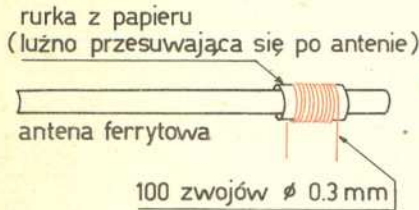


# Laboratorium w domu

Dr Jan A. GAJ

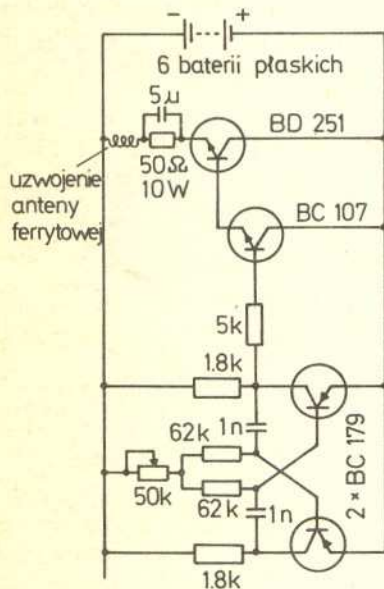
## Uczymy się u nietoperza: ultradźwięki

Ultradźwięki: fale sprężyste o częstotliwości przekraczającej górną granicę słyszalności człowieka. Przeciętny człowiek słyszy dźwięki o częstotliwościach 16 Hz—16 kHz. Fale akustyczne o częstotliwościach niższych niż dolna granica noszą nazwę infradźwięków.



Rys. 1

Magnetostrykcja: zmiana wymiarów ciała pod wpływem pola magnetycznego. Typowymi materiałami magnetostrykcyjnymi są nikiel oraz ferryty.



Rys. 2

Wiesz z pewnością, że sympatyczne to zwierzątko stosuje echosondę od czasów niepamiętnych, co znakomicie ułatwia mu omijanie przeszkód w czasie nocnych lotów. Nie możemy więc pretendować do oryginalności; mimo to warto popробować naśladownictwa i wytworzyć ultradźwięki samemu. Jaki będziemy mieli z nich pożytek? Zastrzegam się od razu, że echosondy nie zbudujemy. Wykonamy jednak kilka interesujących doświadczeń, związanych między innymi z zastosowaniami praktycznymi tych fal. Ale do rzeczy — zabieramy się do pracy, czyli

## Wytwarzamy ultradźwięki

Wykorzystamy w tym celu zjawisko magnetostrykcji w pręcie ferrytowym. Znakomicie nadaje się do tego antena ferrytowa o rozmiarach ołówka. Do pobudzenia jej do drgań należy nawinąć na nią około 100 zwojów drutu miedzianego, w emalii lub innej izolacji, o średnicy 0,3 mm (rys. 1). Przez to uzwojenie będziemy przepuszczać prąd zmienny wytworzony przez generator składający się z czterech tranzystorów, paru oporników i kondensatorów, którego schemat przedstawia rys. 2. Jeżeli nie przeraża Cię perspektywa zmontowania dość prostego obwodu (a także — co nieraz może być główną trudnością — zdobycia części), otwiera się przed Tobą świat dźwięków niesłyszalnych. Czy rzeczywiście? No, przynajmniej dla człowieka — na przykład psy słyszą drgania o wyższej częstotliwości niż ludzie. I my potrafimy jednak znaleźć sposób na wykrycie ultradźwięków. Najprościej, trzymając pionowo pręcik ferrytowy nanieść na jego koniec kropelkę wody. Następnie (uprzednio włączyliśmy generator) zmieniamy częstotliwość potencjometrem P dopóki nie natrafimy na rezonans. Poznamy go po wrzeniu wody. W temperaturze pokojowej? — zapytasz z niedowierzaniem. Dlaczego nie — ultradźwięki biegnąc przez wodę wytwarzają na przemian obszary zgęszczenia i rozrzedzenia. W tych ostatnich (przy odpowiednim natężeniu ultradźwięków) ciśnienie spada poniżej ciśnienia pary nasyconej — a więc woda wrze. Drugim objawem silnych drgań ultradźwiękowych jest wrażenie śliskości pręta ferrytowego, gdy go trzymamy w ręce. Możemy też dotknąć jego końcem zawieszoną na nitce piłeczki pingpongowej — odskoczy ona pod wpływem drgań. Zapytasz pewnie mimo wszystko

## A gdzie te zastosowania praktyczne?

Z szeregu zastosowań ultradźwięków możesz spróbować wykonania płuczki ultradźwiękowej — zanurzając koniec oscylującego ferrytu do wody w probówce wprawiamy ciecz w silne drgania. W ten sposób można czyścić bardzo skomplikowane przedmioty z zakamarkami, do których trudno byłoby dostać się w inny sposób.

Być może, Czytelniku, zechcesz wybiec poza ograniczenia, jakie narzucają nam praktyczne możliwości laboratorium w domu i zapytasz o praktyczne zastosowania ultradźwięków, które byłoby trudno zrealizować w warunkach domowych.

Pierwszym urządzeniem, o którym była mowa już na wstępie, jest

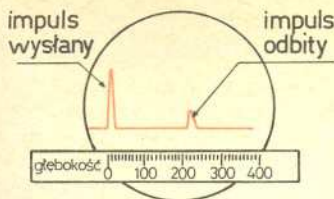
## ECHOSONDA

Urządzenie to służy, jak wiadomo, do pomiaru głębokości wody przez statki, a także do określania położenia różnych obiektów pod wodą: na przykład ławic ryb lub — w marynarce wojennej — okrętów podwodnych nieprzyjaciela. Zasadę działania echosondy ilustruje rysunek 3. Fale ultradźwiękowe są wysyłane przez zasilany z generatora przetwornik jako krótkie impulsy. Po odbiciu od dna lub innej przeszkody ultradźwięki powracają do statku. Teraz zostają zamienione przez detektor (często bywa nim ten sam przetwornik, który je wysłał) na drgania elektryczne i po wzmocnieniu doprowadzane są do wskaźnika, określającego na podstawie czasu, który upłynął od wysłania do powrotu impulsu ultradźwiękowego, odległość przeszkody od statku. Wskaźniki takie bywają różnej konstrukcji, między innymi stosuje się urządzenia rejestrujące wskazania echosondy na taśmie papierowej.



Rys. 3





Ekran oscyloskopowego wskaźnika echosondy

Rys. 4

### Rozstrzygnięcie konkursu samych zwycięzców z „Deltą” 3/1977

Zadaniem konkursu było wykonanie i przysłanie działającego modelu pompki wodnej. Zadanie to zostało wykonane przez 5 uczestników. Niestety większość pompek działała w zasadzie symbolicznie, nie wytwarzając znaczącej różnicy ciśnień. Zdecydowanie na korzyść wyróżniła się pompka nadesłana przez kol. Zbigniewa Kamieniaka z Oleśnicy, która dawała podciśnienie około 0,2 at (co w przeliczeniu na obowiązujące jednostki wynosi około 20 kPa kilopaskali). Pompka wykonana była z rurek szklanych i korków polietylenowych. Pozostałe pompki wykonane były z różnych materiałów: szkła, metali i tworzyw sztucznych. Niektóre pompki przedstawiono na fotografiach. A oto pełna lista nagrodzonych:

- Zbigniew Kamieniak, 56-400 Oleśnica, ul. 22 Lipca 15 m. 4, zestaw do doświadczeń chemicznych
  - Tomasz Pawlus, 39-200 Dębica, ul. Głowackiego 13 m. 20,
  - Maciej Kaczmarczyk, 81-310 Gdynia, ul. Śląska 50 m. 3,
  - Jacek Pacholczyk, 00-927 Łódź ul. Limanowskiego 174/76 m. 1066,
  - Adam Kordaszewski, 32-300 Olkusz, ul. Skłodowskiej 29.
- nagrody książkowe.

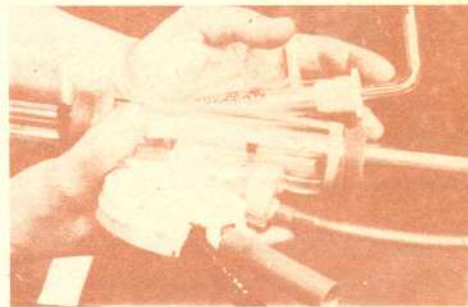
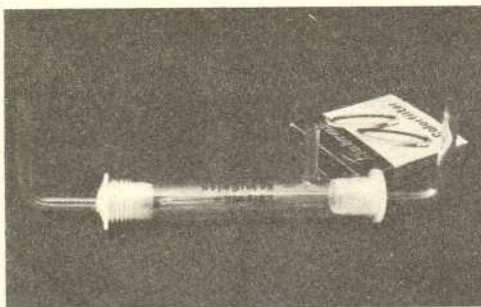
Jednym z pojęciowo najprostszymi rozwiązań jest użycie oscyloskopu, do którego doprowadza się zarówno impuls z generatora, jak i impuls odbiciowy z detektora. Przy określonej prędkości podstawy czasu, to jest poziomego ruchu płamki na ekranie oscyloskopu, odległość między impulsem wysłanym a odbitym na ekranie jest miarą głębokości wody, można więc zaopatrzyć ekran w skalę w metrach jak na rysunku 4.

Istnieje jeszcze jedno zastosowanie ultradźwięków bardzo bliskie opisanemu wyżej, a mianowicie

### DEFEKTOSKOPIA ULTRADŹWIĘKOWA

Z pewnością słyszałeś, że przy pomocy ultradźwięków „prześwietla” się nieprzezroczyste przedmioty dla wykrycia w nich niewidocznych z zewnątrz defektów lub na przykład w celu dokonania pomiaru grubości blachy. Metoda echa, w której działanie defektoskopu jest najbardziej zbliżone do działania echosondy, jest tylko jedną z metod stosowanych w defektoskopii. Można też przepuszczać ultradźwięki przez badany przedmiot — obecność defektów objawi się w postaci zmniejszenia amplitudy odbieranego z przeciwnej strony przedmiotu sygnału. Metoda ta nosi nazwę metody cienia. Z pozostałych metod wymienię jeszcze metodę drgań własnych, w której uderzony przedmiot sam wytwarza drgania, a ich widmo jest analizowane przez defektoskop. Wymieniam ją dlatego, że każdy z nas jest w taki defektoskop wyposażony, z tą różnicą, że działa on w obszarze częstości dźwiękowych. Oczywiście, jest to nasze ucho! Kiedy kupujemy szklanki, sprzedawczyni stuka w każdą z nich dla upewnienia się, czy nie jest pęknięta. W ten sposób stosuje ni mniej ni więcej tylko metodę drgań własnych defektoskopii dźwiękowej.

Czy to już wszystko? — zapytasz. Zastosowań ultradźwięków jest jeszcze wiele, w szczególności zastosowań badawczych w fizyce i diagnostycznych w medycynie, zapewne jednak, zamiast o nich czytać, będziesz wolał zająć się doświadczeniami.



#### Rozwiązanie zadania F 46

Analizę wymiarową można stosować do wielkości mierzalnych, tj. takich, dla których istnieje sposób porównywania z pewną wielkością uznaną za jednostkę. Potencjał taką wielkością nie jest. Potencjał, podobnie jak energia potencjalna, jest określony z dokładnością do stałej addytywnej. Oznacza to, że sens fizyczny mają (czytaj: dają się zmierzyć) jedynie różnice potencjału, a nie sama wartość potencjału. Dodanie do wszystkich występujących w problemie potencjałów tej samej, dowolnej stałej nie zmienia żadnej mierzalnej wielkości fizycznej. Wprawdzie zdarza się, że czasami mówimy o potencjale nie podkreślając, że chodzi o różnice potencjałów, jednakże jest to tylko pewien skrót myślowy, który możemy stosować wtedy, gdy wiemy, względem czego ten potencjał mierzymy. Często przyjmuje się, że potencjał jest równy zeru w nieskończoności (np. dla ładunku punktowego), w środku układu współrzędnych (np. dla siły odśrodkowej) lub na powierzchni Ziemi (np. w radiotechnice). W rzeczywistości mówiąc o potencjale mówimy wtedy o różnicy potencjałów w rozważanym punkcie i w punkcie, którego potencjał — korzystając z możliwości dodawania dowolnej stałej — przyjęto za równy zeru. W związku z tym założenie, że w układzie CGS potencjał  $V$  pochodzący od naładowanej nici zależy tylko od  $\eta$  i  $r$ , jest nieprawdziwe. O potencjale w rozważanym układzie możemy mówić jedynie w znaczeniu omówionym wyżej, mając na myśli różnicę potencjałów w punkcie odległym od nici o  $r$  i w punkcie odległym od nici o  $r_0$ , takie, że  $V(r_0) = 0$ . Tak rozumiany potencjał w układzie CGS powinien zależeć od  $\eta$ ,  $r$  i  $r_0$ . Najogólniejsza postać  $V$ , jaką można z tych parametrów zbudować, jest następująca

$$V = \text{stała} \cdot \eta \cdot f(r/r_0),$$

gdzie  $f$  jest bezwymiarową funkcją stosunku  $r/r_0$ . Widzimy, że teraz nie dostajemy paradoksu. Wprawdzie nie dostajemy też konstruktywnej odpowiedzi, jeżeli chodzi o potencjał  $V$ , bo przecież nie znamy funkcji  $f$ , ale to już inna sprawa (w celu wyznaczenia postaci funkcji  $f$  należałoby skorzystać z addytywności potencjału — otrzymanie konkretnej postaci funkcji  $f$  przy użyciu jedynie metod analizy wymiarowej, bez wykorzystania wspomnianej wyżej addytywności potencjału lub innej własności równoważnej, jest niemożliwe).

W układzie SI oprócz rozważanych parametrów należałoby uwzględnić jeszcze przenikalność dielektryczną próżni  $\epsilon_0$ , która w SI nie jest wielkością bezwymiarową. Poza tym rozważania w układzie SI nie różnią się od rozważań w CGS. Koncepcja niniejszego zadania pochodzi od dra hab. Andrzeja Szymachy. Czytelników, którzy odkryją szczególnie ciekawe paradoksy, do jakich może prowadzić niefrasobliwe stosowanie analizy wymiarowej, prosimy o podzielenie się swymi uwagami z Redakcją.