
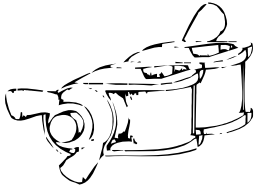
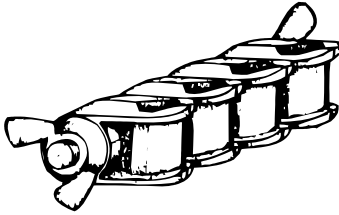
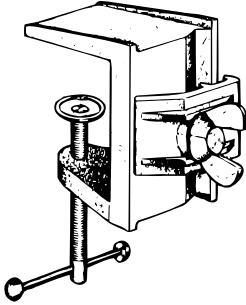

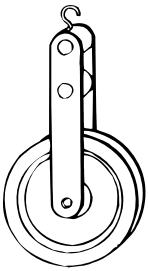
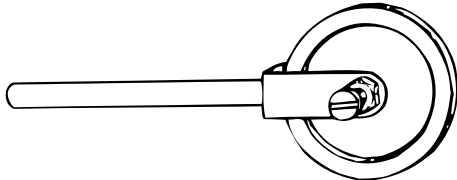
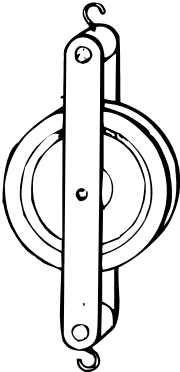
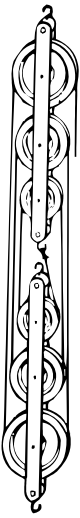



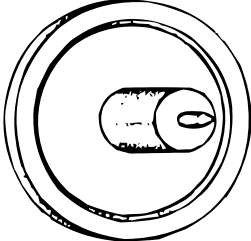
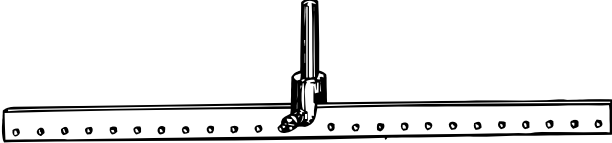
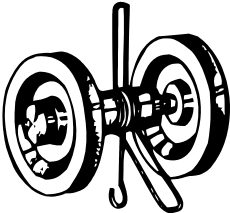

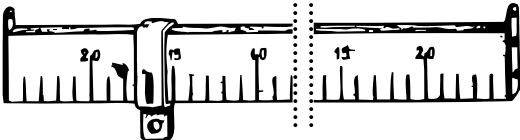
## KOMPLET DO DOŚWIADCZEŃ Z MECHANIKI

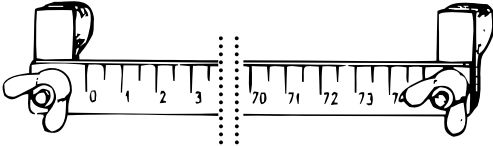
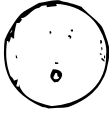
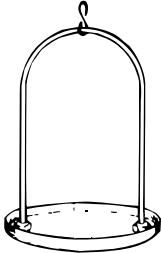
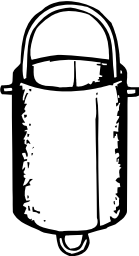

V 6 – 49

Przyrządy, wchodzące w skład kompletu, w tabeli:

L.p.	Wygląd	Nazwa	szt.
1.		pręty długości 1 m	2
2.		pręty długości 80 cm	2
3.		pręt długości 60 cm	1
4.		pręty długości 13 cm każdy, do umocowania osi kołowrotu	2
5.	 Rys. 1.	łącznik przegubowy 4-szczękowy	6
6.	 Rys. 2.	łącznik przegubowy 8-szczękowy	2
7.	 Rys. 3.	uchwyt do stołu	2
8.	 Rys. 4.	uchwyt z haczykami	5

9.	 <p>Rys. 5.</p>	blok pojedynczy z 1 haczykiem	3
10.	 <p>Rys. 6.</p>	blok uniwersalny	4
11.	 <p>Rys. 7.</p>	blok pojedynczy z 2 haczykami	1
12.	 <p>Rys. 8.</p>	wielokrążek szeregowy	1

13.	 <p>Rys. 9.</p>	wielokrążek równoległy	1
14.	 <p>Rys. 10.</p>	kołowrót	1
15.	 <p>Rys. 11.</p>	dźwignia	1
16.	 <p>Rys. 12.</p>	wózek z zaczepami	1
17.	 <p>Rys. 13.</p>	klocek drewniany	1
18.	 <p>Rys. 14.</p>	linijka z rameczką	1

19.	 Rys. 15.	linijka z podziałką do zawieszania	1
20.	 Rys. 16.	kulka drewniana	1
21.	 Rys. 17.	szalka	4
22.	 Rys. 18.	wiaderko z haczykami	4
23.	 Rys. 19.	obciążnik	2 komplety
25.		haczyki	10
26.		nić stylonowa	(5 m)

Dodatkowo w skład kompletu wchodzi:

1. dwa pręty długości 1 m,
2. dwa pręty długości 80 cm,
3. pręt długości 60 cm,
4. dwa pręty długości 13 cm każdy, do umocowania osi kołowrotu,
5. trzy kulki metalowe,
6. dziesięć haczyków,
7. nić stylonowa (5 m).

Trwałe opakowanie kompletu stanowi drewniana skrzynka, zamykana i zaopatrzona w dwa ucha do przenoszenia.

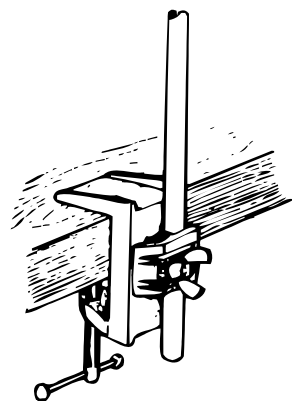
Układ przyrządów w skrzynce jest pokazany na rysunku przyklejonym do wieka. Z prętów, łączników i uchwytów można zbudować prostokątną ramę o wymiarach 100 x 80 cm, 100 x 60 cm lub 80 x 60 cm, równię pochyłą oraz różnej wysokości statywy mocowane do stołu. Dwa pręty krótkie (po 13 cm) są przeznaczone do ustawienia kołowrotu.

Poniżej są podane przykłady doświadczeń, jakie można wykonać za pomocą kompletu.

## I. NAUKA O SIŁACH

W normalnych dla nas warunkach (w grawitacyjnym polu ziemskim) wszystkie ciała mają określony ciężar.

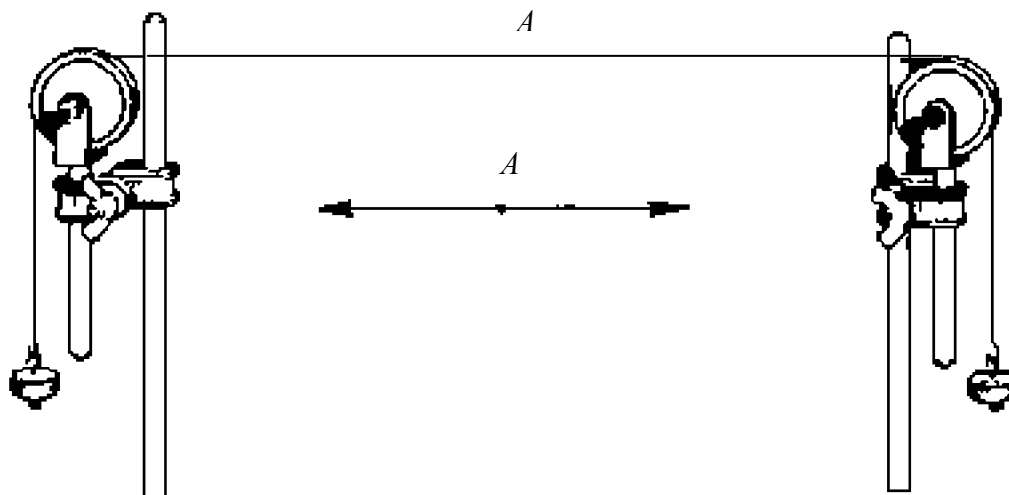
Ciężar można wytłumaczyć oddziaływaniem ziemskiego pola grawitacyjnego, które przyciąga ciała z siłą skierowaną pionowo ku dołowi. Jak wynika z powyższego, pojęcie siły należy do najbardziej podstawowych pojęć mechaniki. Zapoznanie ucznia w sposób poglądowy z własnościami sił jest możliwe tylko na drodze eksperymentalnej.



### I. Dwie równe siły o tym samym kierunku, lecz o przeciwnych zwrotach wzajemnie się równoważą.

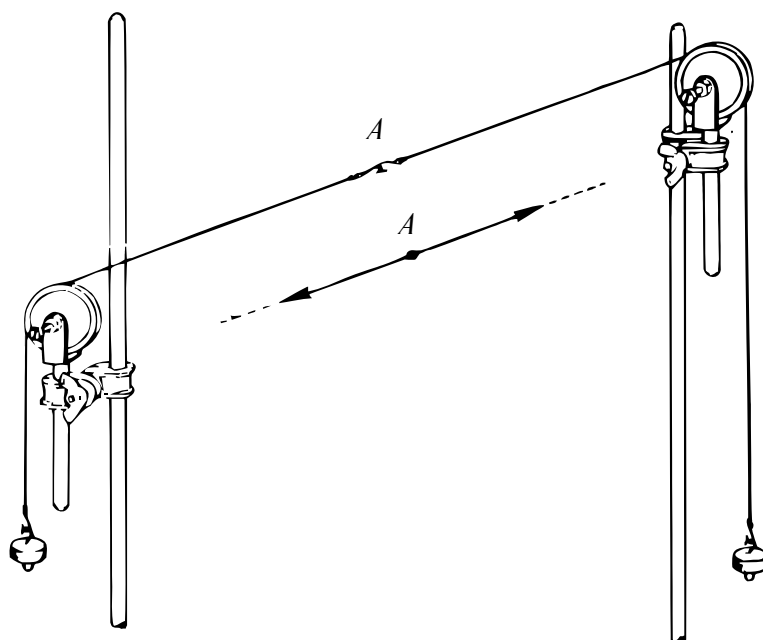
Do płyty stołu przykręcamy dwa uchwyty w pewnej odległości jeden od drugiego i w każdym mocujemy pręt. Pręt osadzamy w uchwycie wzdłuż trójkątnego rowka, a przyciskamy go tą stroną przycisku, która ma prostokątne wgłębienie, jak to jest pokazane na rys. 20 i następnie przykręcamy śrubą skrzydełkową.

Rys. 20.



Rys. 21.

Na pionowych prętach mocujemy dwa bloki uniwersalne (rys.6), przykręcamy śrubą za pomocą uchwytów przegubowych 4-szczękowych (rys.1). Przez bloki przerzucamy dwie nylonowe linki zaopatrzone na końcach w haczyki. Na każdym końcu zawieszamy dowolną, (lecz jednakową) liczbę obciążników.



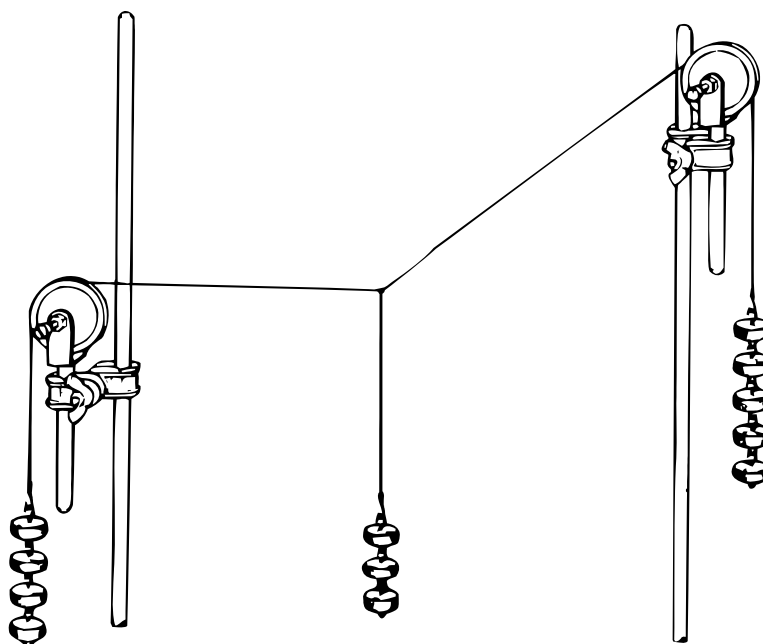
Rys. 21a.

Układ pozostaje w równowadze niezależnie od położenia (kierunku) linki i wysokości zawieszenia obciążników (rys. 21 i 21a).

Doświadczenie ilustruje następującą regułę składania sił: dwie równe sobie siły, mające ten sam kierunek, lecz zwroty przeciwne, równoważą się wzajemnie (wypadkowa dwóch równych sił, mających ten sam kierunek, lecz zwroty przeciwne, jest równa zero).

## 2. Trzy siły działające w jednej płaszczyźnie i zaczepione w jednym punkcie. Ich równowaga. Ich wypadkowa. Równoległobok sił (rys. 22).

Przez dwa bloki umocowane w sposób podany w doświadczeniu 1 przrzucamy linkę zakończoną haczykami i związaną w środku swej długości z inną linką również zakończoną haczykiem.

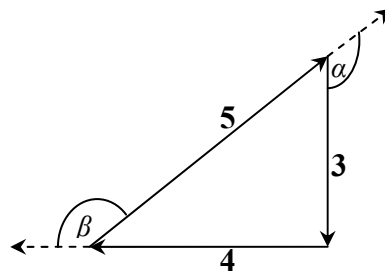


Rys. 22.

Wieszając na trzech haczykach obciążniki i zmieniając położenie bloków na prętach przekonamy się, że trzy siły działające w jednej płaszczyźnie i zaczepione w jednym punkcie równoważą się, jeżeli jest spełniony następujący warunek: żadna ze składowych sił nie może być większa od sumy dwóch pozostałych. Jest to ten sam warunek, który muszą spełniać trzy odcinki, aby z nich można było zbudować trójkąt.

Jeżeli siłę przedstawimy w postaci wektora, to można powiedzieć: trzy siły zaczepione w jednym punkcie i leżące w jednej płaszczyźnie równoważą się wtedy, gdy wektory tych sił tworzą trójkąt.

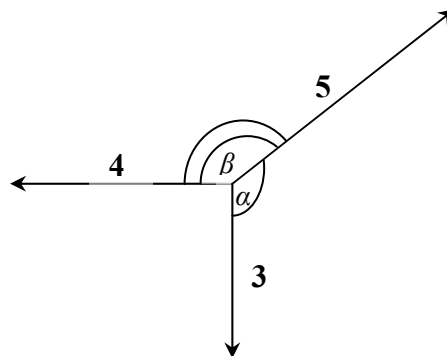
Zawieszamy na sznurkach 3 obciążniki, 4 obciążniki i 5 obciążników jak wskazuje (rys. 22).



Rys. 23.

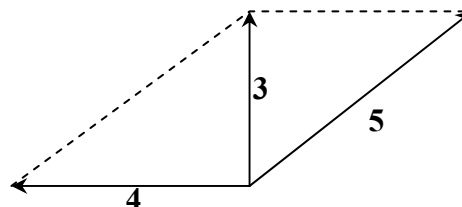
Ustala się równowaga, gdy z wektorów tych sił można zbudować trójkąt (rys. 23). Trójkąt ten, jak wiadomo z geometrii, jest prostokątny.

Jeżeli wektory tego trójkąta przeniesiemy do wspólnego punktu zaczepienia, to otrzymamy układ wskazany na (rys. 24).



Rys. 24.

Powiedzmy, że w tym układzie siła 3 jest zrównoważona przez siły 4 i 5. Doś 1 wykazało, że każdą siłę można zrównoważyć siłą tej samej, co ona wielkości, o tym samym kierunku, lecz o zwrocie przeciwnym. W naszym przykładzie taką siłą byłaby siła o wielkości 3, o kierunku pionowym o zwrocie w górę jak wskazuje (rys. 25).

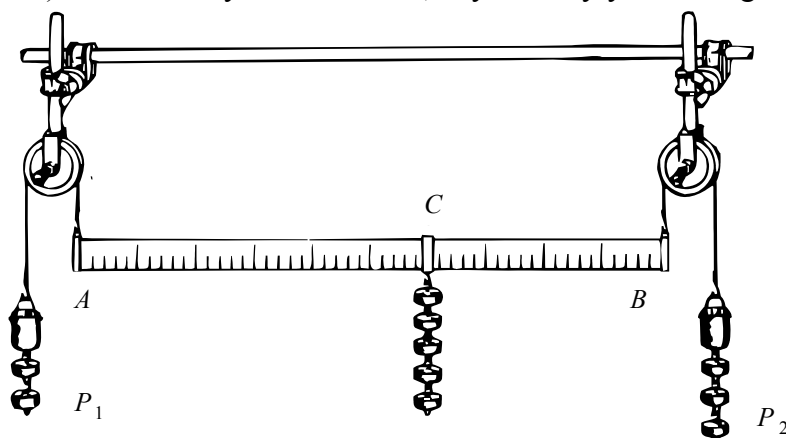


Rys. 25.

Siła ta zastępuje działanie sił 4 i 5, jest ich wypadkową. Z rysunku wynika, że wektor siły wypadkowej jest przekątną równoległoboku zbudowanego na siłach 4 i 5.

### 3. Równowaga i składanie sił równoległych (rys. 26)

Na poziomym pręcie ramy zbudowanej z prętów umieszczamy dwa bloki uniwersalne (rys. 6) i przerzucamy przez nie linki przywiązane do końców linijki drewnianej z podziałką centymetrową (rys.15). Bloki należy tak rozstawić, aby linki były równoległe.



Rys. 26.

Na końcach linek, zwisających z bloków, zawieszamy wiaderka z piaskiem lub śrutem i osiągamy w ten sposób równowagę linijki w położeniu poziomym. Pod jednym wiaderkiem zawieszamy  $P_1$  obciążników, np. 2, pod drugim  $P_2$  obciążników, np.: 3, aby utrzymać linijkę w równowadze, należy na przesuwanej ramce linijki zawiesić  $(P_1 + P_2)$  obciążników, w danym przypadku 5, a ramkę umieścić w takim punkcie  $C$ , aby był spełniony warunek:

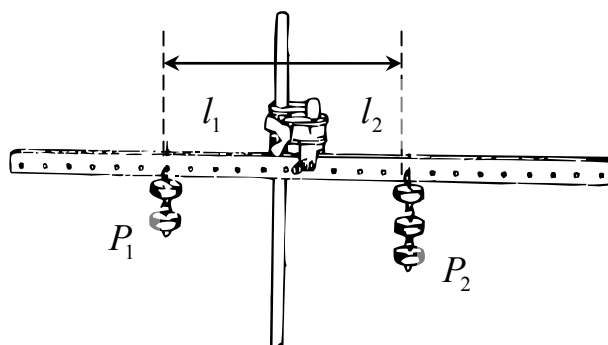
$P_1 \cdot AC = P_2 \cdot BC$ . Zgodnie z rozumowaniem w doświadczeniu 2 wypadkową sił  $P_1 + P_2$  jest siła  $(P_1 + P_2)$  ze zwrotem w górę.

## II. MASZYNY PROSTE

Duże ułatwienie mechanicznie otrzymujemy przez odpowiednią zmianę kierunku działania i wielkości sił. Urządzenie służące do tych celów noszą nazwę maszyn prostych. Komplet do mechaniki jest wyposażony w odpowiednie przyrządy umożliwiające demonstrowanie własności mechanicznych następujących maszyn prostych: dźwigni, bloków, wielokrążków, kołowrotu i równi pochyłej.

### 1. Dźwignia

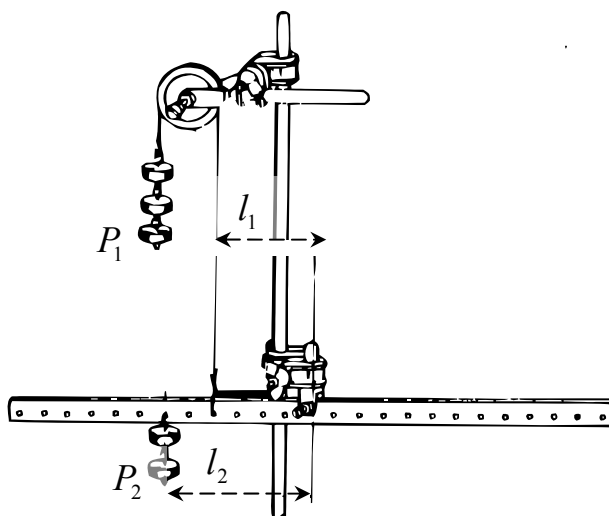
- Na pręcie pionowym umieszczamy łącznik 4-szczękowy, a w nim mocujemy dźwignię (rys. 27).



Rys. 27.



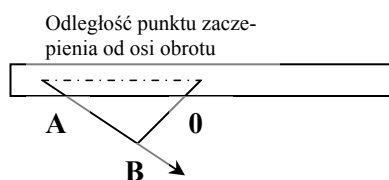
Zawieszamy w otworach dźwigni obciążniki po jednej i po drugiej stronie jej osi obrotu. Dźwignia jest w równowadze, gdy spełniony jest warunek:  $P_1 \cdot l_1 = P_2 \cdot l_2$ .



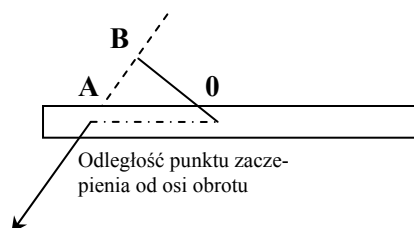
Rys. 28.

- b) W poprzednim doświadczeniu siły działające na dźwignię są zaczepione po obydwu stronach osi obrotu. Można siły zaczepić po jednej stronie osi (rys. 28). Warunek równowagi jest ten sam:

$$P_1 \cdot l_1 = P_2 \cdot l_2$$

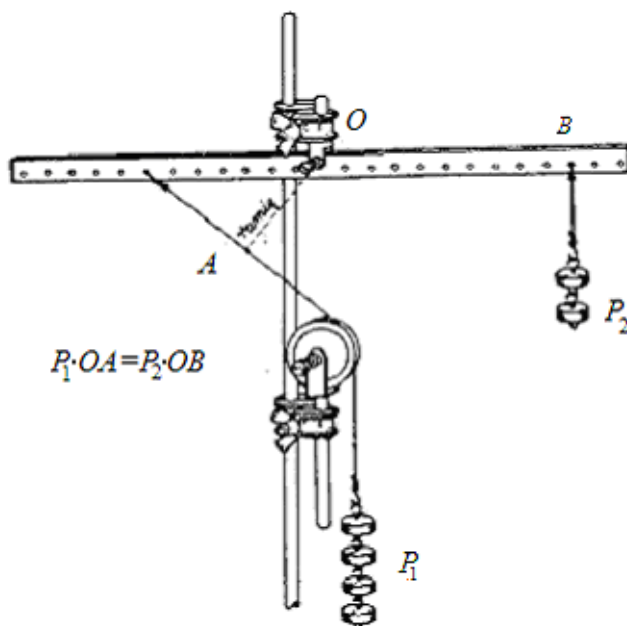


Rys. 29.



Rys. 29a.

Jeżeli z osi obrotu dźwigni poprowadzimy prostopadłą do kierunku siły (rys. 29 i 29a), to odcinek  $OB$  jest odległością siły od osi i nazywa się ramieniem siły względem osi  $O$ . Trzeba go odróżnić od odcinka  $OA$ , który jest odległością punktu zaczepienia siły od osi.

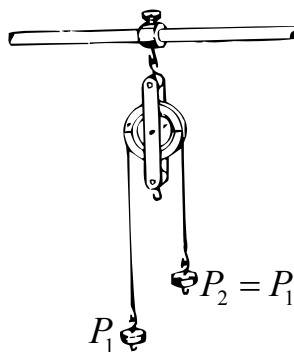


Rys. 30.

Do wykazania istoty momentu siły i zaznaczenia różnicy między ramieniem siły a odległością punktu zaczepienia siły od osi, warto wykonać doświadczenie wskazane na rys. 30. Długość ramienia siły działającej ukośnie należy zmierzyć przy miarce z podziałką milimetrową.

## 2. Bloki

Bloki zawieszamy przy pomocy uchwytów z haczykami (rys. 4). Uchwyty nasuwamy na pręt poziomy umocowany na pręcie pionowym.



Rys. 31.

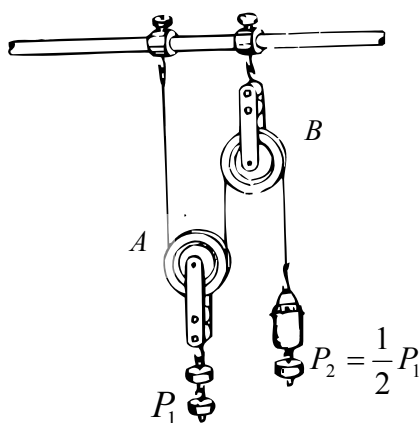
a) Blok o nieruchomej osi geometrycznej (rys. 31).

Rysunek wskazuje sposób przyłożenia sił do bloku. Równowagę osiągamy, gdy na końcach linki wiszą jednakowe obciążniki. I tu, bowiem obowiązuje prawo momentów sił:

$$P_1 r_1 = P_2 r_2$$

Ponieważ ramiona  $r$  są równe, więc równe muszą być i siły  $P_1$  i  $P_2$ .

b) Blok o ruchomej osi geometrycznej (rys. 32).



Rys.32.

Sposób zawieszenia jest uwidoczniony na rysunku. Przed przyłożeniem sił  $P_1$  i  $P_2$  należy zrównoważyć sam blok A. W tym celu na końcu linki zwisającej z bloku B zawieszamy wiaderko z odpowiednią ilością piasku lub śrutu.

Ponieważ  $P_1$  wisi na dwóch linkach równoległych, więc każda z nich jest napięta siłą  $P_1/2$ .

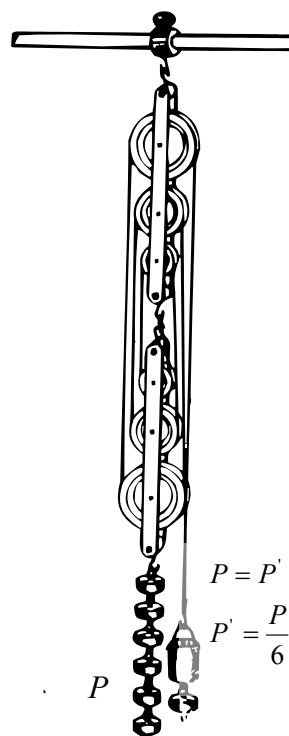
Jedna z tych sił (lewa) jest zrównoważona sprężystością haczyka uchwytu. Należy, więc

zrównoważyć tylko drugą siłę. Stąd  $P_2 = \frac{1}{2} P_1$

### 3. Wielokrążek

Jest to połączenie dwóch zespołów bloków. Każdy zespół ma oprawę z dwoma haczykami. Połączenie tych zespołów jest widoczne na rys. 33. Górny zespół to 3 bloki o osiach nieruchomych, dolny zespół tworzą bloki o osiach ruchomych.

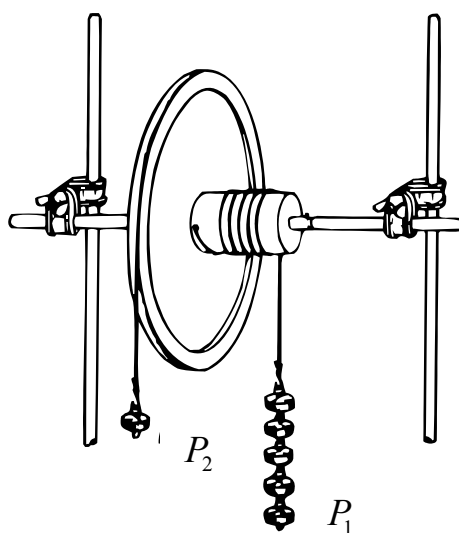
Jeżeli linki obejmujące bloki i łączące je uważać będziemy za równoległe, (co bliskie jest rzeczywistości), to ciężar  $P$  zawieszony na haku dolnego zespołu rozkłada się na 6 linek: każda z nich jest napięta siłą  $6P$ . Dlatego też pod wiaderkiem, równoważącym dolny zespół bloków, należy przyłożyć siłę  $P = P'$ . Uwaga praktyczna. Przy montowaniu obciążyć dolny zespół bloków.



Rys. 33.

#### 4. Kołowrót

Na dwóch pionowych prętach, umocowanych do stołu, osadzamy przy pomocy uchwytników 4-szczękowych dwa krótkie pręty. Oś kołowrotu umieszczamy w wyżłobieniach prętów i ustawiamy dokładnie poziomo w ten sposób, żeby obracała się lekko, bez tarcia (rys. 34).



Rys. 34.

Kołowrót składa się z wału o średnicy 4 cm i krążka o średnicy 20 cm. Na obwodzie wału i krążka zaczepiamy linki. Jedną z nich kierujemy w prawo, drugą w lewo. Gdy na lince wału zawiesimy 5 obciążników, to dla równowagi na lince krążka należy zawiesić 1 obciążnik. Wynika to z prawa momentów sił:

$$P_1 \cdot 2 \text{ cm} = P_2 \cdot 10 \text{ cm}$$

$$P_2 = \frac{1}{5} P_1$$

Ogólnie:

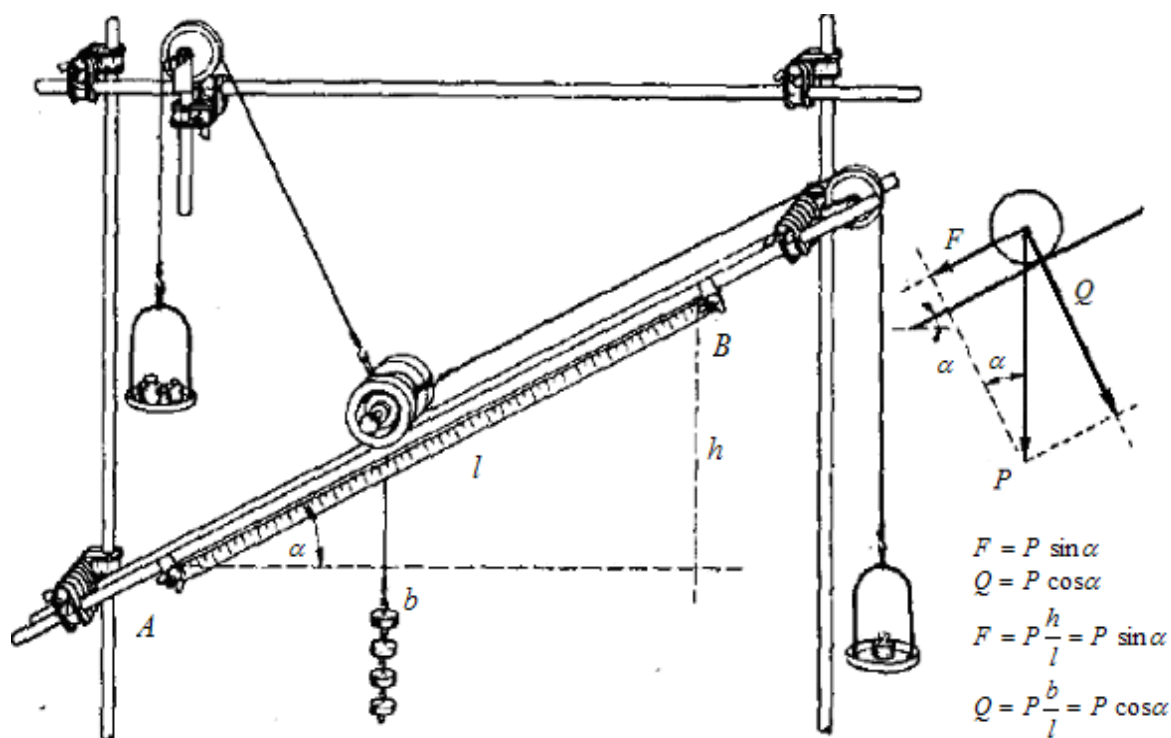
$$P_1 \cdot r = P_2 \cdot R$$

$$P_2 = P_1 \cdot \frac{r}{R}$$

## 5. Równia pochyła

Równię pochyłą budujemy z prętów długości 100 cm, połączonych z prętami pionowymi przy pomocy przegubowych uchwytów 8-szczękowych. Jeden z bloków uniwersalnych umieszczamy między prętami równi, a drugi mocujemy na górnym pręcie poziomym. Przez bloki przewieszamy linki przywiązane do wózka równi. Na jednym z prętów równi zawieszamy metalową linijkę z podziałką (rys. 15).

a) Jeżeli chcemy zrównoważyć wózek za pomocą siły równoległej do długości równi, stosujemy układ sił zgodny z rys. 35.



Rys. 35.

Ciężar wózka  $P$  rozkłada się na dwie siły  $F$  i  $Q$ . Siła  $F$  ściąga wózek po równi na dół, siła  $Q$  przyciska wózek do równi. Między tymi siłami a wymiarami równi: długością  $l$ , wysokością  $h$  i podstawą  $b$  zachodzi następujący związek:

$$F = P \frac{h}{l} = P \sin \alpha$$

$$Q = P \frac{b}{l} = P \cos \alpha$$

Rozpatrujemy odcinek  $AB$  równi długości  $l = 75$  cm (długość tę możemy zmierzyć przy pomocy linijki metalowej z podziałką centymetrową zawieszanej na pręcie równi). Wy-

sokość  $h$  znajdujemy jako różnicę wysokości punktów  $A$  i  $B$ . Długość podstawy równi  $b$  otrzymamy mierząc odległość między pionami spuszczoneymi z punktów  $A$  i  $B$ .

Powyższe zależności sprawdzamy biorąc przykładowo kąt  $\alpha = 30^\circ$ .

Wtedy:

$$\frac{h}{l} = 0,5 \text{ a } \frac{b}{l} = 0,866.$$

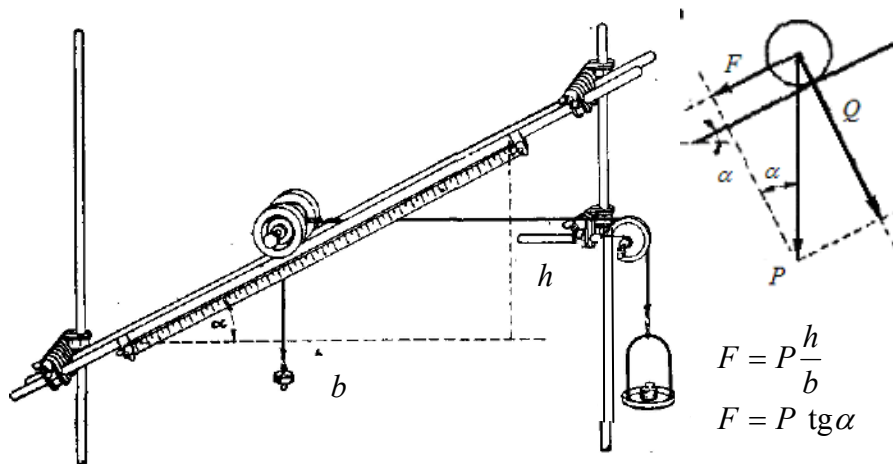
Wózek o ciężarze  $\sim 90$  N obciążamy siłą 200 N (4 obciążniki po 50 N). Teoretyczne wielkości układu sił na równi wynoszą:  $P = 290$  N,  $F = 145$  N,  $Q = 250$  N.

Do wózka (rys. 12) przywiązujemy linkę nylonową, prowadzimy ją w górę równoległe do długości równi, przerzucamy przez blok i na zwisającym końcu zawieszamy szalkę (50 N). Na szalce ustawiamy odważniki (95 N). Wózek w każdym miejscu równi pozostaje w równowadze, ponieważ zrównoważyliśmy siłę  $F$ .

Że siła  $Q$  równa się 250 N, stwierdzamy w następujący sposób. Do wózka zaczepiamy trzecią linkę, prowadzimy ją prostopadle do równi w górę i przerzucamy przez blok umocowany między prętami równi. Na końcu linki wieszamy szalkę (50 N), z odważnikami (200 N).

Po zrównoważeniu sił koła wózka powinny lekko stykać się z prętami równi. (W celu lepszego uwidocznienia efektu można układ sił tak dobrać, by kółka znajdowały się „w powietrzu” w odległości kilku milimetrów nad prętami). Można także ostrożnie wysunąć pręty równi (należy odpowiednio odkręcić uchwyty). Układ sił pozostanie w równowadze i wózek zawieszony na linkach nie zmieni w przestrzeni swego położenia.

Zrównoważenie wózka na równi siłą równoległą do podstawy  $b$  wskazuje rysunek 36. Po szczegółowym opisie poprzedniego doświadczenia rysunek wystarczy tu do wykonania pokazu.



Rys. 36.

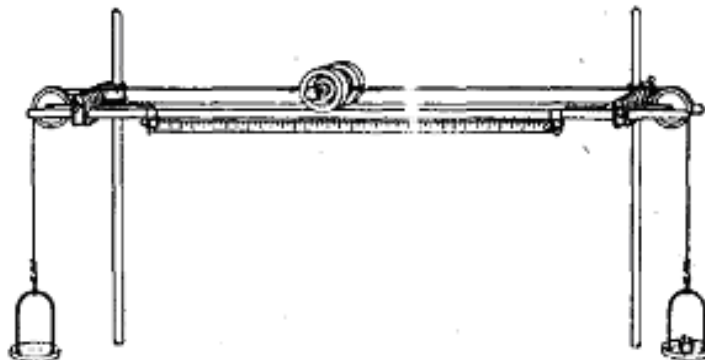
### III. NAUKA O RUCHACH

Zmiana położenia ciała w przestrzeni (ruch) może nastąpić bez udziału sił lub w układzie równoważących się wzajemnie sił (ruch jednostajny), albo też pod wpływem działania stałej siły na ciało (ruch jednostajnie zmienny). Wymienione własności fizyczne ruchów są zgodne z I i II zasadą dynamiki Newtona.

#### 1. Ruch jednostajny.

Dwa pręty i dwa bloki mocujemy podobnie jak w omówionym powyżej doświadczeniu z równią: bloki umieszczamy między prętami równi. Ustawienie prętów powinno być poziome.

Na prętach ustawiamy wózek. Do zaczepów wózka przymocowujemy z obu stron dwie linki, które przerzucamy przez bloki. Na końcach linek zawieszamy szalki. Na jednej z szalek ustawiamy pewną



Rys. 37.

ilość odważników (ok. 10 N) tak dobraną, żeby siła działająca na wózek była równa co do wielkości nieznacznej sile tarcia potoczystego kół wózka o pręty równi. Należy w tym celu po ustawieniu odważników lekko popchnąć wózek. Jeżeli ruch ustaje, dokładamy więcej odważników. Czynimy to dotąd, aż uzyskamy całkowite wyeliminowanie wpływu tarcia. Ruch wózka jest wtedy ciągły. Jednostajność ruchu oceniamy w przybliżeniu – wzrokowo lub przy pomocy linijki z podziałką i stopera. Należy w tym celu na jednym z prętów równi zawiesić linijkę, i odczytywać długości przebytych przez wózek dróg w jednakowych (1,5 – 2 sek.) odstępach czasowych.

Zgodnie ze wzorem na ruch jednostajny

$$s = v \cdot t$$

gdzie:

$s$  – droga,

$v$  – prędkość ( $v = \text{const.}$ ),

$t$  – czas.

odcinki przebytych dróg w tych samych czasach są sobie równe.

Po przesunięciu się wózka w jeden koniec równi poziomej możemy przestawić odważniki na drugą szalkę i obserwować ruch wózka w stronę przeciwną. Stała prędkość tego rodzaju ruchu zależy w myśl pierwszej zasady dynamiki tylko od prędkości początkowej, jaką nadaliśmy wózkowi w chwili popchnięcia.

## 2. Ruch jednostajnie zmienny

By zrównoważyć siłę tarcia kół wózka o pręty równi, postępujemy podobnie jak w poprzednim doświadczeniu. Następnie ustawiamy na szalce dodatkowy odważnik (1 – 2 N). Wprawiamy wózek w ruch i mierzymy przy pomocy stopera i linijki długości przebytych dróg w krótkich odstępach czasowych (1 – 1,5 s). Zgodnie z drugą zasadą dynamiki prędkość ruchu wózka jest zmienna. Wózek porusza się ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem wprost proporcjonalnym do wielkości działającej siły i odwrotnie proporcjonalnym do masy. Prawo to ilustruje następujący wzór:

$$a = \frac{F}{m} \quad (1)$$

gdzie:

$a$  – przyspieszenie,

$F$  – siła (dodatkowy odważnik),

$m$  – masa wózka.

Długości przebytych dróg w tych samych odstępach czasowych nie są jednakowe, o czym możemy się przekonać doświadczalnie w sposób podany na wstępie opisu doświadczenia. Doświadczenie należy powtórzyć z dodatkowymi odważnikami różnej wielkości o masie jednak nie większej niż 3 g, ponieważ ruch wtedy jest zbyt szybki, trudny do obserwacji. Stwierdzamy, że im większa jest działająca siła (odważnik dodatkowy), tym większe przyspieszenie i dłuższe odcinki przebytej drogi w poszczególnych odstępach czasowych.

Do dokładnego wyliczenia długości przebytych odcinków dróg służy wzór:

$$s_{n+1} - s_n = \frac{a}{2} (t_{n+1}^2 - t_n^2) \quad (2)$$

gdzie:

$v_0 = 0$  – prędkość początkowa,

$s_{n+1}$  – droga przebyta w czasie  $t_{n+1}$ ,

$s_n$  – droga przebyta w czasie  $t_n$ .

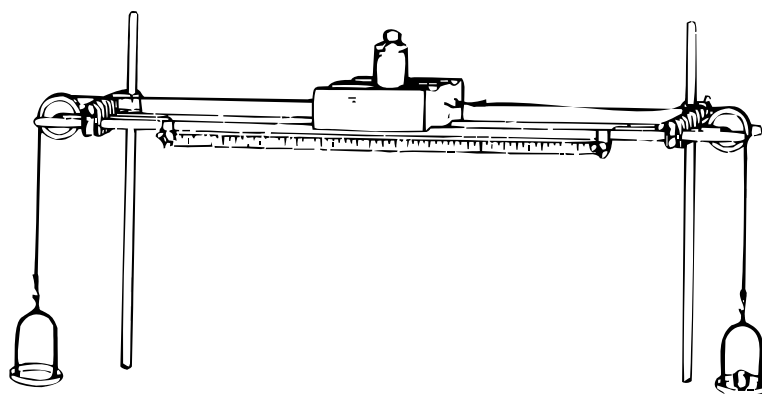
Wzory (1) i (2) służą do teoretycznych obliczeń, które można wykonać celem porównania z przybliżonymi wynikami otrzymanymi na drodze obserwacji.

W omówionych powyżej doświadczeniach został wyeliminowany wpływ siły tarcia. Do demonstrowania własności tarcia posługujemy się klockiem (rys.13).

### 3. Tarcie. Współczynnik tarcia.

#### a) Tarcie kinetyczne — tarcie podczas ruchu

Równię ustawiamy poziomo i kładziemy na niej klocek. Do klocka przywiązujemy z obydwu stron linki, które przerzucamy przez bloki. Na linkach zawieszamy szalki. Linki muszą być równoległe do równi. Na jednej z szalek kładziemy odważniki. Klocek uruchamiamy w sposób podany w doświadczeniu dotyczącym ruchu jednostajnego.



Rys. 38.

W przybliżeniu możemy powiedzieć, że ciężar  $F$  odważników równoważy tarcie  $T$ , które jest zwrócone w stronę przeciwną ruchowi.

Współczynnik tarcia kinetycznego równa się  $\frac{T}{Q}$ .

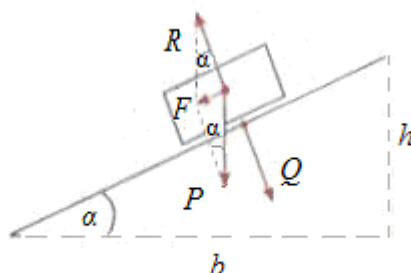
Przestawiając odważniki na drugą szalkę możemy obserwować ruch klocka w przeciwną stronę. Siłę tarcia  $T$  można powiększyć zwiększając siłę  $Q$  przez ustawienie dodatkowych odważników na klocku.



## b) Tarcie statyczne

Jeżeli w powyższym doświadczeniu nie będziemy popychali klocka, lecz będziemy dokładać stopniowo odważniki na szalkę dotąd, póki on sam nie ruszy z miejsca, to okaże się, że ruch rozpocznie się dopiero przy zastosowaniu siły  $F_1$  większej niż poprzednio. Stosunek  $\frac{F_1}{Q}$  jest współczynnikiem tarcia statycznego. Jest on większy od współczynnika tarcia kinetycznego.

Współczynnik tarcia statycznego można oznaczyć za pomocą równi pochyłej w inny sposób, opierając się na tym, że współczynnik tarcia statycznego równa się tangensowi kąta, pod którym należy nachylić równię względem poziomu, aby ciało znajdujące się na równi zaczęło się zsuwać (rys. 39).



Rys. 39.

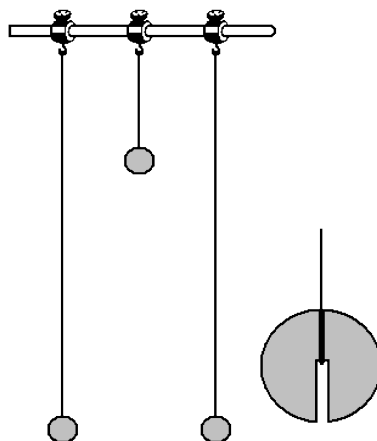
Jeżeli przy kącie  $\alpha$  rozpoczyna się ruch, to siła  $F$  wskazuje wartość tarcia statycznego. Siła  $Q$  jest siłą normalną, przyciskającą ciało do równi. Współczynnik tarcia statycznego

$$k = \frac{F}{Q} = \frac{F \sin \alpha}{P \cos \alpha} = \operatorname{tg} \alpha$$

Ustawiamy równię poziomo, kładziemy na niej klocek i stopniowo podnosimy górny koniec równi do chwili, w której klocek zacznie się zsuwać. Mierzymy  $h$  i  $b$  i wyliczamy  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{b}$ . Przy wykonywaniu tego doświadczenia należy pamiętać, by uchwyty utrzymujące pręty w części dolnej i górnej równi były lekko odkręcone. Część uchwytu dolnego mocującego równię z prętem pionowym musi być mocno dokręcona.

## 4. Ruch drgający (wahadło matematyczne).

Trzy kule metalowe i 1 drewniana służą do doświadczeń z wahadłami. Kule są przewiercone wzdłuż średnicy. Przez kanał przewleka się linkę, zawiązuje się na niej supeł takiej wielkości, aby mieścił się on w szerszej części kanału, a nie przechodził przez część węższą. Na drugim końcu linki należy zawiązać pętelkę do zawieszania na haczykach przesuwanych uchwytów.



Rys. 40

Odmierzając różne długości wahadeł od haczyka do środka kuli, zmieniając amplitudę wahań oraz masę (metalową kulę na drewnianą), można pokazać zależność okresu wahań od długości wahadła, niezależność okresu od niewielkich amplitud, wpływ dużych amplitud na okres wahań, wreszcie niezależność okresu wahań od masy wahadła.

Wszystko to w oparciu o wzór na okres drgań wahadła matematycznego. Do doświadczeń potrzebny jest stoper albo zegarek z sekundomierzem.

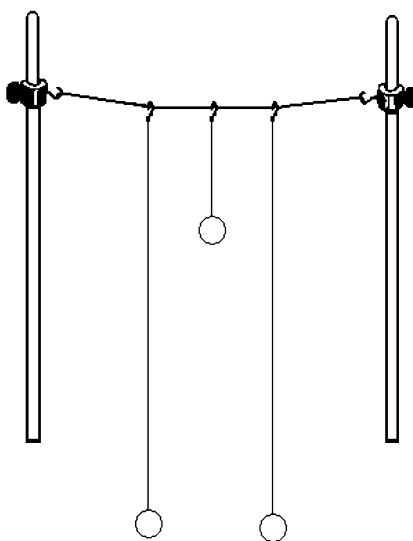
### 5. Ruch obrotowy (wahadło Oberbecka).

Wahadłem Oberbecka ( Kat. Pomocy Naukowych str. 150-151) posługujemy się przy demonstrowaniu ruchu obrotowego i jego własności. Wahadło mocujemy na pręcie statywu przy pomocy uchwyty przegubowego 4-szczękowego.

Dokładny opis sposobu posługiwania się przyrządem jest podany w instrukcji do tego przyrządu. Wahadło Oberbecka nie wchodzi w skład kompletu do ćwiczeń z mechaniki; jest produkowane oddzielnie.

### 6. Rezonans mechaniczny.

Na dwóch pionowych prętach umieszczamy w odległości około 80 cm dwa przesuwane uchwyty z haczykami. Między haczykami przeciągamy poziomo linkę nylonową.



Rys. 41.

Na lince wieszamy trzy małe haczyki wygięte w kształcie ósemki, wykonane z drutu o średnicy około 1/2 mm. Jeden z haczyków osadzamy na środku linki, dwa pozostałe po obu jego stronach w odległości 6 – 8 cm. Na haczykach zawieszamy trzy wahadła matematyczne (rys. 41), których ciężarki stanowią kule metalowe. Długości skrajnych wahadeł 1 i 3 powinny być jednakowe, a wahadło 2 krótsze (może mieć np. 1/3 długości wahadeł 1 i 3).

Jedno ze skrajnych wahadeł (np. wahadło 1) wprawiamy w ruch wahadłowy. Ruchy linki poziomej, na której są zawieszony wahadła, wywołane wahaniami 1 wahadła, udzielają się dwóm pozostałym wahadłom, ale tylko wahadło skrajne 3 rozkołysze się. Środkowe wahadło w pewnych chwilach zaczyna się wychylać, ale wahania jego, zresztą nieznaczne, szybko zanikają. Natomiast wahadło skrajne 3, jeżeli tylko długość jego jest dokładnie ta sama co i wahadła 1, będzie wahać się z coraz większą amplitudą kosztem energii wahadła 1, którego amplituda stopniowo maleje. Gdy wahania wahadła 1 prawie ustają, rozpoczyna się przeniesienie wahań od wahadła 3 do wahadła 1 itd., ale zawsze z pominięciem wahadła środkowego.

Podane wyżej przykłady doświadczeń z mechaniki nie wyczerpują wszystkich możliwości zastosowań kompletu.

---

Opracowano w Pracowni Dydaktyki Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Szczecińskiego pod kierunkiem Tadeusza M. Molendy na podstawie:

### **Komplet do doświadczeń z mechaniki**

Nr kat. V 6 – 49

Produkowano:

BIOFIZ

ZJEDNOCZENIE PRZEMYSŁU POMOCY NAUKOWYCH I ZAOPATRZENIA SZKÓŁ WARSZAWA

Fabryka Pomocy Naukowych w Częstochowie

Zestaw wraz z instrukcją został zatwierdzony przez Ministerstwo Oświaty 21.02.1963 roku do użytku szkolnego.

Instrukcję napisał: Franciszek Zienkowski, rysunki wykonał: Wacław Piotrowski

---

**Źródło:** ze zbiorów Pracowni Dydaktyki Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Szczecińskiego