

Po co gitarze pudło rezonansowe?

Rafał DEMKOWICZ-DOBRZAŃSKI

Mikołaj KORZYŃSKI

O tym, że szarpanie strun pozwala wydobywać dźwięki, człowiek przekonał się już dość dawno. Około 7000 lat przed naszą erą nasi uzdolnieni przodkowie skonstruowali coś, co wyglądało jak łuk z paroma cięciwami. Instrument ten mógł służyć do wygrywania różnych melodii, ale raczej nie dla większej publiczności, gdyż nie był zbyt donośny. Z czasem konstruktorzy pogrubili i wyźłobili jeden koniec łuku. Po co? Żeby wydobywane dźwięki uczynić głośniejszymi. I tak właśnie narodziło się pudło rezonansowe. Dalszy rozwój poszedł różnymi ścieżkami i pierwotny łuk z cięciwami przeewoluował do harfy, gitary, skrzypiec, fortepianu itp. Podczas całego tego rozwoju nikt jednak nie śmiał pozbyć się genialnego wynalazku, jakim było pudło rezonansowe, dzięki niemu dźwięki instrumentów były nie tylko głośne, ale zależnie od kształtów pudła miały również różne barwy.

Jak działa pudło rezonansowe? Każdy (kto choć trochę słyszał o fizyce) odpowie na to pytanie bez trudu. Drgająca struna swoim ruchem powoduje powstanie zagęszczeń i rozrzedzeń powietrza – fal dźwiękowych. W pudle rezonansowym mamy powietrze, które pobudzone przez docierające do niego fale też zaczyna drgać. Pamiętajmy, że struna ciągle drga, więc nowe bodźce (fale dźwiękowe) wciąż dolatują do pudła. W tych okolicznościach możliwe jest zajście zjawiska zwanego rezonansem – drgania w pudle stają się coraz większe dzięki kolejnym pobudzeniom, aż w końcu są naprawdę głośne. Powietrze w pudle wspomaga więc drgającą strunę i powoduje, że dźwięk jest wielokrotnie głośniejszy niż wtedy gdyby struna była zamocowana tylko na kawałku patyka. Oczywiście ważne jest, by pudło rezonansowe nie wzmacniało fali dźwiękowej tylko o jednej konkretnej częstotliwości, ale aby było jak najwszechstronniejsze – by wzmacniało dobrze dźwięki z całej skali instrumentu.

Na takim wyjaśnieniu można by poprzestać. Wszystko wydaje się jasne. Jest pudło! Jest głośno! Hurra! No dobrze, ale ktoś sceptyczny może się zacząć zastanawiać: Jeśli mam samą strunę bez pudła rezonansowego i trączę ją palcem – dostarczając jej tym samym pewnej energii, to ona następnie wyemituje tę energię w postaci fal dźwiękowych. Jeśli teraz mam strunę z pudłem rezonansowym i trączę ją palcem, w ten sam sposób, dostarczając jej tej samej energii, to okazuje się, że tym razem słyszę dźwięk znacznie głośniejszy niż poprzednio. Czy wobec tego jest coś nie w porządku z zasadą zachowania energii? Głośniejszy dźwięk oznacza przecież, że więcej energii rozchodzi się w przestrzeń, a struny dostały w obu przypadkach taką samą porcję energii. Czy to oznacza, że pudło rezonansowe – kawałek wyprofilowanego drewna – wyprodukowało energię??? Byłoby to dość oryginalne perpetuum mobile.

Jeśli ktoś wierzy w fizykę, wie, że wyjaśnienie musi być inne. Ale gdzie szukać ratunku? Tym, którzy chcą się sami zmierzyć z tym problemem, radzimy przerwać czytanie w tym miejscu.

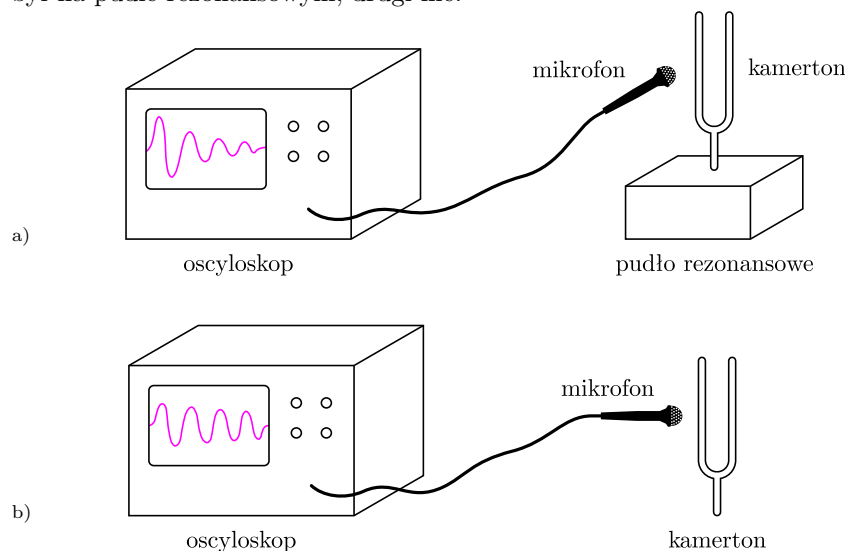
* * *

Jednym z rozwiązań, jakie można zaproponować, jest takie, że pudło rezonansowe powoduje „ukierunkowanie” energii. To znaczy że głośniejsz jest z przodu gitary, ale za to z tyłu jest ciszej. Taką hipotezę można łatwo odrzucić eksperymentalnie. Siedząc za kimś, kto gra na gitarze, słyszymy również bardzo dobrze.

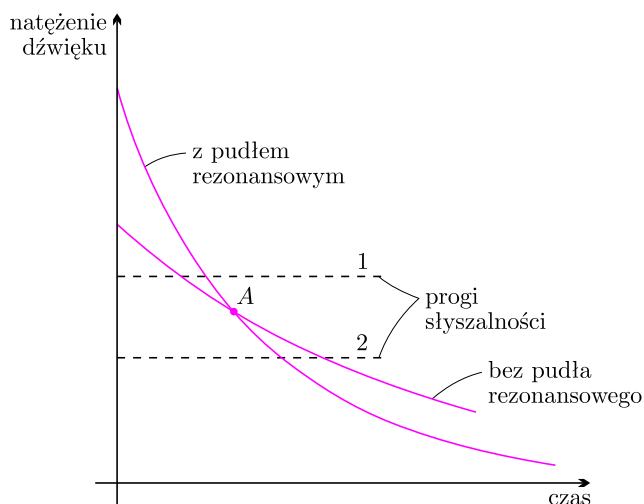
Prawidłowe rozwiązanie musi być więc inne. Gdy struna drga w obecności pudła rezonansowego, istotnie jest głośniejsz, ale za to struna szybciej wytraca swoje drgania. Oznacza to więc, że całkowita ilość energii wyemitowanej w świat jest taka sama jak w przypadku bez pudła rezonansowego, emitowana jest ona

jednak znacznie szybciej. Tak więc obecność pudła rezonansowego powoduje, że strunie szybciej odbierana jest energia. W efekcie dźwięk jest głośniejszy, ale trwa krócej. Pudło rezonansowe powoduje, że struna czuje większy „opór” i przez to szybciej gaśnie. Skąd bierze się ten opór? Oczywiście opór ten to nic innego jak tylko ciśnienie powietrza, a dokładniej fal dźwiękowych, które wzmacniają się w pudle rezonansowym. Wiemy, że gdy ciało porusza się z prędkością v i działa na otoczenie siłą F , to przekazuje otoczeniu moc $P = F \cdot v$. Bez pudła rezonansowego siły, jakie napotyka struna, są znacznie mniejsze – małe są amplitudy fal dźwiękowych – niż w przypadku obecności pudła.

Żeby nasze wywody nie były gołosłowne, dodamy, iż przeprowadziliśmy następujący eksperyment z użyciem kamertonów. Jeden kamerton umieszczony był na pudle rezonansowym, drugi nie.



Przy użyciu mikrofonu i oscyloskopu (pokazującego wychylenia membrany mikrofonu) zaobserwowaliśmy, że rzeczywiście dźwięk z kamertonu z pudłem rezonansowym był głośniejszy, ale też szybciej malała jego głośność.



Ktoś może zaprotestować. *Nieprawda! Sprawdziłem. Kamerton z pudłem rezonansowym jest głośniejszy i słycać go dłużej niż kamerton bez pudła!* Zgoda, może się tak zdarzyć, ale to dlatego, że człowiek ma pewien próg słyszalności (patrz wykres), i w pewnych warunkach jego próg słyszalności może być powyżej punktu przecięcia (próg słyszalności nr 1). Wtedy rzeczywiście kamerton z pudłem jest głośniejszy i słyszalny dźwięk trwa dłużej, ale wystarczy zbliżyć się dostatecznie do obu kamertonów, tak by próg słyszalności znalazł się poniżej punktu A (próg słyszalności nr 2) i poczekać dostatecznie długo – w końcu w konkursie głośności zwycięży kamerton bez pudła.