



Coca-Cola i woda mineralna

Juliusz Domański

Przystępując do serii poniższych doświadczeń, warto obejrzeć fragment filmu *Bogowie muszą być szaleni* (o ile znajdziemy do niego dostęp). Oto krótkie streszczenie tego fragmentu: Nad Afryką leci mały, jednoosobowy samolot. Pilot sięga po butelkę Coca-Coli, popija, stwierdza, że butelka jest pusta i wyrzuca ją za burtę. Spadającą butelkę zauważa młody Buszmen Xixio. Znosi ją do wioski, traktując jako dziwny dar bogów. Wkrótce Buszmeni znajdują wiele zastosowań butelki. Dochodzi do niesnasek, bowiem butelka jest jedna, a chętnych do korzystania z niej wielu. Xixio próbuje zwrócić dar bogom, rzucając butelkę do góry. Niestety butelka spada z powrotem. Rada plemienia postanawia wysłać Xixio na skraj świata, aby tam ostatecznie zwrócił ją bogom.

UWAGA: Doświadczenia 1, 4, 8, 9, 10, 12 i 14 zademonstrowano na filmie *Doświadczenia Juliusza Domańskiego* (do nabycia w ZamKorze).

- 1. Nieważkość.** W litrowej butelce, w jej dolnej części, wykonujemy otwór o średnicy ok. 3 mm (najłatwiej to zrobić, przebijając ściankę butelki rozgrzanym drutem). Napełniamy butelkę wodą. Unosimy ją – widoczna jest struga wypływającej wody (fot. 1). Upuszczamy butelkę (fot. 2). Struga urywa się, woda nie wypływa. Doświadczenie najlepiej przeprowadzić poza budynkiem, stojąc na drabince (rys. 1).



Fot. 1. Unosimy butelkę



Fot. 2. Upuszczamy butelkę



- 2. Powierzchnia swobodna cieczy.** Butelkę z pewną ilością wody zawieszamy na skręconym sznurku. Pozwalamy sznurkowi rozwijać się. Butelka wiruje wokół osi pionowej. Powierzchnia wody przyjmuje kształt paraboloidy obrotowej (rys. 1).

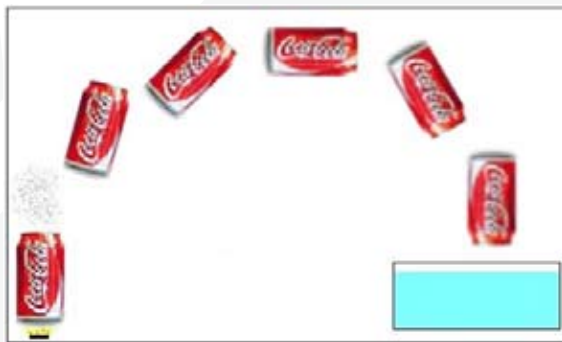


Rys. 1

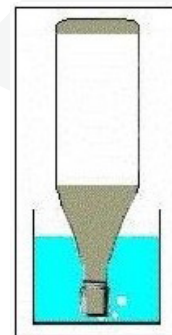


Rys. 2

- 3. Ciśnienie zależy od wysokości słupa cieczy.** W litrowej butelce wykonujemy kilka otworów (podobnie jak w doświadczeniu 1). Napełniamy butelkę wodą. Obserwujemy strugi wypływającej cieczy (rys. 2). Matematyczną analizę zasięgu strug znajdziemy w artykule Jadwigi Salach, *Kącik zadań*, „Foton”, nr 74.
- 4. Ciśnienie atmosferyczne (I).** Do puszkii po Coca-Coli lub innym napoju wlewamy nieco wody. Stawiamy na dowolnym palniku i doprowadzamy wodę do wrzenia. Odczekujemy chwilę, aby para wypełniła puszkę. Ujmujemy puszkę ręką (przez rękawicę!) i wrzucamy do naczynia z wodą w sposób pokazany na rysunku 3. Puszka zostaje zgnieciona.



Rys. 3



Rys. 4

- 5. Ciśnienie atmosferyczne (II).** Istnienie ciśnienia atmosferycznego możemy też zademonstrować w sposób nieco mniej efektowny, wykorzystując plastikową butelkę. Do butelki wlewamy trochę gorącej wody. Potrząsamy nią, aby gorąca woda oblała jej ścianki, i szybko zakręcamy butelkę. Po chwili różnica ciśnień wewnątrz i na zewnątrz butelki powoduje jej zgniatanie. Proces ten możemy przyspieszyć, wstawiając butelkę pod kran z zimną wodą.
- 6. Rozszerzalność cieplna.** Pustą butelkę wstawiamy do naczynia z wodą szyjką w dół (rys. 4). Jeśli istnieje taka możliwość, stawiamy na nasłonecznionym parapecie (lub po prostu ogrzewamy ją, ujmując w dłonie).

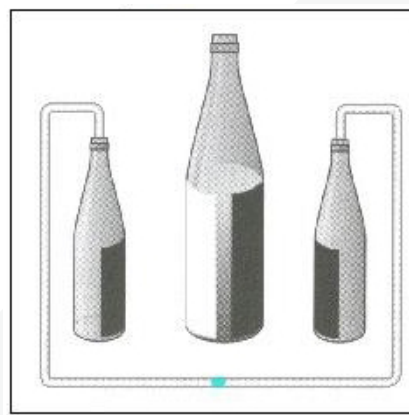


Po chwili z butelki wydobywają się pęcherzyki powietrza, co świadczy o rozszerzaniu się powietrza przy wzroście temperatury.

- 7. Zdolność absorpcyjna energii promieniowania.** Dwie puste butelki (jedna oklejona czarnym papierem, druga białym) łączymy przezroczystym wężem, do którego wprowadziliśmy kroplę zabarwionej cieczy (rys. 5). Sposób połączenia butelek z wężem pozostawiam pomysłowości wykonującego doświadczenie. W pewnej odległości od butelek ustawiamy rozgrzane żelazko. Kierunek przesuwania się kropli wody w wężu wskazuje butelkę, która ma powierzchnię o większej zdolności absorpcyjnej energii promieniowania żelazka.



Rys. 5

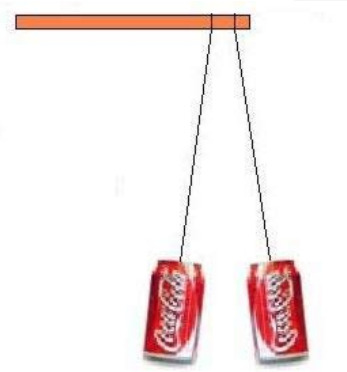


Rys. 6

- 8. Zdolność emisyjna.** Między dwie butelki połączone wężem (jak w poprzednim doświadczeniu) wstawiamy butelkę z gorącą wodą, której jedną stronę okleiliśmy papierem białym, a drugą czarnym (rys. 7). Sprawdzamy w ten sposób zdolność emisyjną ciemnej i jasnej powierzchni środkowej butelki.

Do wykonania kilku kolejnych doświadczeń konieczne jest źródło ładunku elektrycznego. Proponujemy użycie elektroforu. Opis wykonania elektroforu znajduje się w artykule *Elektryczność i magnetyzm (I)*. W innych doświadczeniach konieczny jest także elektroskop. Konstrukcję prostego elektroskopu opisaliśmy w artykule *Świeczka, a cóż w tym ciekawego*. Cytowane artykuły znajdują się na stronie internetowej ZamKoru.

- 9. Oddziaływanie ładunków elektrycznych.** Doświadczenie zostało opisane w artykule *Elektryczność i magnetyzm*. Inny sposób wykonania tego doświadczenia to zawieszenie dwóch puszek na dość długich niciach (ok. 1 m). Najlepiej naelektryzujemy puszki, dotykając je metalową płytą elektroforu (metal skuteczniej przekaże ładunek niż dielektryk). Odchylenie puszek jest niewielkie, ale dobrze widoczne (rys. 7).



Rys. 7



10. Zwiększamy pojemność elektryczną. Udzielamy elektroskopowi dość dużego ładunku elektrycznego (elektroskop stoi na podstawie ze styropianu). Zbliżyliśmy do elektroskopu dłoń. Wychylenie listka maleje (rys. 8). Oddaliliśmy dłoń. Listek ponownie się unosi.



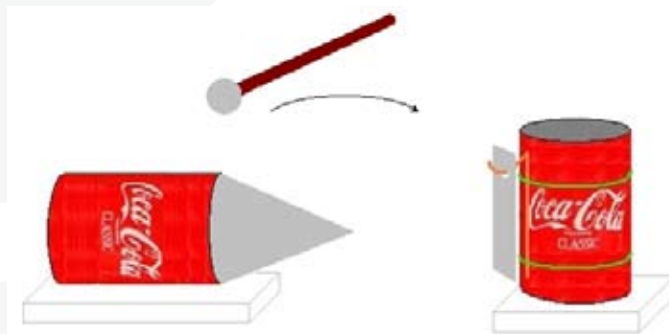
Rys. 8



Rys. 9

11. Ładunek rozmieszcza się na powierzchni przewodnika. Ze zmiętej folii aluminiowej ugniatamy kulkę o średnicy 15–20 mm. Kulkę przyklejamy do końca pręcika (rurki) z dobrego izolatora. Ucinamy wieczko puszkii (podobnie jak zrobiliśmy to, wykonując elektroskop). Blacha puszkii jest tak cienka, że do ucięcia z powodzeniem wystarczą nożyczki. Puskii, podobnie jak elektroskop, stawiamy na podstawie ze styropianu (rys. 9). Dość mocno elektryzujemy puskii. Dotykamy kulką wewnętrznej powierzchni puszkii, przenosimy kulkę do elektroskopu (najlepiej do wnętrza) i dotykamy ścianki. Czy listek elektroskopu wychylił się? Dotykamy teraz kulką zewnętrznej powierzchni puszkii i jak poprzednio przekazujemy ładunek kulki elektroskopowi. Czy teraz listek elektroskopu odchylił się?

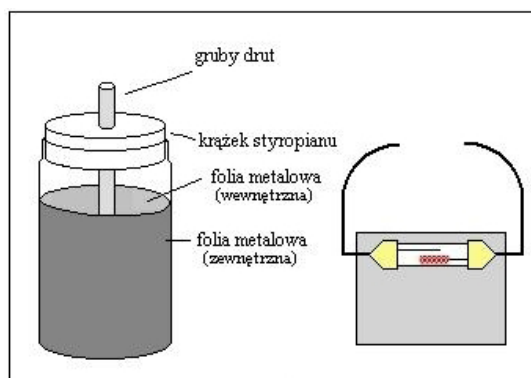
12. Czy ładunek rozmieszcza się równomiernie na powierzchni przewodnika? Z cienkiej tekturki sklejamy stożek; jego podstawa powinna być nieznacznie większa od średnicy puszkii. Oklejamy stożek folią aluminiową, zawijając ją nieco do wnętrza, aby po przyklejeniu stożka do puszkii folia jej dotykała. Kładziemy puskii na podstawie ze styropianu (rys. 10). Udzielamy jej możliwie dużego ładunku elektrycznego. Przenosimy kulką ładunek z bocznej powierzchni puszkii na elektroskop. Zapamiętujemy wychylenie listka. Uziemiamy elektroskop i przenosimy nań ładunek z ostrza stożka. Czy wychylenie listka elektroskopu było takie samo jak poprzednio? Jaki stąd wniosek?



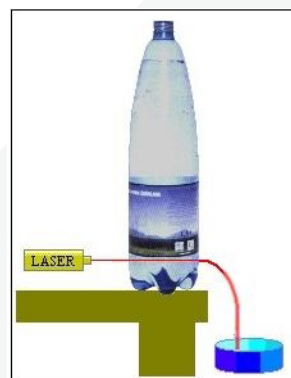
Rys. 10



13. Kondensator. Ostrem nożem odcinamy dolną część butelki. Dwa kawałki folii aluminiowej przyklejamy, jeden do wewnętrznej, drugi do zewnętrznej powierzchni butelki (rys. 11). Zewnętrzna folia powinna dotykać powierzchni stołu, a wewnętrzna wyścielać dno puszkii. Nasz kondensator (butelkę lejdejską) możemy uzupełnić metalowym prętem dotykającym dna i osadzonym w styropianowym korku. Ładujemy kondensator, dostarczając ładunek na metalowy pręt. Następnie uziemiamy najpierw jedną okładkę, potem drugą. Pytamy uczniów, czy kondensator jest teraz naładowany? Sprawdzamy odpowiedź, łącząc okładki zwieraczem z lampką neonową (ze wskaźnika napięcia). Neonówka błyska. Wskazujemy na różnicę między ładunkami swobodnymi i związanymi.



Rys. 11

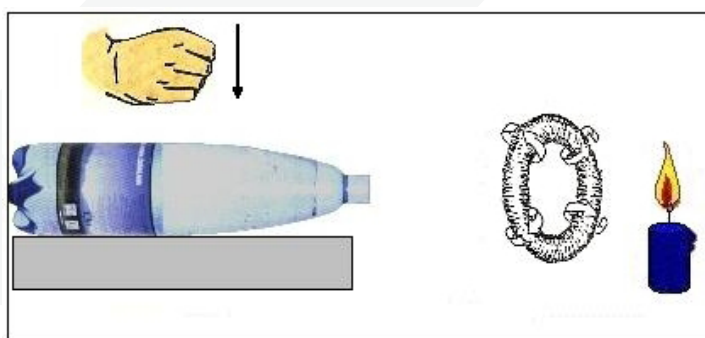


Rys. 12

14. Światłowód. W butelce wykonujemy otwór (jak w doświadczeniu 1). Butelkę napełniamy wodą. Wiązkę lasera kierujemy dokładnie na otwór (rys. 12). Wyraźnie widać, jak wiązka światła biegnie wzdłuż strugi.

UWAGA: W niektórych doświadczeniach warto przed napełnieniem butelki zakleić otwór (otwory) taśmą izolacyjną i zerwać ją w odpowiednim momencie.

15. Wiry. Pustą butelkę (najlepiej większą, dwulitrową) kładziemy na stole. Naprzeciw wylotu butelki, w odległości ok. 1,5 m ustawiamy zapaloną świeczkę. Uderzamy silnie pięścią w butelkę (rys. 13). Świeczka gaśnie. Doświadczenie jest ciekawsze, gdy wypełnimy butelkę dymem. Widać wówczas, że za zgaszenie świeczki odpowiedzialny jest nie podmuch, a wir w kształcie torusa.



Rys. 13



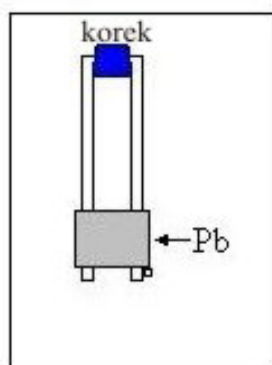
Rys. 14

16. Silnik odrzutowy. Przy dnie puszkii wykonujemy dwa otwory po jej przeciwnych stronach. Robimy to, wbijając w puszkę ostry śrubokręt i odchylając go w lewo (rys. 14). Zawieszamy puszkę na sznurku i napełniamy ją wodą. Gdy woda wypływa, puszkę obraca się w przeciwną stronę w stosunku do kierunku strug.

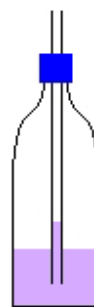


17. Silnik odrzutowy „na wodę”. Konstrukcję tego silnika opisał G. Brzezinka w kwartalniku „Foton” (nr 97 z 2007 r.). Przygotowanie doświadczenia jest nieco trudniejsze, za to doświadczenie bardzo efektowne. Podstawowym elementem silnika jest butelka po wodzie mineralnej i dwa wentyle rowerowe.

18. Nurek Kartezjusza. Przezroczystą rurkę plastikową zamkniętą na jednym końcu korkiem (długość ok. 5 cm, średnica 8–10 mm) lub fiolkę po lekarstwie owijamy paskiem cienkiej blachy ołowianej (rys. 15). Doświadczalnie tak dobieramy długość paska, aby nasz nurek, umieszczony w wodzie, pływał prawie całkowicie zanurzony. Butelkę napełniamy wodą (do pełna). Wpuszczamy nurka do butelki i szczelnie ją zamykamy. Ujmujemy butelkę w dłonie i lekko ściskamy. Nurek tonie. Przy pewnej wprawie (zmieniając siłę nacisku) możemy zanurzyć nurka na dowolną głębokość, zatrzymać lub zmusić do wypływania. Problem dla uczniów – wyjaśnić zachowanie nurka.



Rys. 15



Rys. 16

18. Czuły termoskop. Do tego doświadczenia użyjemy mniejszej butelki o pojemności 250–300 ml. W zakrętce szczelnie osadzamy cienką, przezroczystą rurkę, która nie sięga dna butelki. Do butelki wlewamy nieco zabarwionej wody (rys. 16). Termometr gotowy. Jeśli nawet lekko ogrzejemy butelkę przez przyłożenie do niej dłoni, powietrze w butelce rozszerzy się i poziom wody w rurce wyraźnie się podniesie.

19. Zmiany objętości przy krzepnięciu. Napełnioną wodą szklaną butelkę po Coca-Coli szczelnie zamykamy (wiem, że o takie butelki dziś trudno, ale można użyć innej). Umieszczamy ją w dowolnym naczyniu z mieszaniną lodu z solą. Czekamy kilkanaście minut. Słychać dość głośny huk. Po odgarnięciu lodu stwierdzamy, że butelka została rozsadzona.

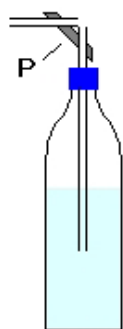
20. Telefon z puszek. W dnach dwóch puszek po Coca-Coli wykonujemy otwory. Przewlekamy przez nie końce dość mocnego sznurka o długości ok. 5 m. Na końcach sznurka zawiązujemy węzły. Każda z puszek naprzemiennie pełni rolę mikrofonu lub słuchawki (rys. 17). Naprężony sznur dobrze przenosi drgania akustyczne.



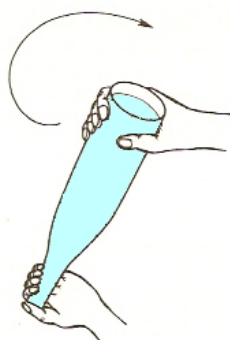
Rys. 17



21. Rozpylacz. Cienką rurkę (np. od napojów) przecinamy prawie do końca i zgینamy pod kątem prostym. W korku od małej butelki po wodzie mineralnej lub Coca-Coli wykonujemy otwór o średnicy rurki. Wklejamy rurkę do otworu (rys. 18). Płytkę P nie jest niezbędna, ale przyklejenie jej do rurki ułatwia korzystanie z rozpylacza. Silnie dmuchając w poziomą rurkę, powodujemy podniesienie poziomu płynu w pionowej rurce i wciągnięcie go w strumień powietrza. Widzimy tu skutek efektu Bernoulliego, o którym więcej piszemy w artykule *Pantarei, czyli zabawa z płynami*.



Rys. 18



Rys. 19

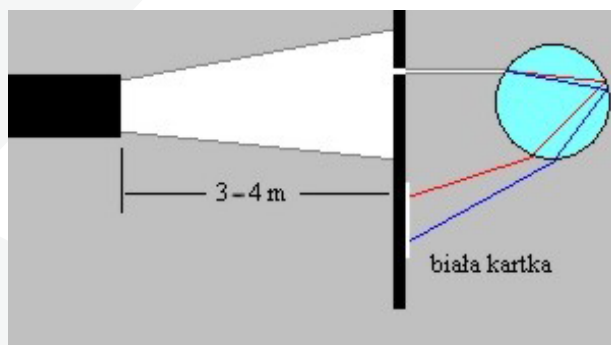


Rys. 20

22. Lej powietrzny. Dużą butelkę (o pojemności 1 lub 1,5 litra) napełniamy całkowicie wodą. Zamykamy kciukiem, odwracamy do góry dnem i nad wanną usuwamy kciuk. Mierzmy czas opróżnienia butelki. Ponownie napełniamy butelkę wodą, odwracamy do góry dnem, zamykamy kciukiem i szybko poruszając butelką po niewielkim okręgu, wprawiamy wodę w ruch wirowy (rys. 19). Jak poprzednio, nad wanną usuwamy kciuk i mierzmy czas opróżnienia butelki. Dlaczego czasy opróżniania tak istotnie się różnią?

23. Grająca butelka. Niewielką butelkę po wodzie mineralnej lub innym napoju (najlepiej o pojemności 250 ml) przytykamy otworem do dolnej wargi i dość mocno dmuchamy (rys. 20). Butelka wydaje dźwięk o określonej częstotliwości. Wlewając do butelki wodę, i tym samym zmniejszając wysokość słupa powietrza, zwiększamy wysokość dźwięku. Na podobnej zasadzie działają wszystkie instrumenty dęte (aerofony) wargowe.

24. Jak powstaje tęcza. W dużym, nieprzezroczystym kartonie wycinamy niewielką szczelinę (szerokość ok. 3 mm). Szczelinę oświetlamy silną żarówką w dość długiej osłonie, aby w pokoju było jak najmniej światła rozproszonego. Za szczeliną umieszczamy ułożoną poziomo butelkę napełnioną wodą (rys. 21). W miejscu, gdzie na kartonie powstaje widmo, warto przykleić białą kartkę.



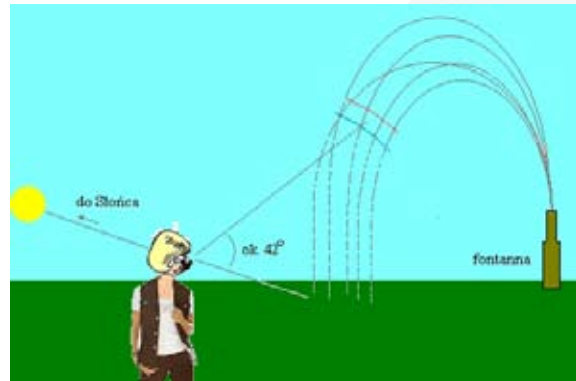
Rys. 21



25. Tęcza po raz drugi. Niekiedy udaje się zobaczyć fragment tęczy w kropelkach wody rozpylonej przez fontannę (fot. 3). Jeśli mamy ogródek i w nim punkt czerpania wody, możemy taką tęczę wytworzyć sami. Woda wypływająca z węża powinna być dobrze rozpylona. Stoimy, mając Słońce za plecami. Rozpylone kropelki powinny być na takiej wysokości, aby kąt między nimi a kierunkiem promieni słonecznych wynosił ok. 42° (rys. 22).



Fot. 3. Fragment tęczy



Rys. 22

26. Fłaszka Mariotte'a. W korku od butelki osadzamy szczelnie rurkę, tak aby można było ją przesuwać. Drugą krótką rurkę umieszczamy w otworze bocznym (rys. 23). Gdy ciecz zaczyna wypływać, poziom cieczy w butelce obniża się i ciśnienie powietrza nad cieczą maleje. Dzięki temu poziom cieczy w rurce również obniża się. Równowaga ustala się, gdy powietrze w rurce sięga dolnego wylotu. Dzięki temu, mimo iż poziom cieczy w butelce jest znacznie wyższy, wypływ odbywa się tak, jakby poziom cieczy znajdował się na wysokości h nad otworem wypływowym. Uzyskujemy stałą szybkość wypływu cieczy z butelki. Możliwość przesuwania rurki w korku pozwala regulować szybkość wypływu cieczy.



Rys. 23

27. Czemu nie wypływa? W puszcze po Coca-Coli, w pobliżu dna, wykonujemy niewielki otwór (blacha puszki jest bardzo cienka, wystarczy grubsza igła). Napełniamy puszkę wodą. Woda wypływa przez otworek. Od góry, szczelnie nakrywamy puszkę ręką. Woda przestaje wypływać. Dlaczego?

Inne zastosowania butelki

Butelkę po wodzie mineralnej wykorzystaliśmy również w celu sprawdzenia prawa Boyle'a-Mariotte'a. Wskazówki dotyczące wykonania doświadczenia znajdują się w programie BOYL. Butelkę możemy też wykorzystać jako statyw izolacyjny (rys. 24), użyć zamiast tradycyjnej laski ebonitowej (rys. 25), a także wykorzystać do przechowywania płynów.



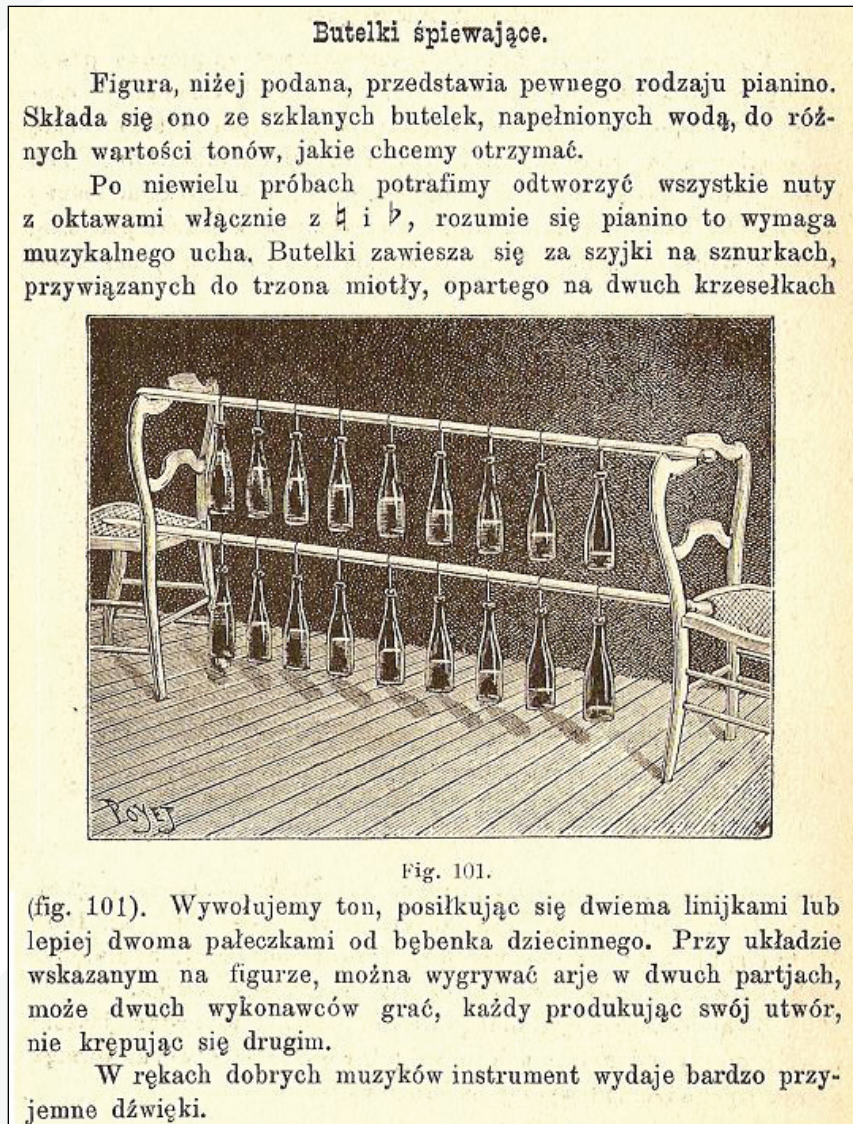
Rys. 24



Rys. 25



Na zakończenie przedstawiamy stronę (fot. 4) z dość dawno wydanej książki¹. Być może uczniowie przygotowują podobny instrument.



Fot. 4. Strona z książki wydanej w 1910 r. z opisem, jak zrobić śpiewające butelki

Literatura

1. J. Domański, *Domowe zadania doświadczalne*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999.
2. *Fizyka w Szkole*, nr 4/2000.
3. *Fizyka w Szkole*, nr 2/2007.
4. *Fizyka w Szkole*, nr 5/2007.

¹ Tissander G., *Rozrywki naukowe*, Nakład Księgarni Jana Fiszersa, Warszawa 1910.