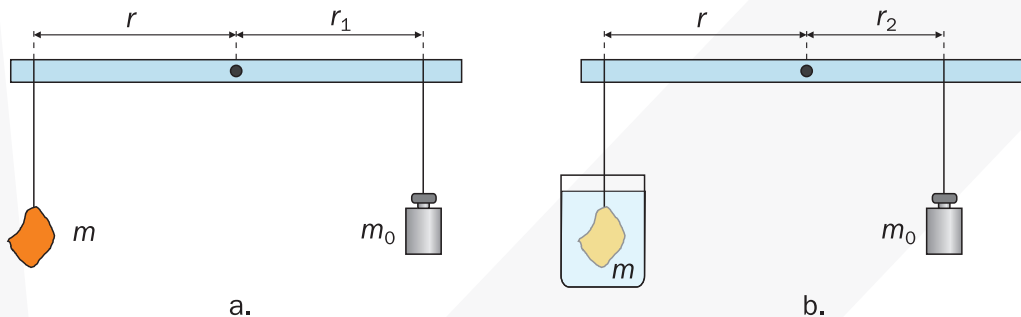




## Panta rhei (II)

Juliusz Domański

1. **Wyznaczamy gęstość.** Z dowolnej listewki budujemy dźwignię dwustronną. Na jednym ramieniu dźwigni zawieszamy przedmiot, którego gęstość chcemy wyznaczyć, na drugim – dowolne inne ciało (np. ciężarek) o zbliżonej masie  $m_0$  (rys. 1a).



Rys. 1

Dźwignię doprowadzamy do równowagi i mierzymy długość ramienia  $r_1$ . Zapisujemy warunek równowagi dźwigni:

$$m g r = m_0 g r_1 \rightarrow V \rho r = m_0 r_1 \quad (1)$$

gdzie  $V$  jest objętością badanego ciała,  $\rho$  – jego gęstością.

Pod badany przedmiot podstawiamy naczynie z wodą (przedmiot powinien być całkowicie zanurzony i nie może dotykać ani dna, ani ścianek naczynia – rys. 1b). Przesuwając ciężarek bliżej osi obrotu, ponownie doprowadzamy dźwignię do równowagi. Mierzmy długość ramienia  $r_2$ . Wówczas:

$$(V \rho g - V \rho_w g) r = m_0 g r_2 \rightarrow V (\rho - \rho_w) r = m_0 r_2 \quad (2)$$

gdzie  $V \rho_w g$  to wartość siły wyporu działającej na ciało zanurzone w wodzie,  $\rho_w$  – gęstość wody.

Ze wzoru (2) obliczamy  $m_0$  i wstawiamy do wzoru (1). Po przekształceniach otrzymujemy:

$$\rho = \rho_w \frac{r_1}{r_1 - r_2}$$

2. **Wyznaczamy ciepło parowania wody.** W tym przypadku właściwszym określeniem byłoby „szacowanie”, a nie „wyznaczanie” (proponowana metoda nie jest zbyt dokładna).

Niewielkie naczynie napełniamy wodą i ważymy. Wkładamy grzałkę nurkową (rys. 2) i włączamy do gniazdka. W chwili, gdy woda zaczyna wrzeć, zaczynamy pomiar czasu. Kiedy poziom wody w naczyniu wyraźnie się obniży, wyłączamy grzałkę, wyjmujemy ją z wody i kończymy pomiar czasu. Naczynie ważymy ponownie.



Rys. 2



Ciepło parowania wody obliczamy, porównując  $Q_1 = m \cdot c_p$  ( $Q_1$  jest ciepłem pobranym przez wodę w procesie parowania,  $m$  – różnicą mas wody w pierwszym i drugim ważeniu) z  $Q_2 = P \cdot t$ , tj. z ciepłem dostarczonym wodzie przez grzałkę ( $P$  jest mocą grzałki, którą można odczytać z tabliczki znamionowej,  $t$  – zmierzonym czasem wrzenia wody). Otrzymamy wzór:

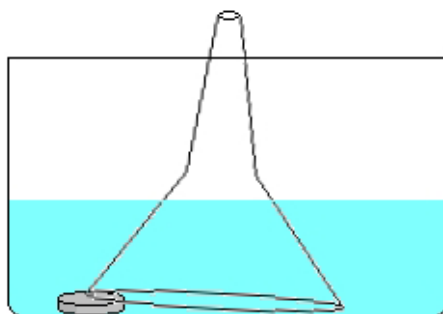
$$c_p = \frac{Pt}{m}$$

Najważniejszą przyczyną niepewności pomiaru jest to, że ciepło oddawane przez grzałkę nie jest w całości wykorzystywane na parowanie; jego duża część jest przekazywana do otoczenia. Te straty można w znacznym stopniu ograniczyć, stosując metodę opisaną w doświadczeniu 22 w artykule *Panta rhei*.

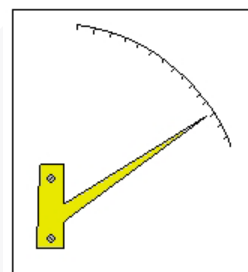
3. **Ocena temperatury może być błędna.** Przygotowujemy trzy naczynia na tyle duże, aby można było zanurzyć w nich dłonie. Środkowe naczynie napełniamy letnią wodą (wodą o temperaturze pokojowej). Lewe naczynie wodą zimną. Warto wrzucić do niej kilka kostek lodu z zamrażalnika. Prawe naczynie napełniamy wodą gorącą, ale taką aby się nie oparzyć. Zanurzamy obie dłonie w środkowym naczyniu (rys. 3). Odczuwamy tę samą temperaturę wody. Przenosimy teraz dłonie: jedną do naczynia z zimną, drugą do naczynia z gorącą wodą. Trzymamy je w nich co najmniej 30 sekund. Przenosimy obie dłonie do naczynia z letnią wodą. Czy teraz obie dłonie jednakowo oceniają jej temperaturę?



Rys. 3



Rys. 4



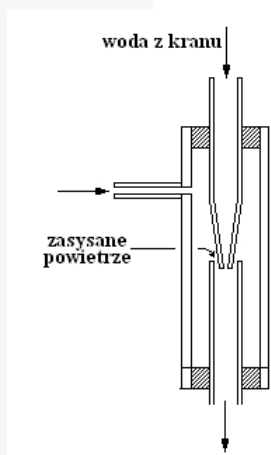
Rys. 5

4. **Gejzer.** Do garnka wkładamy lejek, podkładając pod jego brzeg monetę. Garnek napełniamy wodą (rys. 4). Stawiamy go na kuchence i doprowadzamy wodę do wrzenia. Patrzymy, co dzieje się z wodą. Obserwacje byłyby pełniejsze, gdyby lejek był z przezroczystego tworzywa. Doświadczenie jest modelem działania gejzeru (a także elektrycznego ekspresu do kawy).
5. **Higrometr.** Jeśli sprawiliśmy sobie na Gwiazdkę żywą jodełkę, nie wyrzucamy jej w całości po okresie świątecznym. Odcinamy kawałek pnia (ok. 10 cm) wraz z trzecim pędem od góry. Suszymy i oczyszczamy z kory. Przybijamy do niewielkiej deseczki (rys. 5). Higrometr prawie gotowy, brakuje mu tylko skali. Gdy wilgotność powietrza rośnie, wskazówka wędruje w dół skali, gdy maleje, wskazówka się wznosi. Skalowanie higrometru jest dość trudne. Proponujemy wyskalowanie przez porównanie z higrometrem fabrycznym.



**6. Pompka wodna.** Ten przyrząd jest dość trudny do wykonania. Sklejamy go z plastikowych rurek o różnych średnicach, według rysunku 6 (rysunek przedstawia pompkę w przekroju). Woda, wypływając z przewężenia, uzyskuje znaczną szybkość, ciśnienie w strumieniu obniża się (prawo Bernoulliego) i strumień zasysa powietrze z otoczenia. Dobrze wykonana pompka może obniżyć ciśnienie o 50–60 hPa. Jeśli boczną rurkę połączymy węzłem z butelką po wodzie mineralnej, to po chwili ciśnienie atmosferyczne zmiążdży butelkę.

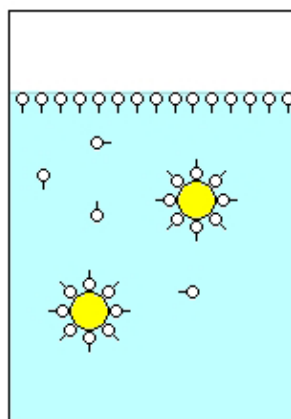
**7. Dlaczego w jedną nogę jest nam zimno?** Jeśli boso staniemy jedną nogą na kafelkach w łazience, a drugą na drewnianej podłodze w sąsiednim pomieszczeniu (rys. 7), w jedną stopę jest nam wyraźnie zimniej. W którą? Jak to można wyjaśnić?



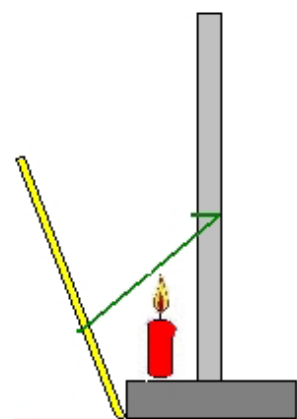
Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8



Rys. 9

**8. Działanie mydła i detergentów.** Do butelki wlewamy wodę i dodajemy kilkanaście kropli oleju. Silnie wstrząsamy. Otrzymaliśmy emulsję, czyli drobne kropelki oleju zawieszono w wodzie (woda uzyskała mleczne zabarwienie). Po krótkim czasie kropelki oleju wypływają na powierzchnię, łączą się i znów mamy plamę oleju pływającą na powierzchni czystej wody. Dolewamy do butelki kilkanaście kropli dowolnego detergentu (płynu do mycia naczyń, szamponu) lub rozpuszczamy w wodzie nieco mydła. Wstrząsamy ponownie. Emulsja utrzymuje się teraz bardzo długo. Cząsteczki detergentów i mydła to wydłużone łańcuchy, których jeden koniec jest „wodolubny” (a drugi koniec nie lubi wody). Cząsteczki detergentu przyczepiają się tym końcem do kuleczek oleju. Dzięki temu każda kuleczka oleju zostaje pokryta warstwą „wodolubną” (rys. 8). Łączenie cząsteczek oleju jest teraz bardzo utrudnione. Dzięki tym właściwościom mydło (i detergenty) znacznie ułatwiają usuwanie zabrudzeń.

**9. Rozszerzalność cieplna gumy.** Dowolną gumkę (np. dłuższą recepturkę) mocujemy jak na rysunku 9. Ostrożnie podgrzewamy płomieniem świeczki (bezpieczniej: nadmuchem gorącego powietrza z suszarki do włosów). Jak zachowuje się guma?

**10. Kiedy cząsteczki poruszają się szybciej?** Do dwóch naczyń (np. szklanek) nalewamy wodę. Do jednego gorącą, do drugiego zimną. Do każdego z naczyń wpuszczamy niewielką kroplę atramentu. W którym naczyniu kropla rozplywa się szybciej? O czym to świadczy?

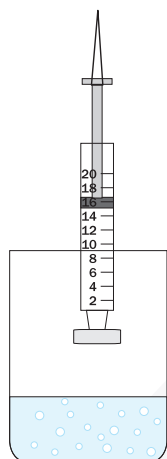


**11. Tenis stołowy i rozszerzalność gazów.** W piłeczce do tenisa stołowego powstało wgniecenie. Czy można je usunąć? Najczęściej tak. Wrzucamy piłeczkę do szklanki z gorącą wodą i zanurzamy ją pod powierzchnię (rys. 10). Po chwili piłeczka jest jak nowa.

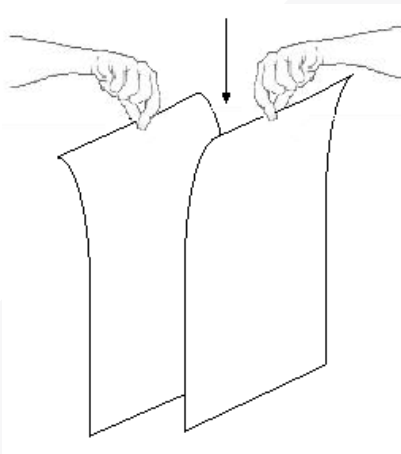
**12. Rozszerzalność cieplna gazu.** W strzykawce o pojemności  $20 \text{ cm}^3$  zamykamy około  $15 \text{ cm}^3$  powietrza poprzez nabicie na wylot strzykawki gumki ołówkowej (rys. 11). W wysokim garnku doprowadzamy do wrzenia nieco wody. Strzykawkę zawieszamy nad powierzchnią wody. Gdy tłok strzykawki przestaje się przesuwać, odczytujemy objętość końcową. Temperatura początkowa powietrza to temperatura w pomieszczeniu, w którym napelnialiśmy strzykawkę. Temperatura końcowa będzie bliska  $100^\circ\text{C}$ , najprawdopodobniej około  $95^\circ\text{C}$ . Wykorzystując wyniki pomiarów, możemy w przybliżeniu oszacować wartość współczynnika rozszerzalności objętościowej powietrza.



Rys. 10



Rys. 11



Rys. 12

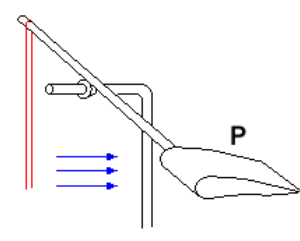


Rys. 13

**13. Prawo Bernoulliego.** Dwie kartki papieru trzymaj tak, jak na rysunku 12. Dmuchiń mocno między kartki. Dlaczego kartki prawie się skleily ?

**14. Prawo Bernoulliego.** Kartkę papieru trzymaj tak, jak na rysunku 13. i dmuchaj zgodnie z kierunkiem strzałki. Dlaczego kartka się unosi?

**15. Prawo Bernoulliego.** Z niewielkiej deseczki wystrugaj profil P, podobny do pokazanego na rysunku 14. Osadź profil na sztywnym drucie. Druk powinien mieć możliwość obrotu wokół osi poziomej (rozwiązanie tego problemu pozostawiamy pomysłowości czytelnika). Za pomocą odpowiednio naprężonej gumki recepturki zapewnij prętowi położenie poziome. Na profil skieruj silny strumień powietrza z suszarki do włosów. Dlaczego profil się unosi? Gdzie ma zastosowanie to zjawisko?



Rys. 14

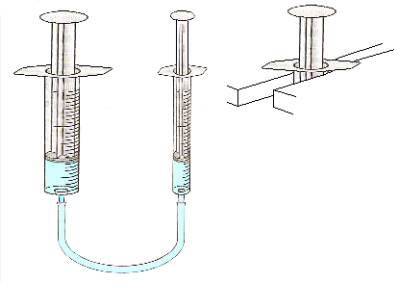
**16. Prawo Pascala.** W piłeczce do tenisa stołowego wykonaj ostrą igłą kilkanaście małych otworków i jeden nieco większy. W tym większym za pomocą plasteliny osadź strzykawkę (rys. 15). Wciągnij do piłeczki i strzykawki wodę. Nad wanną naciskaj mocno tłok strzykawki. Czy potrafisz określić, z którego otworu woda wytryskuje najmocniej? Jaki wniosek wyciągniesz z doświadczenia?



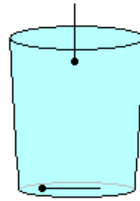
Rys. 15



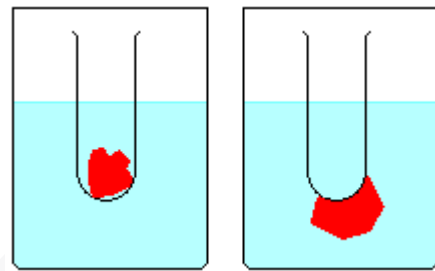
- 17. Prasa hydrauliczna.** Dwie strzykawki o różnych średnicach połącz plastikowym wężkiem (rys. 16). Wcześniej napełnij strzykawki i wążek wodą. Większą strzykawkę możesz unieruchomić np. między dwoma taboretami. Poproś drugą osobę, aby na tłoku większej strzykawki położyła i unieruchomiła np. cegłę. Naciskaj na tłok mniejszej strzykawki, a zaobserwujesz, że cegła się unosi. Oceń, czy w tym przypadku musisz użyć siły o takiej samej wartości, jak do uniesienia cegły bez pomocy tego urządzenia.



Rys. 16



Rys. 17

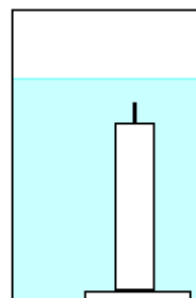


Rys. 18

- 18. Napięcie powierzchniowe.** Napełnij wodą szklankę równo z jej krawędzią. Wrzucaj do szklanki szpilki krańcowe lub małe gwoźdźki (rys. 17). Jednocześnie obserwuj kształt powierzchni wody w szklance. Z jakim zjawiskiem jest związany ten kształt?
- 19. Prawo Archimedesesa.** W naczyniu z wodą pływa probówka obciążona kawałkiem plasteliny (rys. 18). Czy zanurzenie probówki zmienia się, jeśli plastelinę wyjmiesz i przylepimy ją z zewnątrz do dna probówki? Swoje rozumowanie sprawdź doświadczalnie. Jeśli nie masz probówki, możesz użyć dowolnej rurki zamkniętej od dołu korkiem.
- 20. Młynek Segnera.** Nieco inną wersję tego doświadczenia opisaliśmy w artykule *Panta rhei*. Teraz użyjemy płaskiej, plastikowej butelki (w takich butelkach często sprzedawane są płyny do mycia naczyń, szampony itp.). Po obu stronach butelki wykonujemy dwa otwory o średnicach 3–4 mm (rys. 19). Napełniamy butelkę wodą (otwory zatykamy palcami), zawieszamy na nitce i puszczonej wolno. Butelka zaczyna szybko wirować w kierunku przeciwnym do kierunku wypływu wody. Zbudowaliśmy model turbiny wodnej.



Rys. 19

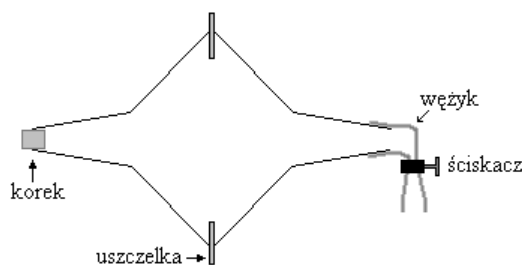


Rys. 20

- 21. Dlaczego prawo Archimedesesa „nie działa”.** Świeczkę dociskamy lekko do gorącej, płaskiej płytki. Następnie wstawiamy do odpowiednio wysokiego naczynia z płaskim dnem. Delikatnie dociskamy świeczkę do dna i zalewamy wodą (rys. 20). Świeczka nie wypływa. Zanurzamy palec w wodzie i lekko przechylamy świeczkę, która natychmiast wypływa. Dlaczego prawo Archimedesesa „zaczęło działać” dopiero teraz?



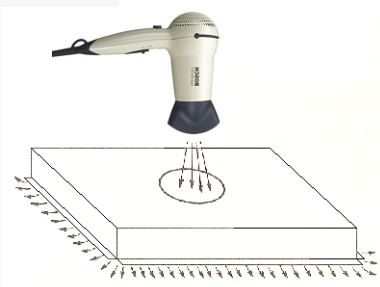
**22. Półkule magdeburskie.** Potrzebne będą dwa plastikowe lejki, najlepiej z szerokim górnym brzegiem. Wylot jednego lejka zamykamy szczelnym korkiem. Na wylot drugiego nakładamy kawałek elastycznego plastikowego wężyka. Z grubszej bibuły lub miękkiego kartonu wycinamy pierścień uszczelniający. Lekko nasycamy pierścień olejem. Składamy lejki jak na rysunku 21, dociskamy i ustami, przez wężyk, staramy się wyciągnąć z lejków jak najwięcej powietrza. Następnie zaciskamy wężyk (najlepiej ściskaczem śrubowym). Czy teraz łatwo można oddzielić lejki od siebie?



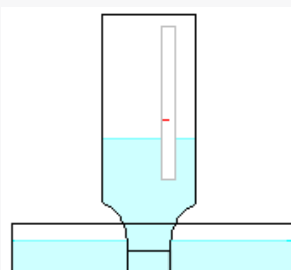
Rys. 21

Poszukaj informacji o tym, skąd pochodzi nazwa *półkule magdeburskie*.

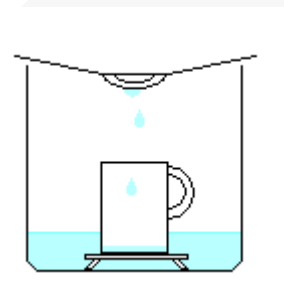
**23. Poduszkowiec.** Z kartonu o formacie A4 (lepiej nieco większym) skleamy model poduszkowca z otworem w środku (rys. 22). Strumień chłodnego powietrza z suszarki do włosów kierujemy do otworu. Poduszkowcem możemy łatwo sterować, przechylając nieco suszarkę. Inny model poduszkowca zaproponowaliśmy w doświadczeniu 23 w artykule *Mechanika*.



Rys. 22



Rys. 23



Rys. 24

**24. Barometr wodny.** Szklaną butelkę napełniamy wodą mniej więcej do 1/3 jej objętości, zatykamy palcem, odwracamy do góry dnem i wstawiamy do otwartego naczynia, do którego wcześniej nalaliśmy nieco wody (rys. 23). Na butelce naklejamy pasek papieru, na którym zaznaczymy poziom cieczy. Do naczynia z wodą wlewamy trochę oleju, aby pokrył on powierzchnię wody cienką warstewką (zapobiegnie to parowaniu). Cały układ stawiamy w miejscu o możliwie stałej temperaturze. Przez kilka dni obserwujemy poziom wody w butelce. Jeśli poziom zmieniał się, to co mogło być tego przyczyną?

**25. Destylujemy wodę.** W garnku, na podstawce, stawiamy kubek. Do garnka wlewamy nieco osolonej wody. Stawiamy na palniku kuchenki i nakrywamy odwróconą pokrywką (rys. 24). Gdy woda zacznie wrzeć, możemy na pokrywkę położyć kilka kostek lodu. Woda w garnku paruje, skrapla się na pokrywkę i kapie do kubka. Gdy zbierze się w nim nieco wody, sprawdzamy, czy można w niej wyczuć smak soli.