

# S mała delta



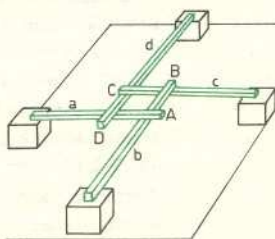
## Problemy budowlane

W sklepach z artykułami modelarstwa lotniczego, na przykład w Składnicy Harcerskiej, można tanio kupić dużą ilość cienkich listewek, o przekroju np.  $2 \times 3$  mm. Posłużą nam one do ciekawego doświadczenia.

Potnijmy listewki na odcinki o długości około 25 cm.

Czy umielibyście teraz zbudować z nich szkielet dachu nad halą o wymiarach  $1,5 \times 1,5$  m, nie klejąc, nie wiążąc ani nie łącząc listewek w inny sposób ze sobą?

A jest to możliwe, Aby dopiąć tego, zauważmy najpierw, że jeśli ułożymy cztery listewki jak na rys. 1 i każdej wolny koniec podeprzemy, to listewki nie spadną.



Rys. 1

Nie ma w tym nic tajemniczego: Wyobraźmy sobie bowiem, co by było gdyby koniec choć jednej listewki opadł choć trochę. Niech to będzie koniec  $D$  listewki  $d$ . Otóż gdyby opadł on o odcinek  $OP_D$ , to jak widać z rysunku 2, koniec  $a$  musiałby opaść równocześnie o większy odcinek  $OP_A$ :  $OP_A > OP_D$ . Ale dokładniej z tej samej przyczyny, równocześnie koniec  $B$  listewki  $b$  musiałby opaść o jeszcze większy odcinek:  $OP_B > OP_A$  (patrz rys. 1, 2). I tak dalej: równocześnie  $OP_C > OP_B$  i  $OP_D > OP_C$ . Ale z otrzymanego łańcucha nierówności:

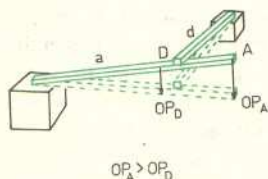
$$OP_D > OP_C > OP_B > OP_A > OP_D,$$

wynika nierówność

$$OP_D > OP_D,$$

czyli koniec listewki  $d$  musiałby równocześnie opaść o dwa różne odcinki.

Tak jednak być nie może, i dlatego koniec listewki  $d$  nie może wcale opaść.



$$OP_A > OP_D$$

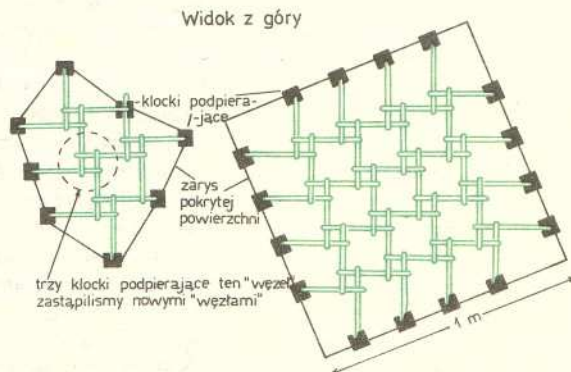
Rys. 2

Gdyby koniec  $D$  listewki  $d$  opadł o pewien odcinek, nazwijmy go  $OP_D$ , to koniec  $A$  listewki  $a$  musiałby opaść bardziej:

Jeśli taki „węzeł” zapewnia utrzymanie w powietrzu jednego końca każdej dochodzącej do niego listewki, to dlaczego klocków, które podpierają pozostałe końce, nie zastąpić takimi samymi „węzłami”? Dopiero wolne końce sterzące z tych nowych „węzłów” można podeprzeć klockami.

Nasuwa nam to pomysł ogólnego przepisu na budowę szkieletu dachu nad placem tak rozległym, jak tylko zechcemy. Widok z góry dwóch takich szkieletów przedstawia rysunek 3.

Budowa nie powinna sprawić Wam trudności, jeśli tylko przeprowadzicie ją stopniowo, dodając po jednym „węźle”. Wszystkie końce listewek, które dopiero planujecie ułożyć w „węźle”, a które chwilowo nie są tak złożone, muszą być tymczasowo podparte klockami. Tylko spod gotowych „węzłów” możecie wyjmować klocki.



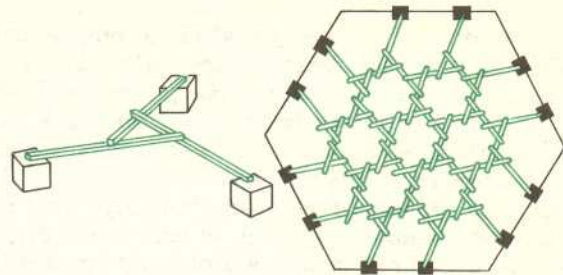
Rys. 3

Podobnie jak to uczyniliśmy dla pojedynczego „węzła”, można teoretycznie wyjaśnić dlaczego cały taki szkielet utrzyma się nad ziemią. Można mianowicie udowodnić, że nad ziemią utrzyma się każdy taki szkielet dachu, w którym podparte będą wszystkie te końce listewek, które nie współtworzą „węzła”. Każdy z wielu możliwych dowodów tego faktu wymaga jednak sporej liczby dodatkowych wyjaśnień, bez których nie byłby przekonywujący, a te z kolei wykraczałyby poza ramy tak Małej Dety, jak i Waszej cierpliwości.

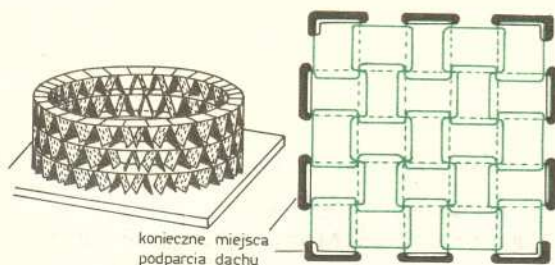
Dlatego powróćmy lepiej do faktów doświadczalnych.

Czy są możliwe inne samotrzymujące się „węzły”?

Tak, na rysunku 4 widzimy „węzeł” z 3 listewek i widok z góry szkieletu zrobionego z takich węzłów. Spróbujcie skonstruować jeszcze inne „węzły” i szkielety dachów. Nie wszystkie „węzły” w jednym szkielecie muszą być jednakowe; szkielet złożony z dowolnych „węzłów” utrzyma się w powietrzu, jeśli tylko wszystkie końce listewek nie leżą w węźle będą podparte.

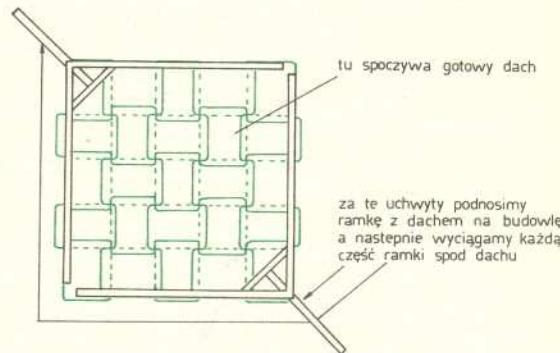


Rys. 4



Rys. 5

Ci z Was, którzy budują z kart, natknęli się być może na problem pokrycia dachem Colosseum (rys. 5). Dach taki, nawet o bardzo dużej rozpiętości, nie trudno skonstruować tłumacząc na język kart szkielet z rysunku 3. Podobnie jak szkielet z rysunku 3, tak i dach z kart z rysunku 5 nie musi być kwadratowy; można go dopasować do kształtu pokrywanej hali, a także więc do Colosseum.



Rys. 6

Przykład ramki do przenoszenia dachu na budowle

Budowa dachu jest nieco trudniejsza niż budowa szkieletu, gdyż ze względu na wątlność budowli z kart, trudno jest go wewnątrz tymczasowo podpierać. Najlepiej jest ułożyć dach na podłodze, podkładając z dwóch stron dwuczęściową ramkę z listewek, jak na rys. 6, a gotowy dach przenieść dopiero, trzymając go za pomocą ramki, na budowle i tam ostrożnie wyjąć każdą część ramki spod dachu. Wtedy dach spocznie na budowli.

Ramka musi być gładka, trzeba ją wygładzić papierem ściernym, a dobrze jest ją jeszcze potem polakierować. Jest z tym trochę roboty, ale jeśli karty są nowe, to dach wychodzi lekko wypukły, wielospadowy i naprawdę ładny. Na koniec proponuję Wam rozwiązanie jeszcze dwóch zadań:

- Przerzucić, naturalnie bez klejenia, szkielet mostu z listewek długości 25 cm, ponad rzeką o szerokości 1 m;
- Dla karciarzy: przetłumaczyć na język kart jakiś inny, wymyślony przez Was, typ szkieletu.

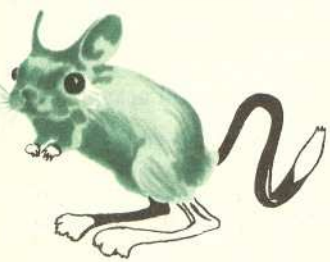






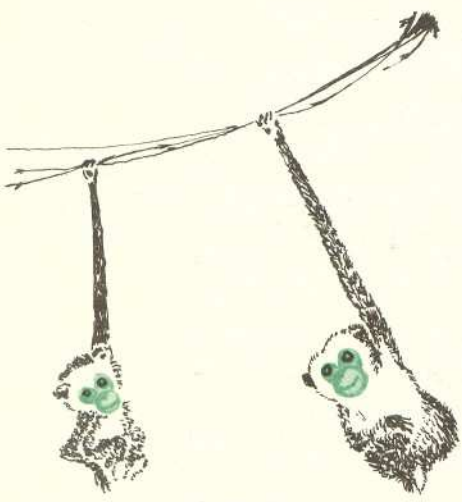
## Marzenia przyszłego profesora

Pewien znany fizyk, kiedy miał 12 lat, pragnął polecieć na — Księżyc. Wymyślił nawet tani sposób uzyskania dostatecznie dużej prędkości. Nie potrzebował żadnych rakiet, wystarczyłyby własne nogi i dobre łóżko. Zasada była następująca: po odbiciu się od łóżka można wzniesić się na pewną wysokość, następnie po wylądowaniu odbić się ponownie i tak dalej. Za każdym razem człowiek wzniosłby się wyżej. W ten sposób, dzięki pracy swoich mięśni rozłożonej na drobne raty można by nadać sobie dość znaczną energię. Jakoś nie udało mu się nigdy zrealizować swojego pomysłu. Oczywiście takiej próby nie wytrzymałoby żadne łóżko, żadne nogi, przeszkadzałby również opór powietrza, ale nie potępiajmy przyszłego profesora zbyt ostro, gdyż jego pomysł nie był całkiem niemądry. Jeszcze do niego wrócimy, ale na razie zmienimy temat.



### Jak rozbijać wahadło nie dotykając go?

Czy pamiętasz jaką własność ma zawieszony na nici ciężarek? Wychylony lekko z położenia równowagi waha się tak, że okres wahań, czyli czas pełnego ruchu tam i z powrotem, jest stały. Można go tylko zmienić przez wydłużenie lub skrócenie nici. Własność tę wykorzystaliśmy niedawno do zrobienia tzw. wahadła sekundowego (patrz Mała Delta 1/1976).



### Co należy zrobić, żeby rozhuścić wahadło?

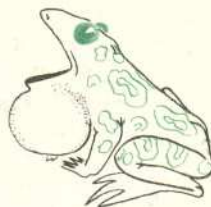
Oczywiście, można wychylić ciężarek do pewnego, niewielkiego kąta i puścić go. Można też trzymać górny koniec nitki i umiejętnie lekko poruszać dłońią. Można też sprawić, żeby wahadło samo zaczęło się wahać. Kto nie wierzy, niech spróbuje.

Na poziomo rozwieszonym sznurze zawieszamy dwa ciężarki na nitkach o równej długości. Wprawiamy jeden ciężarek w ruch i obserwujemy co się dzieje. Wahania rozhuśtanego ciężarka słabną stopniowo, natomiast ni stąd ni zowąd zaczyna wahać się drugi ciężarek. Po kilku ruchach wahania pierwszego ciężarka ustają całkowicie, podczas gdy drugi wyraźnie się waha. Następnie sytuacja odwraca się i tak dalej, wahadła przekazują sobie nawzajem drgania do czasu, aż wszelkie ruchy ustaną z powodu strat energii. Tak jest jednak tylko wtedy, kiedy nitki, na których wiszą ciężarki, mają tę samą długość. Możesz zmienić długość zawieszenia jednego z ciężarków i sprawdzić, że nie będzie żadnego przekazywania ruchu od jednego wahadła do drugiego. Efekt jest zadziwiający, ale nie ma w tym nic tajemniczego. Wahające się wahadło musiało wprawić sznur w drobne ruchy, które zostały przekazane innemu wahadłu o tej samej długości. Kiedy wahadła miały różną długość, a więc były niedostrojone, sznur drgał zbyt szybko lub też zbyt wolno, żeby rozhuścić drugie wahadło. Można też wprawić ciało w ruch nie tylko za jednym zamachem, ale także popychając je leciutko, ale w porę, w odpowiednich odstępach czasu.





Jest jeszcze inna, ciekawa odmiana tego doświadczenia: możesz rozbijać ciężką książkę zawieszoną na dwóch nitkach po prostu dmuchając w nią. Chyba po wykonaniu poprzedniego doświadczenia nie wydaje ci się to niemożliwe, ale możesz łatwo zaimponować osobom niewtajemniczonym. Dmuchi raz w zawieszoną książkę i poczekaj, aż książka ta, po lekkim wychyleniu się przejdzie przez najniższe położenie i przybliży się do ciebie. Wtedy dmuchi ponownie. Wychylenie będzie dużo większe. Za każdym razem dmuchaj w momencie, gdy książka jest najbliżej ciebie. Po paru dmuchnięciach możesz osiągnąć całkiem silne wahania.



### Dzięki rezonansowi

W obu doświadczeniach mieliśmy do czynienia z tym samym zjawiskiem. Wahadło, które może wahać się z określoną częstotliwością, wprowadzone zostało w ruch przez działanie małą siłą, ale z tą samą częstotliwością. Zjawisko to nazywamy rezonansem. Odruchowo korzysta z niego każde dziecko huśtające się na huśtawce.

Huśtawka jest oczywiście zwykłym wahadłem i ma swój okres wahań zależny od długości lin. Aby wprowadzić huśtawkę w ruch dziecko wykonuje rytmiczne ruchy nogami i całym ciałem. Ruchy te muszą być wykonywane z takim samym okresem, jak naturalny okres wahań huśtawki. Wiadomo, że nawet przy największych wysiłkach mięśni, czynionych nieregularnie lub zbyt szybko, huśtawka prawie wcale nie będzie się poruszać. Rezonans odnosi się nie tylko do wahadła, ale do każdego układu zdolnego do drgań. Z rezonansem spotykasz się na każdym kroku. Kiedy nastawiasz radio na daną stację, to dostrzegasz je tak, by było w rezonansie ze stacją nadawczą. Masz wtedy do czynienia z dziesiątkami i setkami tysięcy drgań na sekundę. Z różnymi przejawami rezonansu spotykają się naukowcy w każdej gałęzi fizyki współczesnej: fizyce jądrowej, fizyce ciała stałego, optyce. Chyba jednak najważniejszą zasługą rezonansu jest to, że ... nie jesteśmy głusi. Gwoli sprawiedliwości trzeba przyznać, że zjawisko rezonansu bywa szkodliwe. Nie lubimy, na przykład, kiedy piecyk gazowy lub rury wodociągowe „wpadną w rezonans” i huczą na cały dom. Nie radzę ci także iść miarowym krokiem po delikatnym moście zawieszonym nad przepaścią.

Wróćmy do sprawy niedoszłej podróży kosmicznej przyszłego profesora. Przechodząc do doświadczeń z wahadłami tylko pozornie zmieniliśmy temat. Pomysł z rozhuśtaniem się na łóżku opierał się, podobnie jak w pozostałych przykładach, na zasadzie rezonansu, chociaż sam projektodawca nie zdawał sobie z tego sprawy.

