

# Laboratorium w domu

Mgr Krzysztof TABASZEWSKI

## Wyznaczanie przyspieszenia i nie tylko

Upuśćcie kamień na ziemię i wyznaczcie przyspieszenie, z jakim się porusza. Dobrze, powiecie, ale nawet ręczny dobry stoper nie pozwoli zmierzyć czasu spadku ciała z wysokości kilkudziesięciu centymetrów, ponieważ czas naszej reakcji jest tego samego rzędu co czas spadania.

Czy to znaczy, że musimy zrezygnować z pomiaru? Oczywiście nie, zbudujemy urządzenie, które dostarczy nam tylu informacji o ruchu ciała, ile może dać kamera filmowa wykonująca 50 lub 100 zdjęć w ciągu sekundy! Pozwoli to nam wyznaczyć na odcinku kilkudziesięciu centymetrów prędkość i przyspieszenie w wielu miejscach. Przekonamy się, że w czasie swobodnego spadku prędkość wzrasta, a przyspieszenie jest stałe.

### JAK DZIAŁA TO URZĄDZENIE?

Wyobraźmy sobie, że spada ciało a z nim taśma papierowa, na której pisak z częstotliwością 50 Hz (lub 100 Hz) znaczy odległości przebywane w ciągu  $\frac{1}{50}$  s

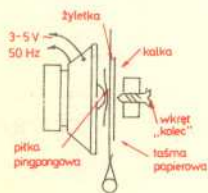
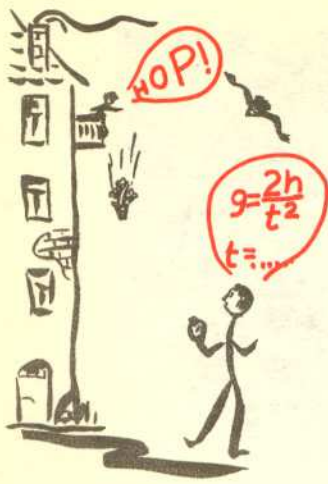
(lub  $\frac{1}{100}$  s). Po kilku dziesiątych sekundy (czas spadku) jesteśmy już

posiadaczami kilkudziesięciu współrzędnych punktów zależności  $s(t)$ , którą przedstawimy na wykresie. Jaki jest kształt krzywej? Nieco pracy — liczymy średnie prędkości na odcinkach zaznaczonych na taśmie i jesteśmy w stanie wykreślić zależności prędkości od czasu  $v(t)$  i przyspieszenia od czasu  $a(t)$ .

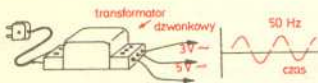
Jak wyglądają te zależności? Przeprowadźcie badania dla ciał o różnych masach, np.  $\frac{1}{2}$  kg i 1 kg.

### ZA ILE, Z CZEGO I JAK WYKONAĆ TO URZĄDZENIE?

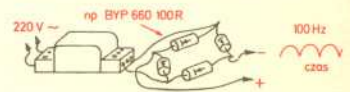
Chronograf taśmowy — tak się nazywa nasz przyrząd — będzie kosztował około 80 zł — cena głośnika i piłeczki pingpongowej. Niełatwo wprawić w ruch drgający z częstotliwością 50 Hz pisak o znacznej masie, dlatego ominiemy tę trudność i poruszać będziemy taśmą papierową. Do membrany głośnika przykleimy piłkę pingpongową, która będzie poprzez żyłkę dociskać z częstotliwością 50 Hz (lub 100 Hz) taśmę papierową i kalkę do stalowego „kolca” (rys. 1). Głośnik zasilamy prądem zmiennym o napięciu 3—5 V np. z transformatora dzwonekowego (rys. 2), lub prądem jednokierunkowym pulsującym z prostownika dwupołkowego również o napięciu 3—5 V (rys.3). W tym drugim przypadku tak podłączcie prostownik, aby piłeczka była „wypychana”.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

### BUDOWA NAJPROSTSZEJ WERSJI

Materiały:

głośnik GD 12/5 4Ω (średnica 12 cm, moc 5W)  
lub GD 12/8 6Ω, GD 13—18/2 8Ω

piłka pingpongowa

klej „Hermol” lub inny do celuloidu

sklejka o grubości 3—4 mm

4 śruby M5 o długości 40 mm

16 nakrętek M5

wkręt do drewna o długości ok. 30 mm

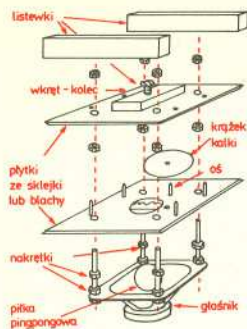
klocek — listewka o długości 12 cm

dwie deseczki o wymiarach 20 cm × 4 cm × 1,5 cm

kilka gwoździ

połówka żyłki

śruba M2 o stożkowym łbie z nakrętką.



Rys. 4

Żyłtką wycinamy ze środka membrany (uważając, aby jej nie uszkodzić) płócienną lub papierową wkładkę i wklejamy w to miejsce piłkę pingpongową. Do kosza głośnika mocujemy nakrętkami cztery śruby. W płytce ze sklejk wycinamy na środku otwór o średnicy 28 mm. Śrubą M2 mocujemy potówkę żyłtki, przyciskając jeden jej koniec nakrętką do sklejk. Drugi koniec żyłtki pozostawiamy swobodny. Brzegi otworu dopasowujemy do kształtu piłki pilnikiem, tak aby piłka miała możliwość wysunięcia się wraz z żyłtką 3—4 mm ponad płytkę. Płytkę mocujemy między ośmioma nakrętkami, tak aby piłka wystawała ok. 1 mm ponad płytkę. W sklejkę od spodu wbijamy 5 gwoździ. Cztery będą kołkami prowadzącymi taśmę papierową. Rozstaw ich powinien być większy o 20—30% od szerokości posiadanej taśmy. Piąty gwóźdź jest osią dla krążka kalki, powinien on swobodnie obracać się i zasłaniać otwór z piłeczką. Dla głośnika GD 12/5 wycinamy krążek o średnicy ok. 80 mm. Lepszym rozwiązaniem jest wykonana z drutu oś ruchoma w kształcie litery L. W obu płytkach wytniemy szczeliny. Przesuwanie osi z krążkiem o kilka milimetrów w jedną lub drugą stronę zaoszczędzi nam kłopotu z częstą wymianą kalki. Zamiast krążka można użyć paska kalki przesuwanego razem z taśmą papierową. Długi pasek kalki uzyskamy sklejkając kilka krótszych odcinków taśmą „celo” na brzegach. Do górnej płytki przybijamy na środku klocek. W klocek wkręcony jest wkręt, którego odległość od piłki tak regulujemy, aby uderzenia nie były zbyt mocne i nie uszkodziły chronografu. Do tej płytki przybijamy też dwie deseczki, które służą do oparcia przyrządu o ścianę w czasie badania swobodnego spadku lub do postawienia go na stole (rys. 4 i 5).

### CHRONOGRAF UDOSKONALONY

Zamiast krążka kalki zastosujemy tu skleiony na końcach pasek, który będzie przesuwiał się po widocznych na rysunku (rys. 5) rurkach, jak gąsienica czołgu. Pasek sklejemy przy brzegach kwadracikami taśmy „celo” o wymiarach 5×5 mm, nie zapominając zostawić 10—15 milimetrowego luzu. Pasek kalki powinien mieć szerokość ok.  $\frac{2}{3}$  odstępu między śrubami. Końce rurek opieramy na podkładkach o grubości 2—3 mm w celu uzyskania szczeliny, przez którą przesuwac się będzie taśma i kalka. Dla głośnika GD 12/5 rurki powinny mieć średnicę 37 mm, wtedy pasek będzie miał długość arkusza A4 i  $\frac{1}{4}$  jego szerokości. W wersji udoskonalonej zamiast sklejk lepiej użyć blachy aluminiowej o grubości 2 mm.

### DOŚWIADCZENIA

#### POMIAR CZASU REAKCJI — CZY NADAJESZ SIĘ NA KIEROWCĘ?

Jeden z uczniów ciągnie taśmę z niewielką prędkością. Egzaminator włącza ukryty klucz. Egzaminowany rozwiiera inny klucz po usłyszeniu terkotu chronografu. Liczymy kropki i ogłaszamy wynik egzaminu. Czas równy lub krótszy od 0,12 s — wynik bardzo dobry; od 0,12 s do 0,16 s — wynik dobry; od 0,16 s do 0,20 s — dostateczny; i powyżej 0,20 s — nie potrafisz się skoncentrować.

#### BADANIE RUCHU STACZAJĄCEGO SIĘ WALCA

Na stole układamy wąskie paski metalowej folii po dwa, tak aby staczający się metalowy walec uruchamiał chronograf. Znając szerokość pasków, licząc kropki na taśmie łatwo policzymy prędkości ciała, które możemy traktować jako prędkości chwilowe.

#### BADANIE ZALEŻNOŚCI MIĘDZY PRZYSPIESZENIEM CIAŁA A SIŁĄ DZIAŁAJĄCĄ NA NIE I JEGO MASĄ

Na wózek, na którym znajduje się ciało, działamy stałą siłą. Do wózka przymocowujemy koniec taśmy (rys. 5). Dalej wszystko już wiecie. Cała historia ruchu wózka zapisana jest na taśmie.

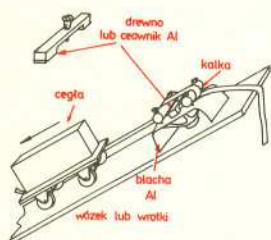
#### POMIAR PRZYSPIESZENIA ZIEMSKIEGO

Chronograf dociskamy do ściany. Do ściany dociskamy też obciążoną taśmę. Po usłyszeniu terkotu chronografu zwalniamy taśmę. Otrzymane przez nas wyniki nie różniły się od danych tablicowych więcej niż o 2%!

Jak uruchamiać zegar przy pomocy fotodiod napiszemy innym razem. Układ z fotodiodami pozwoli nam mierzyć prędkość ciała „na odległość”, np. w czasie swobodnego spadku czy też poruszających się wózków po torze powietrznym (patrz „Delta” 11/1976).

Prosimy Was o przysyłanie taśm i opisów innych doświadczeń, chętnie o nich napiszemy.

Chronograf taśmowy wraz z kompletem urządzeń (bramki z fotoelementami, wzmacniacz) został opracowany w Zakładzie Dydaktyki Fizyki UW.



Rys. 5