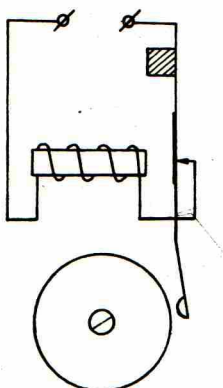


## O SAMOINDUKCJI, ŁADOWANIU KONDENSATORA I NEONÓWCE, CZYLI O WYSOKIM NAPIĘCIU W DZWONKU I O GENERATORZE DRGAŃ RELAKSACYJNYCH



Rys. 1

Dla ścisłości wyjaśnię od razu, że mam na myśli dzwonek starszego typu, taki z przerywaczem. Posługując się nim oraz zwykłą baterijką do latarki kieszonkowej otrzymamy napięcie rzędu 200 V, czyli zbudujemy najprostszą przetwornicę — urządzenie do podwyższania napięcia stałego.

### SKĄD SIĘ BIERZE TO NAPIĘCIE?

Oczywiście powstaje na zasadzie samoindukcji. W gruncie rzeczy powstaje ono zawsze, kiedy działa dzwonek; niczego więc nie trzeba budować, wystarczy dołączyć baterijkę do zacisków dzwonka i — gotowe. Niestety jednak ma ono, jak się za chwilę przekonamy, formę krótkich impulsów i w tej postaci trudno je odpowiednio zademonstrować. Wróćmy jednak do odpowiedzi na nasze pytanie. W czasie działania dzwonka (schemat na rys. 1) prąd płynący przez uzwojenie jego elektromagnesu jest okresowo przerywany. Uzwojenie to posiada pewien współczynnik indukcji własnej  $L$ . Jak wiemy, zmiana natężenia prądu o wartość  $\Delta i$  w czasie  $\Delta t$  wywoła powstanie siły elektromotorycznej samoindukcji

$$E = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

albo, ściślej, w zapisie różniczkowym

$$E = -L \frac{di}{dt}$$

Przy przerywaniu prąd zmienia się w bardzo krótkim czasie od początkowej wartości do zera, a zatem pojawia się na uzwojeniu duże napięcie (rzędu setek woltów) — oczywiście tylko w tym krótkim momencie zmniejszania się natężenia prądu. Na wykresie wygląda to mniej więcej jak na rys. 2.



Rys. 2

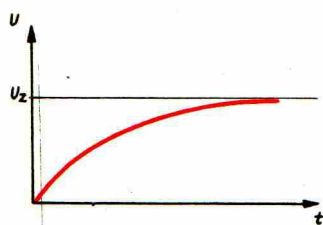
### ZAPRZĘGAMY NAPIĘCIE DO ROBOTY

Impulsy przedstawione na rys. 2 trwają bardzo krótko, a więc posiadają małą energię. Żeby mieć z nich jakiś pożytek, trzeba tę energię zmagazynować. Można to zrobić przy pomocy diody i kondensatora (rys. 3). Każdy impuls będzie ładował kondensator przez diodę. Dzięki włączeniu diody, kondensator nie będzie rozładowywał się w okresach między impulsami, lecz każdy kolejny impuls będzie nieco powiększał jego napięcie, które będzie dążyło do napięcia szczytowego impulsów (rys. 4).

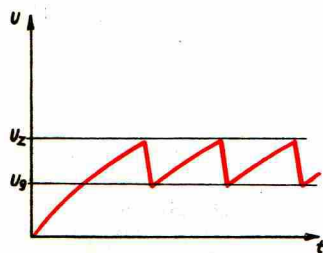


Rys. 3

Jak dotychczas, energia naszych impulsów zgromadzona w kondensatorze oddaje się lenistwu i możemy jedynie wierzyć, że się tam znajduje. Aby się doświadczalnie przekonać, że kondensator został naładowany, możemy zewrzeć jego bieguny — powstanie iskra. Możemy jednak zrobić rzecz ciekawszą, dołączając do kondensatora równolegle neonówkę. Każda neonówka charakteryzuje się tak zwanym napięciem zapłonu  $U_z$  potrzebnym do tego, aby w gazie między jej elektrodami mogła się rozpocząć jonizacja lawinowa, a zatem i przepływ prądu. Po zapaleniu się neonówki napięcie na niej może być niższe, nie mniejsze jednak, niż napięcie gaśnięcia  $U_g$ , przy którym neonówka przestaje świecić. Teraz już widzicie, co się będzie działo: kiedy napięcie ładującego się kondensatora dojdzie do wartości napięcia zapłonu  $U_z$ , neonówka zapali się, prąd zacznie płynąć, kondensator rozładowuje się aż do napięcia  $U_g$ , przy którym neonówka zgaśnie, przestanie kraść prąd kondensatorowi i napięcie znowu wzrośnie. Ten proces powtarza się, neonówka błyska okresowo, a to, co zbudowaliśmy, nazywa się generatorem drgań relaksacyjnych. Wykres napięcia na kondensatorze będzie teraz wyglądał jak na rys. 5.



Rys. 4

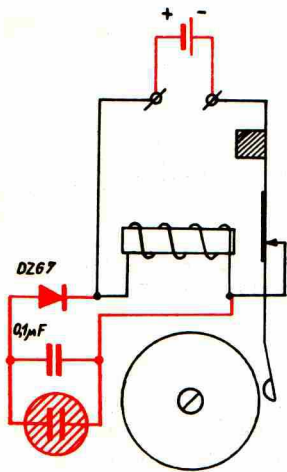


Rys. 5

### A TERAZ DO RZECZY

Jeżeli rzeczywiście, a nie tylko w teorii, chcemy wykonać opisane doświadczenie, musimy zaopatrzyć się w następujące materiały:

- 1) Dzwonek starego typu (z przerywaczem). Może być brzycki. Szukać go należy raczej wśród starych rupieci, niż w sklepie.
  - 2) Dioda DZG 7.
- Dowolna dioda prostownicza krzemowa jest jeszcze lepsza, tylko o wiele droższa.



Rys. 6

3) Kondensator o pojemności rzędu  $0,1\mu\text{F}$ .

Przy tej pojemności neonówka będzie błyskała mniej więcej raz na sekundę. Można dać pojemność parokrotnie większą lub mniejszą.

4) Neonówka.

Neonówki przeznaczone do włączania do sieci mają wbudowany duży opór, co może zmienić przebieg eksperymentu (jak, dlaczego?). Próby usunięcia oporu zazwyczaj kończą się zniszczeniem neonówki. W sklepach z częściami radiowymi bywają małe neonówki bez oporu. Niedrogi.

5) Bateria (na przykład płaska 4,5 V).

Macie wszystko? No to łączymy obwód jak na rys. 6. Nie pomylicie biegunów baterii i kierunku włączenia diody, bo możecie ją uszkodzić, gdyby impulsy napięcia były wyższe, niż dioda znosi w kierunku zaporowym. Działa? Pochwalcie się w listach — adres redakcji na wewnętrznej stronie okładki. Nie działa? Sprawdźcie połączenia. Może się też zdarzyć (wyjątkowo), że dioda (germanowa) ma nietypowo duży prąd zaporowy i kondensator rozładowuje się przez nią nie powodując zapalenia neonówki. Możecie jeszcze spróbować wyregulować przerywacz dzwonka odpowiednią śrubką — powinno pomóc. Oczekuję Waszych listów. Przypominam, że możecie nadsyłać opisy innych doświadczeń, które wykonaliście. Najciekawsze będziemy uwzględniać w naszej rubryce.



## Zadania

Redaguje mgr Andrzej MAKOWSKI

Zadania matematyczne w niniejszym numerze (inaczej niż dotychczas) są związane tematycznie i rozwiązuje się je tą samą metodą.

M19. Symbolem  $n!$  oznaczamy iloczyn liczb naturalnych od 1 do  $n$  (a więc np.  $4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$ ). Udowodnić, że jeśli

(a)  $1! + 2! + \dots + n! = k^2$  ( $k$  — liczba naturalna),

to

(b)  $1! + 2! + \dots + k! = n^2$ .

Rozwiązanie na str. 12

M20. Udowodnić, że nie istnieją liczby naturalne  $m, n$  spełniające równość  $m^3 + 13 = 2^n$ .

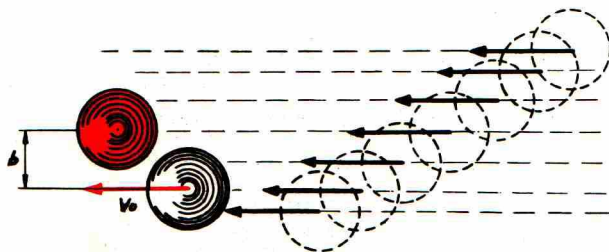
Rozwiązanie na str. 3

M21. Udowodnić, że liczba 13 nie jest sumą trzech sześcianów liczb całkowitych.

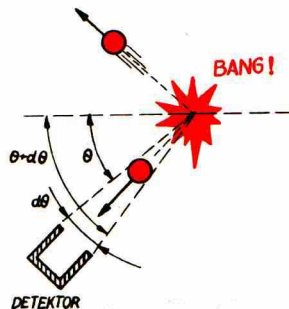
Rozwiązanie na str. 5

Redaguje dr Andrzej ZIEMIŃSKI

F7. Na gładkim stole spoczywa kula bilardowa o masie  $m$  i promieniu  $R$ . Kierujemy w jej stronę identyczną kulę, nadając jej prędkość  $V_0$ . Kule zderzają się sprężysto. Doświadczenie powtarzamy wielokrotnie, nie celując jednak w kulę spoczywającą, a puszczając kule jedynie tak, by zawsze miały tę samą prędkość początkową i by przed zderzeniem tory wszystkich kul były równoległe. W tych warunkach parametr  $b$  zderzenia, czyli odległość prostej, wzdłuż której porusza się środek masy kuli nadbiegającej, od środka masy kuli spoczywającej (rys. 1), przyjmuje różne wartości, ale każdą z takim samym (danym) prawdopodobieństwem.



Rys. 1



Rys. 2

Jaka — średnio — liczba kul będzie rozproszona pod kątem  $\theta$ , a dokładniej, pod kątem zawartym między  $\theta$  a  $\theta + d\theta$  (rys. 2)? Przedyskutować następujące przypadki ogólniejsze: a) masa i promień kul spoczywającej i nadbiegającej mają różne wartości; b) kula uderzana nie spoczywa, lecz porusza się w przeciwnym kierunku niż kula nadbiegająca, ale z taką samą szybkością.

Rozwiązanie na str. 17

Zadanie to jest prostym modelem bardzo częstych sytuacji, jakie wytwarzają fizycy badając własności obiektów mikroświata na podstawie rozproszenia kierowanych na nie cząstek przyspieszonych w akceleratorze. Tego typu zadania musiał rozwiązać Ernest Rutherford, aby zinterpretować wyniki swych doświadczeń nad rozpraszaniem cząstek alfa na jądrze atomowym (nb. właśnie interpretacja tych doświadczeń pozwoliła mu odkryć jądro atomowe).