielką nadzieję, że po naszym dzisiejszym spotkaniu słowa, które niegdyś wypowiedział Pam Brown staną się Waszym życiowym mottem.

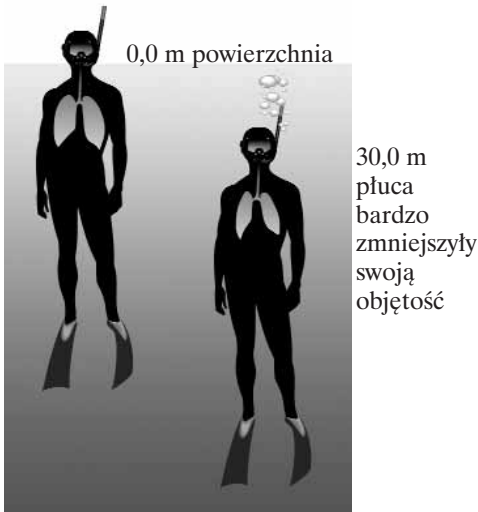
Człowiek sięga coraz głębiej, wyżej i dalej! Ciekawość jest normalną cechą pojawiającą się od dzieciństwa. Zawsze marzymy, żeby zrozumieć otaczającą przyrodę i umieć wyjaśnić występujące wokół nas zjawiska. Wyrą-

zem tego są piękne obrazy, poezja, utwory muzyczne, których inspiracją była, jest i będzie przyroda.

Przedmiotem, który pozwala zrozumieć otaczający nas świat, jest **fizyka**. Wyrzucona z dzisiejszego programu nauczania. Mamy do dyspozycji zaledwie jedną jedyną godzinę, która albo pozwoli Was przekonać do zainteresowania się tą dziedziną wiedzy, albo

*Świat podwodnych głębin*





Rys. 1. Pojemność płuc nurka po zanurzeniu i na głębokości 30 m

utwierdzi w przekonaniu, że podjęto słuszną decyzję o skreśleniu jej z obowiązkowych przedmiotów nauczania.

Zapraszam Was w podróż życia „Z głębin w przestworza”. Byś mógł bezpiecznie przebyć trasę naszej wycieczki, mającej na celu realizację ludzkich marzeń o nurkowaniu, pływaniu, zdobywaniu najwyższych na Ziemi szczytów górskich, lataniu i podróżach kosmicznych musisz poznać, jakie niebezpieczeństwa czyhają na śmiałków.

Każdy z Was otrzymał specjalne wydanie gazetki o takim samym tytule, w której na pierwszej stronie może wykonywać notatki, uzupełniając tekst z lukami, na które udzielimy odpowiedzi podczas zajęć lub dodatkowo poszerzyć swoją wiedzę czytając pozostały materiał.

Na początek musisz poznać pojęcie ciśnienia.

**Ciśnieniem ( $p$ ) nazywamy wielkość fizyczną informującą nas o tym, jaki jest nacisk ciała ( $F$ ) na jednostkę powierzchni ( $S$ ), na którą działa.**

$$p = \frac{F}{S}$$

**Jednostką ciśnienia jest 1 paskal (1 Pa)** (inaczej ciśnienie ma wartość 1 paskala, gdy siła o wartości 1 N (niutona) wywiera nacisk na powierzchnię 1 m<sup>2</sup>).

Są stosowane jeszcze inne jednostki: **1 at = 1 bar = 0,1 MPa = 100000 Pa = 10 m H<sub>2</sub>O.**

Nasz organizm jest przystosowany do równoważenia ciśnienia atmosferycznego, wywieranego przez warstwy otaczającej nas atmosfery na poziomie morza. Każda zmiana ciśnienia jest przez nas odczuwana, a nawet może być niebezpieczna. Zapraszam zatem w podróż.

## I. Tajemniczy świat podwodnych głębin – NURKOWANIE

Niebezpieczny, fascynujący i niepowtarzalny. Poznać jego tajemnice pozwoli nam nurkowanie, które jest fantastycznym hobby, jeśli potrafimy wykorzystać i zastosować wiedzę, by bezpiecznie powrócić z głębin na powierzchnię.

W miarę **zanurzania** się w wodzie **ciśnienie** wywierane przez nią na ciało nurka **wzrasta**. Przy zanurzeniu na głębokość 30 m objętość ściśniętych płuc spada do ¼ ich objętości w warunkach normalnych. Przyjmujemy, że przeciętna pojemność płuc dorosłego człowieka wynosi 6 l. Zatem w czasie nurkowania na głębokość 30 m spadnie do 1,5 l.

Im większe zanurzenie tym bardziej płuca są zgniatane. Musisz więc pamiętać, że oddychanie w wodzie jest utrudnione. Człowiek zatem nie może zanurzać się na dowolną głębokość.

**Ciśnienie wzrasta o 1 atmosferę na każde 10 m zanurzenia w wodzie słodkiej, a 9,75 m w wodzie morskiej.**

Pomoże Ci zrozumieć to doświadczenie.

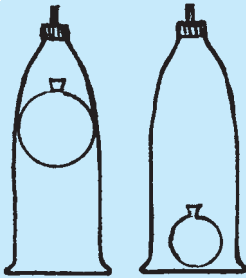
### Doświadczenie 1.

Do zakrętki dwu- lub pięciolitrowej butelki mocujemy wentyl samochodowy. Do środka butelki wkładamy balonik, który pompujemy tak, by dotykał wewnętrznych ścianek butelki. Następnie zakręcamy korek butelki i za pomocą pompki samochodowej sprężamy w niej powietrze do momentu, aż znajdujący się w niej balonik zacznie się przemieszczać.

#### Uwaga:

Aby napompować balon w butelce należy nałożyć go na pompkę do balonów (dostęp-

ną w sklepach z zabawkami za 5 zł). Następnie umieścić w plastikowej butelce tak, by końcówka szyjki balonu wystawała nad otworem butelki. Po napompowaniu, balon szczelnie zawiązać i dopiero wówczas zdjąć pompkę.



Rys. 2 Balonik napelniony w butelce z normalnym ciśnieniem i po sprężeniu powietrza

Powinniśmy uprzedzić uczniów, że po umieszczeniu w butelce balonu i zakręceniu jej korkiem z wentylem samochodowym, należy powoli zwiększać w butelce ciśnienie za pomocą pompki samochodowej. Oczekiwany efekt obserwujemy po ok. 5–8 ruchach pompką. Dla bezpieczeństwa można zastosować ochronne okulary.

**Które z żyjących stworzeń jest najlepiej przystosowane do odkrywania tajemnic głębin? Zapamiętać to pozwoli nam rysunek ilustrujący rekordy zanurzeń.**

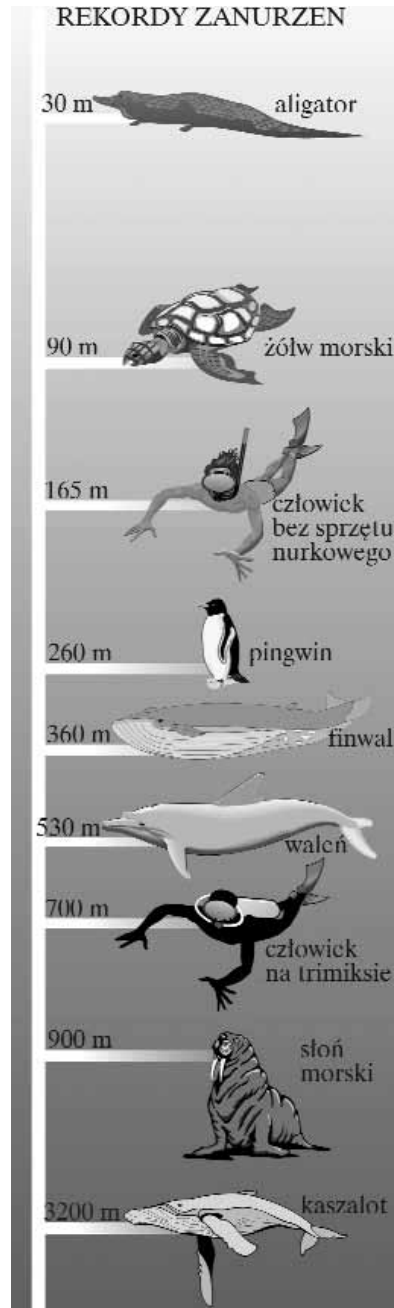
Poniżej głębokości 2000 m ocean jest prawie pusty. Dno morskie jest ciemne, lodowate. Ma to związek z dużym ciśnieniem i brakiem światła. Zwierzętami przystosowanymi do nurkowania na głębokości 3200 m są kaszaloty.

Człowiek, żeby móc naśladować przystosowane do nurkowania zwierzęta musi być wyposażony w odpowiedni sprzęt. Tym bardziej skomplikowany im większa jest głębokość, na którą się zanurza.

## NIEBEZPIECZEŃSTWA!

### 1. Działanie mechaniczne podwyższonego ciśnienia.

Raptowny wzrost ciśnienia jest odpowiedzialny za uraz uszu i zatok przynosowych. Może doprowadzić do przekrwienia płuc. Wzrastające wraz z głębokością ciśnienie pły-



Rys. 4. Rekordy zanurzeń

nów i krwi w organizmie nurka będzie wypychać gałkę oczną.

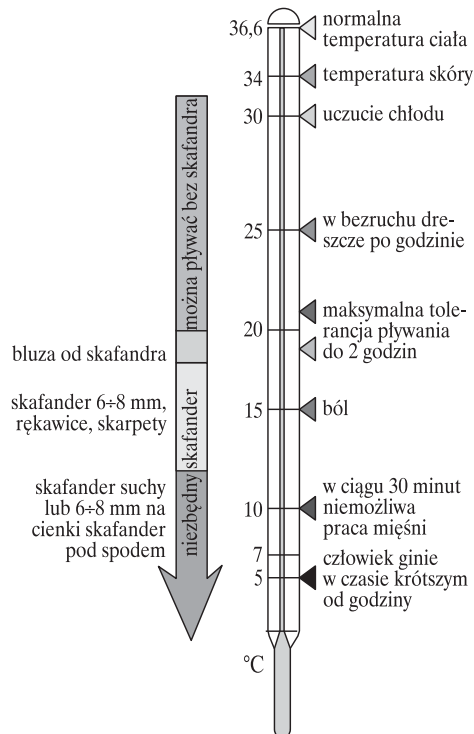
W trakcie takiego urazu ciśnieniowego twarzy dochodzi do przekrwienia gałki ocznej, zmienia ona kolor z białego na czer-

wony. Stan taki zanika w okresie do 3 miesięcy, bez żadnych skutków ubocznych. Problemem jest tylko wygląd wizualny oka, więc lepiej nosić cały czas ciemne okulary i nie zdejmować ich w towarzystwie.

## 2. Wpływ temperatury na organizm nurka

Woda przewodzi ciepło 25 razy szybciej niż powietrze. Organizm broni się przed utratą ciepła skurczem naczyń, a dreszczami stara się wytworzyć go jak najwięcej. Przy ciągłym ochładzaniu mięśnie stopniowo tężeją. Odczuwa się ból. Każdy wie, jak działają „zgrabiące” ręce. Trudno coś nimi zrobić. Jeśli nadal ciało jest oziębiane, mięśnie przestają funkcjonować, dochodzi do migotania komór, zatrzymania oddechu i śmierci. Tak będzie się działo w wodzie o temperaturze poniżej 15°C, w której ludzie giną po 4 godzinach. Przed taką utratą ciepła skutecznie chronią odpowiednie skafandry, buty i rękawice.

Groźny jest także proces odwrotny, czyli przegrzanie. Może dojść do niego, gdy nurek



Rys. 5. Reakcja organizmu na utratę ciepła

przebywa w skafandrze na powierzchni, szczególnie w gorący dzień.

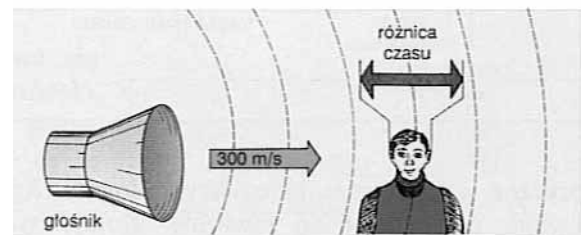
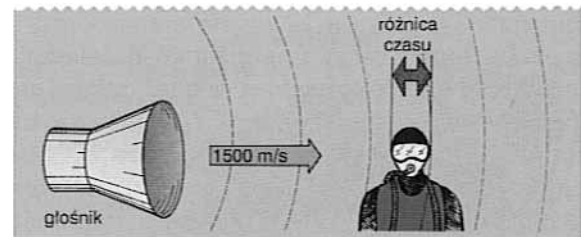
## 3. Słyszenie

Dźwięk rozchodzi się tym szybciej i lepiej, im bardziej gęste jest środowisko. Szybkość dźwięku w powietrzu wynosi około 330 m/s, a w wodzie około 1500 m/s. W wodzie zatem słychać doskonale, ale bardzo trudno rozróżnić kierunek, skąd dźwięk dochodzi. Nasze uszy potrafią „namierzyć” jego źródło na zasadzie różnicy czasu, w jakim dźwięk w powietrzu dochodzi do lewego i prawego ucha.

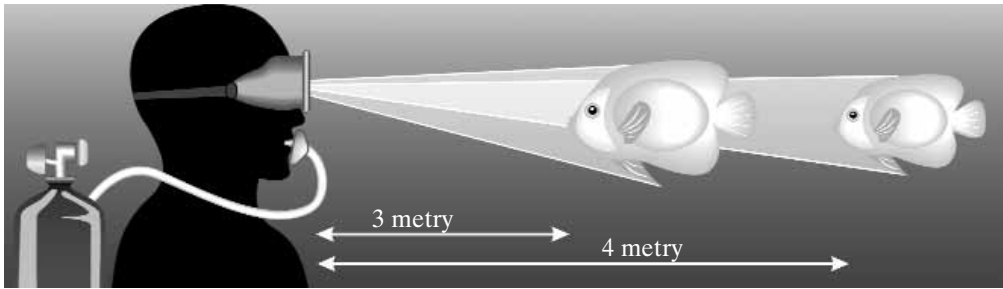
W wodzie, gdzie dźwięk rozchodzi się 5-krotnie szybciej, różnica czasu jest zbyt mała na określenie kierunku, skąd dochodzi dźwięk. Zatem wydaje się nam, że dźwięk słychać ze wszystkich stron. Pamiętaj, może to mieć tragiczne skutki, gdy słyszymy szum silnika i śruby motorówki, a musimy się wynurzyć.

## 4. Widzenie w wodzie

Przedmioty, które widzimy pod wodą, wydają nam się bliższe i większe niż w rzeczywistości. Dzieje się tak dlatego, że światło ulega załamaniu przechodząc przez ośrodki o różnej gęstości. Trzeba więc nauczyć się w wodzie poprawnej oceny odległości i wielkości.



Rys. 6. Szybkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie i w powietrzu



Rys. 7. Pod wodą przedmioty widzimy większe i bliżej niż w rzeczywistości

Woda także pochłania światło, tym bardziej, im grubsza i mniej przezroczysta jest jej warstwa. Jest też filtrem optycznym. Pochłania część widma słonecznego w różny sposób. Kolory ciepłe, a więc czerwony, pomarańczowy i żółty pochłaniane są w górnych warstwach. Zielony przenika trochę głębiej, zaś najmniej pochłaniany jest niebieski. Jeśli używamy sztucznego światła, to na każdej głębokości zobaczymy wszystko w kolorach naturalnych.

Dowiedzieliśmy się, czego możemy spodziewać się chcąc podziwiać podwodny świat.

Czas, by zainteresować się powrotem na powierzchnię.

## WYNURZANIE

Oddychający sprężonym powietrzem człowiek nasycza swoje tkanki gazem, a podczas wynurzenia, gdy ciśnienie spada dzieje się z nim to samo, co przy otwieraniu butelki wody mineralnej. Gaz wydziela się w postaci se-

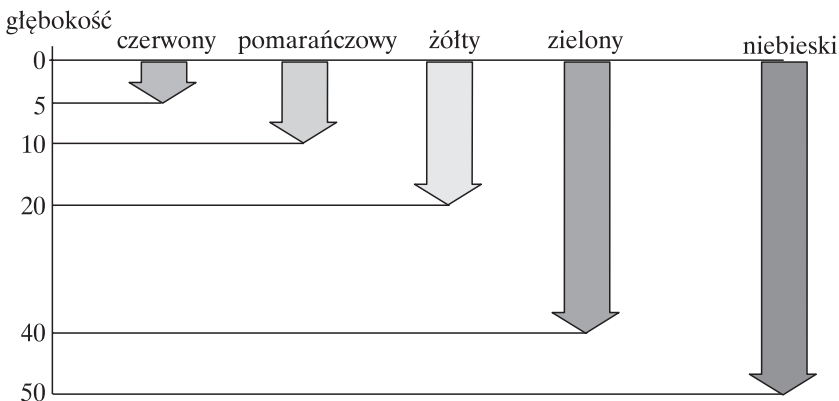
tek małych pęcherzyków. Jeśli będą zbyt duże, to osadzając się w naczyniach krwionośnych, mogą doprowadzić do zatorów (emboli), niedokrwienia i uszkodzenia tkanek skóry, ścięgien, więzadeł, dużych stawów, płuc, rdzenia kręgowego, mózgowia i ucha wewnętrznego. Doskonale ilustruje to zjawisko doświadczenie 2.

### Doświadczenie 2

Uczniowie obserwują zachowanie się gazu w energicznie odkręconej przez nich małej butelce silnie gazowanej wody.

By tego uniknąć, wystarczy wynurzać się z prędkością 9–18 m/min, robiąc postoje na głębokościach określanych przez specjalne tabele tak, aby gaz zdążył opuścić nasz organizm tradycyjną drogą – przez płuca.

Powrót z największej osiągniętej przez nurka głębokości **701 m** – zajmuje 24 dni! To



Rys. 8. Pochłanianie światła słonecznego w wodzie

niemal dwukrotnie więcej niż trwa lot z Księżycą na Ziemię! Cóż, wiele wskazuje na to, że głębiny morskie są dla człowieka bardziej obce i trudniej dostępne niż kosmiczne przestrzenie, do których jeszcze wrócimy.

Gwałtowne wynurzenie prowadzi do choroby dekompresyjnej. **Każdy nurek musi wiedzieć, gdzie znajduje się najbliższa komora dekompresyjna**, pozwalająca na **zastosowanie tzw. terapii hiperbarycznej. Podstawy tej terapii opierają się na założeniu zmniejszenia się pęcherzyków lub zatorów powietrznych pod wpływem zwiększonego ciśnienia i powrotu krążenia w niedokrwiowych tkankach.** Terapię tę stosuje się także w leczeniu zatorów powstałych podczas terapii operacyjnej w krążeniu pozaustrojowym, hemodializy, operacji neurochirurgicznych, zgorzeli gazowych, uszkodzenia tkanek przez radioterapię, zatorów gazowych i przywracania krążenia, zatrucia CO<sub>2</sub> oraz przewlekłego zapalenia kości.

Przebyliśmy jeden z etapów naszej podróży. Teraz kolej na:

## PLYWANIE

Dzięki naszej wiedzy szczęśliwie wypłynęliśmy na powierzchnię. Pływać, gorzej lub lepiej, potrafi większość z nas. Gęstość ośrodka (wody), który pokonujemy, a w konsekwencji stawiany przez niego opór powodują, że uzyskiwane prędkości są znacznie mniejsze od tych, jakie osiągamy poruszając się w powietrzu. Doskonale wiadomo, że człowiek nie jest istotą stworzoną do poruszania się w wodzie, co więcej jego **kształty** nie pozwalają na uzyskiwanie w wodzie dużych prędkości. Rekordowa prędkość człowieka przekracza niewiele ponad 8 km/h, a np. miecznika ok. 100 km/h.

Na człowieka zanurzonego w wodzie, oprócz siły ciężkości skierowanej w dół, działa siła wyporu skierowana ku górze (Archimedes). Powoduje to, że ciężar dorosłego człowieka w wodzie wynosi zaledwie 20–30 N, a nawet jeszcze mniej. Ciężar swój człowiek może ponadto zmniejszać lub zwiększać zmieniając swoje **zanurzenie** np. przez wynurzenie ręki lub głowy.

Na stołach ułożone są zestawy doświad-

czalne. Każda grupa (zespół uczniów siedzących przy danym stole) w czasie zajęć będzie miała za zadanie wykonać odpowiednie doświadczenia i przedstawić wnioski.

### Doświadczenie 3

Do siłomierza zawieszono na statywie mocujemy obciążoną piaskiem puszkę.

Odczytujemy wskazania siłomierza, gdy na puszkę działa tylko siła ciężkości, a następnie, gdy zanurzymy ją w wodzie i dodatkowo działa na nią siła wyporu.

Ciała pływają w cieczach wówczas, gdy ich gęstość jest równa gęstości cieczy (gęstość wody wynosi  $1\text{g/cm}^3 = 1000\text{kg/m}^3$ ). **Średnia gęstość ciała ludzkiego zmienia się zazwyczaj w granicach 0,97–1,06 g/cm<sup>3</sup>.** Przyczyn, kości, skóra i mięśnie przyczyniają się do zwiększenia średniej gęstości ciała, a tkanka tłuszczowa ją obniża. Jest to właśnie powód, dla którego grubasom jest znacznie łatwiej utrzymać się na powierzchni wody niż chudzielcom.

### Doświadczenie 4

W przezroczystym naczyniu znajdują się niemieszające się ciecze o różnych gęstościach. Uczniowie analizują ułożenie odpowiednich warstw w oparciu o tabelę gęstości.

Bardzo ważnym elementem pomagającym w pływaniu jest **oddychanie**. Następują bowiem znaczne różnice między gęstością ciała ludzkiego przy wdechu i wydechu. Jest to wynikiem wzrostu objętości związanego z zacięgnięciem kilku litrów powietrza, przy jednoczesnym, zaniedbywanym wzroście masy. Człowiek zazwyczaj tylko na wdechu ma zdolność swobodnego unoszenia się na powierzchni wody, traci ją natomiast w momencie wypuszczenia powietrza. Warto o tym pamiętać, gdy zaczynamy się topić!

### Doświadczenie 5

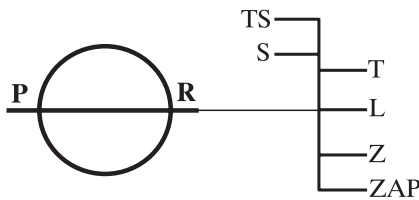
Obciążoną piaskiem puszkę, zawieszoną na siłomierzu zanurzamy w cieczy dwukrotnie:

a. do połowy,  
b. całkowicie.  
Porównujemy siły wyporu działające na to ciało w tych dwóch przypadkach.

Kolejnym ważnym czynnikiem jest temperatura wody, w której pływamy. Opór ośrodką maleje o prawie 7% przy wzroście temperatury wody z 18°C–24°C, ponieważ wraz ze wzrostem temperatury maleje jej gęstość.

### Płyn po morzach i oceanach, ale uważaj na gęstość wody

Jeżeli zmienia się **gęstość wody**, zmienia się zanurzenie pływaka. Można to osiągnąć przez zmianę zasolenia. Największe zasolenie panuje w Morzu Martwym – wynosi 1,35 g/cm<sup>3</sup>. Ma to ogromne znaczenie dla statków pływających po różnych morzach. Dlatego na burtach statków wytłoczony jest i pomalowany na biało następujący znak tzw. znak Plimsolla.



TS – w wodzie słodkiej w strefie tropikalnej  
S – w wodzie słodkiej zimą  
T – w strefie tropikalnej  
L – latem w strefie umiarkowanej  
Z – zimą w strefie umiarkowanej  
ZAP – zimą na Północnym Atlantyku

Rys. 9. Znak Plimsolla na burtach statków oznacza dopuszczalne zanurzenie

### Doświadczenie 6

Areometr zanurzamy w trzech zlewkach z cieczami o różnej gęstości i obserwujemy różnice w zanurzeniach tego areometru.

Gęstość powietrza ma także istotne znaczenie w komunikacji lotniczej. Jest ona wprost proporcjonalna do jego ciśnienia, a zatem odwrotnie proporcjonalna do jego temperatury. W obszarach o klimacie gorą-

cym oraz na wysoko położonych pasach startowych notuje się wyraźnie mniejszą gęstość powietrza. Samoloty wymagają wtedy długich pasów startowych lub nie mogą być w pełni załadowane.

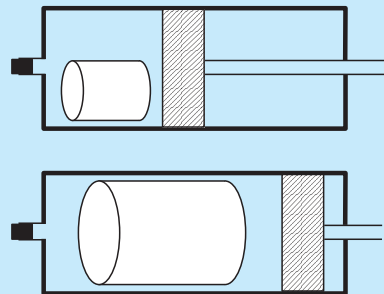
### 4. Opuszczamy środowisko wodne

Na kolejną wycieczkę zapraszam w góry. Spróbujemy zachwycić się naszą planetą, spoglądając na nią z ośmiotysięczników. Tak przyzwyczailiśmy się do niewidocznego powietrza, że czasami zapominamy, iż ma ono ciężar. Przyczyną tego braku odczuwania miazdzącego ciężaru powietrza jest to, że jak już wspominaliśmy, panujące w naszych organizmach ciśnienie ma taką samą wartość, jak ciśnienie otaczającego nas powietrza.

Wędrując wysoko w górę wchodzimy stopniowo w obszar obniżonego ciśnienia. Zaczynamy mieć kłopoty z oddychaniem. Zobacz, co dzieje się z naszymi płucami, gdy zaczniemy obniżać ciśnienie w naszym otoczeniu?

### Doświadczenie 7.

Uczniowie samodzielnie wykonują doświadczenie zgodnie z instrukcją.



Rys. 10. Zwiększanie objętości pianki w wyniku obniżenia ciśnienia

Do dużej strzykawki (50 lub 100 ml), wkładamy cukierek – piankę „JOJO”, produkowany przez „Goplanę”. Końcówkę strzykawki zatykamy palcem lub małym korkiem i przesuując tłok strzykawki obniżamy ciśnienie wokół pianki. Powietrze zawarte w „piance” powoduje znaczne zwiększenie jej objętości.

**Doświadczenie 7a.**

Pod kloszem pompy próżniowej umieszczamy ciastko „Ptysia”.

Obniżenie ciśnienia w otoczeniu człowieka powoduje rozprężenie gazów zawartych w przewodzie pokarmowym, uchu środkowym, niedokładnie wypełnionych ubytkach zębowych. Na skutek tego występują wzdęcia, kolki jelitowe, bóle ucha oraz zębów. Podczas gwałtownego i dużego spadku ciśnienia, rozprężające się nagle w płucach gazy mogą doprowadzić do uszkodzeń tkanki płucnej, podobnie jak przy gwałtownym wynurzeniu. Są także przyczyną powstawania, wcześniej omawianych **zatorów gazowych** w organizmie ludzkim. Przy dostatecznie szybkim i dużym spadku ciśnienia (o ponad 50%) nadmiar gazów zwłaszcza azotu, uwalnia się w postaci pęcherzyków, które czopują małe naczynia krwionośne, tworząc zatory gazowe (embolie).

Kolejnym niebezpieczeństwem jest **zjawisko wrzenia** płynów ustrojowych, które może zagrażać tym, którzy marzą o lotach stratosferycznych. Na wysokości 19,2 km panujące ciśnienie jest tak niskie, że temperatura wrzenia wody jest równa 37°C, co odpowiada temperaturze ciała ludzkiego. Można więc założyć, że wzniesienie się człowieka na taką wysokość może wywołać wrzenie płynów ustrojowych. Występowanie tego zjawiska stwierdzono u zwierząt doświadczalnych w komorach ciśnieniowych.

Pilotów i kosmonautów chronią odpowiednie ubiory kompresyjne, w które są wyposażone

ni. Chyba warto coś wiedzieć na ten temat, by móc podziwiać Ziemię z lotu ptaka?

**Doświadczenie 8.**

Pod kloszem pompy próżniowej umieszczamy naczynie z gorącą wodą. Po włączeniu pompy woda wrze pod obniżonym ciśnieniem.

**5. Nieważkość**

Ostatni etap naszej podróży to pokonanie grawitacji i podróż w przestworza, by móc spojrzeć na naszą planetę z pokładu statku kosmicznego i podziwiać jej atmosferę.

Jeśli zdecydujesz, że jesteś zainteresowany takimi zagadnieniami jak, **przeciążenie i nieważkość** oraz tym, co dzieje się z ładownikiem podczas **przechodzenia przez warstwy atmosfery ziemskiej**, to możesz albo po przerwie zostać, żeby je omówić, albo zapraszam Cię do lektury pierwszego numeru naszej „Gazetki dla Dociekliwych” pt. **„Z głębin w przestworza”**.

Dociekliwych i cierpliwych zapraszam na drugi etap podróży po przerwie.

Poprawność wypełnianej przez Was notatki możecie sprawdzić na ostatniej stronie gazetki, którą otrzymaliście wchodząc na zajęcia.

**Serdecznie dziękujemy redakcji „Wiedzy i Życia” oraz wydawnictwu Alma-Press za udostępnienie ilustracji do tego tekstu.**

**LITERATURA**

- F. Jaroszyk; *Biofizyka, Podręcznik dla studentów*, Wydawnictwa Lekarskie, W-wa 2001
- Macke J, Kuszewski K, Zieleniec G; *Nurkowanie*, Oficyna Wydawnicza Alma-Press, Warszawa 2003
- Mountain A; *Nurkowanie; Galaktyka*, Łódź 2003
- Ernst K; *Fizyka sportu*, PWN, Warszawa 1992
- Współczesny świat w nauce*; Świat Książki, Warszawa 2003
- P. Hewitt; *Fizyka wokół nas*, Wydawnictwa Naukowe, Warszawa 2000
- D. Tokar, B. Pędzisz, B. Tokar; *Doświadczenia z fizyki dla szkoły podstawowej, z wykorzystaniem przedmiotów codziennego użytku*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990
- Wiedza i Życie nr 8, *Ekstaza głębin*, 2002
- National Geographic*, maj 2003. s. 98
- G. Roth; *Pogoda i klimat*, Świat Książki, Warszawa 2000
- Wójciak J; *Ćwiczenia dla detektywów przyrody*, Polska Oficyna Nauczycielska, Wrocław 1995
- [http://draco.uni.opole.pl/moja\\_fizyka/numer1/numer1.html](http://draco.uni.opole.pl/moja_fizyka/numer1/numer1.html)