

Konrad Zacharski

## Dźwignia to podstawa

Można chyba zaryzykować stwierdzenie, że jeśli chodzi o konstrukcję organów piszczałkowych, to dźwignia jest elementem absolutnie podstawowym i niezbędnym. Być może nie najważniejszym, ale uważam że jednym z najważniejszych. Owszem, organy nie zagrają przede wszystkim bez piszczałek, czy bez powietrza - to jest poza jakąkolwiek dyskusją, ale nie zagrają również bez dźwigni. No, może i same organy zagrają, ale już organista bez dźwigni raczej na nich nie zagra. Chodzi oczywiście o dźwignię rozumianą jako jedną z maszyn prostych poznawanych już w szkole podstawowej na lekcjach fizyki.

Ktoś być może powie: zaraz, zaraz!... przecież nie wszystkie instrumenty organowe są mechaniczne, więc może nie przesadzajmy z tą niezbędnością dźwigni. Popatrzmy przecież na instrumenty z trakturą pneumatyczną czy, jeszcze lepiej, elektryczną. Tam przecież dźwigni jak na lekarstwo. No niezupełnie. To chyba jednak nie przesada, bo raczej nikt nie zaprzeczy, że organy są instrumentem klawiszowym, a instrumenty klawiszowe wyposażone są w klawiaturę lub klawiatury. A klawiatura to zestaw klawiszy. A klawisz to co? To DŹWIGNIA! Tak, to dźwignia. I taką dźwignię znajdziemy raczej w każdym organach. Zakładam oczywiście, że bierzemy pod uwagę instrumenty z klasyczną klawiaturą tj. taką, którą znamy współcześnie, bo pamiętajmy że w początkach organów gra na instrumencie polegała na poruszaniu specjalnymi zasuwkami, które nie przypominały współczesnych klawiszy i które dźwigniami oczywiście nie były.

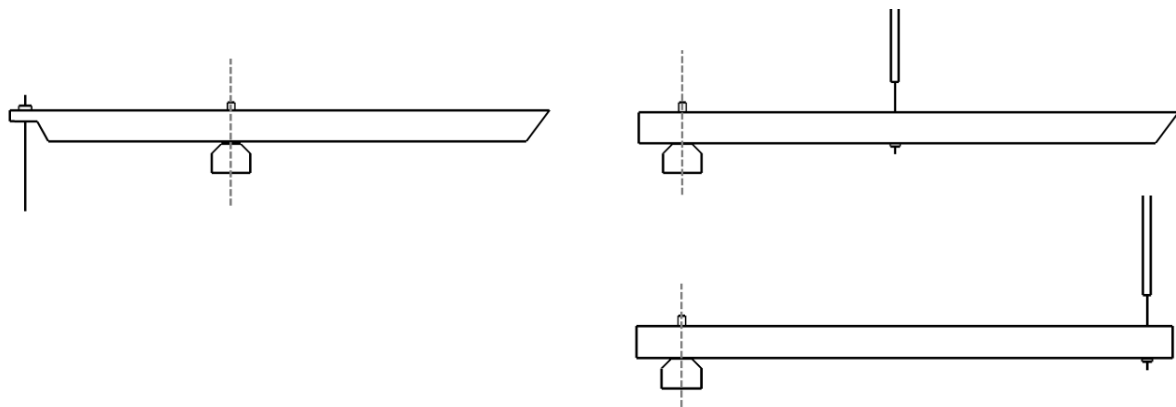
Wracając do klawisza... element taki, nawet jeśli nie uruchamia całego zespołu cięgieł i kolejnych dźwigni (uruchamia w instrumentach mechanicznych), a tylko np. steruje ruchem lekkiego zaworu (jak w instrumentach z trakturą pneumatyczną) czy może tylko zwierza styk elektryczny

(w przypadku traktury elektrycznej), pozostaje dźwignią – sztywnym, podłużnym elementem, który pod wpływem siły nacisku palców bądź stóp może obrócić się o pewien kąt wokół osi obrotu. I nieważne jest co ten klawisz tak naprawdę robi, on i tak zawsze jest dźwignią, za pomocą której organista wykonuje pewną pracę (w sensie potocznym ale również i ściśle fizycznym). Praca ta w sensie fizycznym (tzn. praca, którą przy pomocy dźwigni-klawiszy wykonują mięśnie organisty) jednym razem jest znikoma, np. w przypadku zamykania styku elektrycznego czy otwierania zaworu sterującego, innym zaś może być całkiem spora, jak np. w przypadku poruszania całymi zespołami mechanicznymi przekazującymi ruch niejednokrotnie na odległość wielu metrów, co wiąże się z dość dużymi oporami wynikającymi np. z tarcia. Oczywiście opory działania klawiatury nie mogą być zbyt duże, żeby organista mógł w ogóle na niej grać bez narażania się na kontuzję. Ale ten „kij” ma też i drugi koniec - klawisze nie mogą również stawiać oporu zbyt małego, bo na „niedoważonej” klawiaturze też gra się bardzo źle. Klawiatura więc nie powinna być, używając żargonu organistowskiego, ani za twarda, ani za miękka, czy też jak mówią inni: ani za ciężka, ani za lekka.

Pojawiło się tutaj pojęcie traktury. Traktura to temat rzeka - temat, który spróbujemy teraz tylko delikatnie napocząć, po pierwsze: przywołując definicję, a po drugie: omawiając nieco dokładniej kwestię dźwigni – jednego z elementów składowych traktury. Dźwignie jednym razem są niewielkie, innym całkiem spore, wykonane bywają zarówno z drewna jak i metalu, widoczne są na pierwszy rzut oka, bądź też ukryte w głębi instrumentu, niezmiennie jednak pozostają niezwykle ważnymi elementami składowymi traktur.

Czym zatem jest traktura? Odwołamy się do definicji podanej przez ks. prof. Jana Chwałka: *„**Traktura** (łac. traho = ciągnę) w szerokim ujęciu oznacza wszystkie urządzenia, które umożliwiają granie na organach, czyli precyzyjnie rozdzielają zgromadzone w miechach powietrze piszczałkom. W skład tak pojętej traktury wchodzi dwa mechanizmy: wiatrownice i traktura właściwa (...) **Traktura właściwa** to urządzenia za których pośrednictwem grający steruje wiatrownicami. W skład jej wchodzi trzy podstawowe zespoły: traktura klawiatury, traktura połączeń i traktura registratury.”*

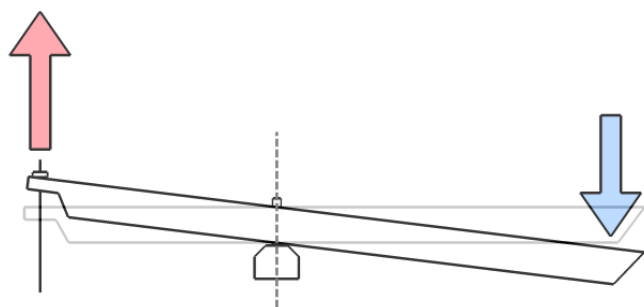
Bez wdawania się w dyskusję na temat tych definicji powtórzmy stwierdzenie, które padło już na samym wstępie: na początku każdej traktury jest klawisz (chodzi oczywiście o trakturę gry zwaną również trakturą klawiatury). Klawisz czyli dźwignia. I już przy tej okazji można dokonać podstawowego rozróżnienia na dwa typy dźwigni, tj. **dźwignię jednostronną (jednoramienną)** i **dwustronną (dwuramienną)**. Klawisze będące dźwigniami właśnie tych dwóch typów przedstawiają schematy zamieszczone poniżej.



■ **il.1.** Klawisze jako dźwignie; po lewej dźwignia dwuramienna (dwustronna), po prawej dwie odmiany dźwigni jednoramiennej (jednostronnej).

Na prezentowanych schematach oprócz samych dźwigni dostrzec można również inne elementy traktury (z pewnością będą się one pojawiać również i na kolejnych ilustracjach), głównie różnego rodzaju **ciągła** przekazujące ruch np. między kolejnymi dźwigniami. Nie będziemy się w tym miejscu szczegółowo zajmować tymi elementami, zwrócimy tylko uwagę na to, że przekazywanie ruchu może się odbywać przez pociąganie ciągów bądź ich popychanie (w zależności od konfiguracji układu). W związku z tym i konstrukcja ciągów może być różna. Ciągła pociągane (tzw. **abstrakty**) mają konstrukcję delikatniejszą i mogą być bardziej elastyczne niż ciągła przekazujące ruch przez popychanie - tzw. **ciągła sztywne** (różnego rodzaju **wałki**, **paliki**, **popychacze**, itp.). Wpływ na konstrukcję ciągła ma oczywiście również wielkość siły jaką musi ono przekazać. O wiele masywniejsze zatem będą np. ciągła traktury rejestrowej, które poruszają długimi i ciężkimi zasuwami, delikatniejsze zaś mogą być ciągła sterujące ruchem pojedynczych zaworów.

Wracając do klawiszy... pierwszy przypadek to klawisz będący dźwignią dwuramienną. Punkt podparcia klawisza (wyznaczający oś obrotu) znajduje się gdzieś między jednym a drugim jego końcem (np. w środku długości, w 1/3 długości, itp). Punkty przyłożenia sił (siły działania traktury - strzałka czerwona) znajdują się



■ **il.2.** Klawisz jako dźwignia dwuramienna: stan równowagi (kolor szary) i faza działania (kolor czarny) po przyłożeniu siły zewnętrznej.

po przeciwległych stronach osi obrotu - to konfiguracja typowa dla **dźwigni dwuramiennej** zwanej również **dźwignią dwustronną**. Dźwignia dwustronna jest rozwiązaniem dość powszechnie stosowanym i to nie tylko w organach; spośród przykładów tego typu dźwigni spotykanych w życiu codziennym wymienić można np. większość wag (wag starszego typu, np. takich

z szalkami i odważnikami), huśtawkę typu równoważnia czy żurawia do czerpania wody ze studni, itp.

Na marginesie zwróćmy uwagę na fakt, że klawisz to nie tylko ten jego fragment, który oklejony jest ozdobną okładziną i który widoczny jest w klawiaturze, w stole gry organów. Ta dźwignia tak naprawdę jest dużo większa tyle tylko, że spora jej część ukryta jest przed naszymi oczami wewnątrz instrumentu.



■ **il.3.** Zdemontowana klawiatura organowa; klawisze widoczne w całości (po zamontowaniu klawiatury w stole gry nieoklejone części klawiszy pozostają ukryte wewnątrz instrumentu).

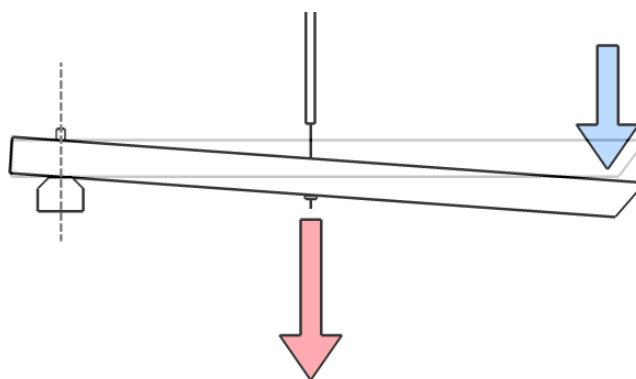
W przypadku klawisza-dźwigni dwuramiennej naciśnięcie go po jednej stronie powoduje wywołanie odpowiedniej siły po drugiej stronie tej dźwigni – siły skierowanej przeciwnie do tej którą zadziałaliśmy (obrazują to zwroty strzałek niebieskiej i czerwonej na schemacie). Innymi słowy, wciskając klawisz w części oklejonej ozdobną okładziną powodujemy uniesienie drugiego jego końca (czyli tego, który zwykle jest niewidoczny). Ten drugi, unoszący się koniec dźwigni-klawisza może poruszać niewielkim zaworem, zwierać styk elektryczny, albo pociągać abstrakty czy ramiona kolejnych dźwigni, a w efekcie końcowym otwierać zawory wykonawcze w wiatrownicy.

Przy tym pierwszym schemacie należy poczynić kilka uwag, które wyjaśnią znaczenie strzałek na prezentowanych ilustracjach. Celowo nie przytaczam tutaj szczegółowych schematów obciążeń poszczególnych dźwigni, z zaznaczeniem sił (wektorów sił) działających na nie w stanie równowagi. Oczywiście z punktu widzenia fizyki wydawałoby się to konieczne, ale nie o to tutaj chodzi. Nie chodzi o precyzyjne wyliczenia i naukowe podstawy (to można znaleźć w odpowiednich podręcznikach), ale o pokazanie zasady działania, idei, zwłaszcza w kontekście budowy i działania organów piszczałkowych. Dlatego też fizyków i wszystkich tych, których może razić ten sposób przekazu proszę o przymknięcie oka (przyznaję, że i mnie - inżyniera - też trochę kłuje to w oczy). Nie znajdziemy tutaj bowiem precyzyjnie wrysowanych wektorów sił, z pieczołowicie zaznaczonymi punktami zaczepienia. Strzałki (nie wektory), które znajdziemy na ilustracjach wskażą nam za to kierunki ruchu poszczególnych elementów traktury, a także kierunki najważniejszych z naszego punktu widzenia sił, które pojawiają się po wciśnięciu klawisza i które powodują wychylenie dźwigni ze stanu równowagi. Niebieska strzałka oznaczać będzie siłę działania (np. siłę nacisku palców organisty), czerwona zaś tzw. siłę użyteczną. Siła użyteczna wynika oczywiście z siły działania. Można powiedzieć, że dźwignia przekształca w pewien sposób siłę, którą do niej

przykładamy w siłę działania. To siła działania powoduje np. ruch dalszych elementów traktury. Na tym etapie to z pewnością wystarczy i nie utrudni zrozumienia idei.

Dystansując się nieco od tego całego, niekiedy dość skomplikowanego, aparatu teoretycznego, chciałbym jednak w kwestii wektorów zwrócić uwagę na jeden szczegół. Chodzi o rozróżnienie między kierunkiem a zwrotem wektora. Kierunek to prosta, na której leży wektor, a zwrot to informacja o tym, w którą stronę ten wektor jest zwrócony czyli w którą stronę skierowana jest jego strzałka. Możemy zatem mieć np. dwie siły działające w pionie (czyli w tym samym kierunku) ale jedna z nich działa w górę, a druga w dół (tzn. mają przeciwne zwroty), albo dwie siły działające w poziomie (wektory znajdują się na linii poziomej, lub na liniach poziomych), ale jedna z nich działa w lewo, a druga w prawo, albo jeszcze inny przypadek: jedna siła działa pionowo w dół, druga poziomo w prawo, itp. To taki niuans, ale jeśli zostanie zignorowany, to może stać na przeszkodzie w dogadaniu się np. praktyka z teoretykiem. Ale wróćmy do dźwigni-klawiszy...

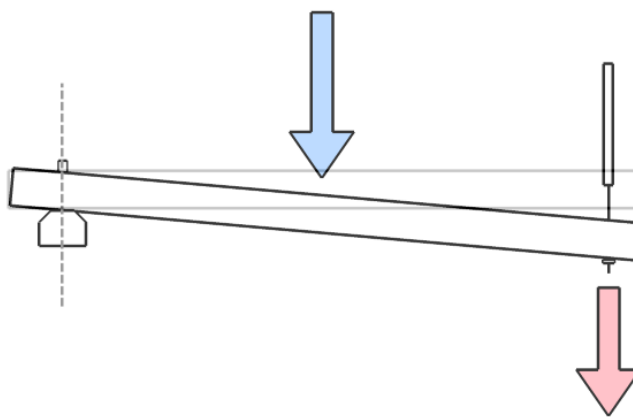
Drugi przypadek to klawisz będący dźwignią jednoramienną. Punkt podparcia klawisza znajduje się tuż przy jego końcu, a tym samym punkty przyłożenia sił (siły działania i siły użytecznej, tj. działającej na dalsze elementy traktury) znajdują się po jednej stronie osi obrotu - to konfiguracja typowa dla **dźwigni jednoramiennej** zwanej również **dźwignią jednostronną**. Na zasadzie dźwigni jednoramiennej działają m.in. takie urządzenia jak: taczka, dziadek do orzechów, ręczna gilotyna do papieru, itp. W przypadku o którym mówimy naciśnięcie takiej dźwigni powoduje pociąganie dalszych elementów traktury w kierunku zgodnym z siłą, którą zadziałaliśmy. Klawisz takiego typu może oczywiście sterować dokładnie takimi samymi urządzeniami co klawisz dwuramienny, tylko – rzecz jasna – dalsze mechanizmy muszą mieć nieco inny układ.



■ il.4. Klawisz jako dźwignia jednoramienna: stan równowagi (kolor szary) i faza działania (kolor czarny) po przyłożeniu siły zewnętrznej (siła działania przyłożona przy końcu klawisza).

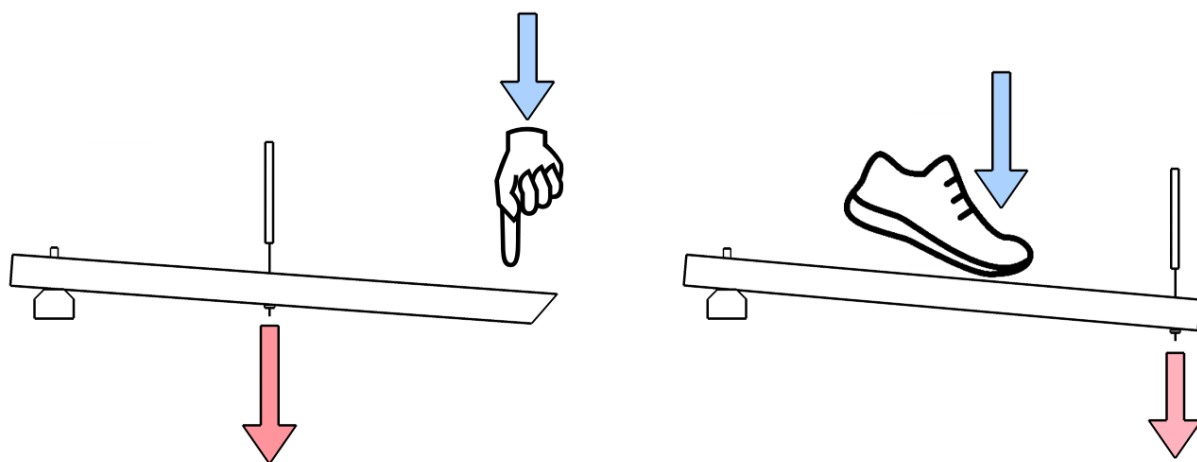
Zwróćmy uwagę, że w przypadku dźwigni jednoramiennej możemy spotkać dwa sposoby ułożenia względem siebie punktów przyłożenia sił. Pierwszy to ten, który został omówiony powyżej. Siła nacisku działa na klawisz jednoramienny blisko jego ruchomego końca, a punkt zaczepienia abstraktu (punkt działania siły użytecznej) położony jest pomiędzy osią obrotu a punktem działania siły nacisku. Takie rozwiązanie stosowane jest często w konstrukcji manualów czyli klawiatur ręcznych, np. w organach z tzw. **trakturą zawieszoną**.

Drugi wariant, to ten przedstawiony na rysunku obok. W taki sposób najczęściej skonstruowane są klawiatury pedałow. Klawisz pedału zwykle jest dźwignią jednoramienną, której ruchomy koniec porusza kolejnym elementem traktury, a siła nacisku przyłożona jest pomiędzy obydwoma końcami takiej dźwigni, czyli pomiędzy osią obrotu a ruchomym końcem, który oddziałuje odpowiednią siłą na dalsze elementy traktury. Jak widać, w obydwu opisanych odmianach dźwigni jednoramiennej mamy całkowicie od-



■ **il.5.** Klawisz jako dźwignia jednoramienna: stan równowagi (kolor szary) i faza działania (kolor czarny) po przyłożeniu siły zewnętrznej (siła działania przyłożona w okolicy środka klawisza).

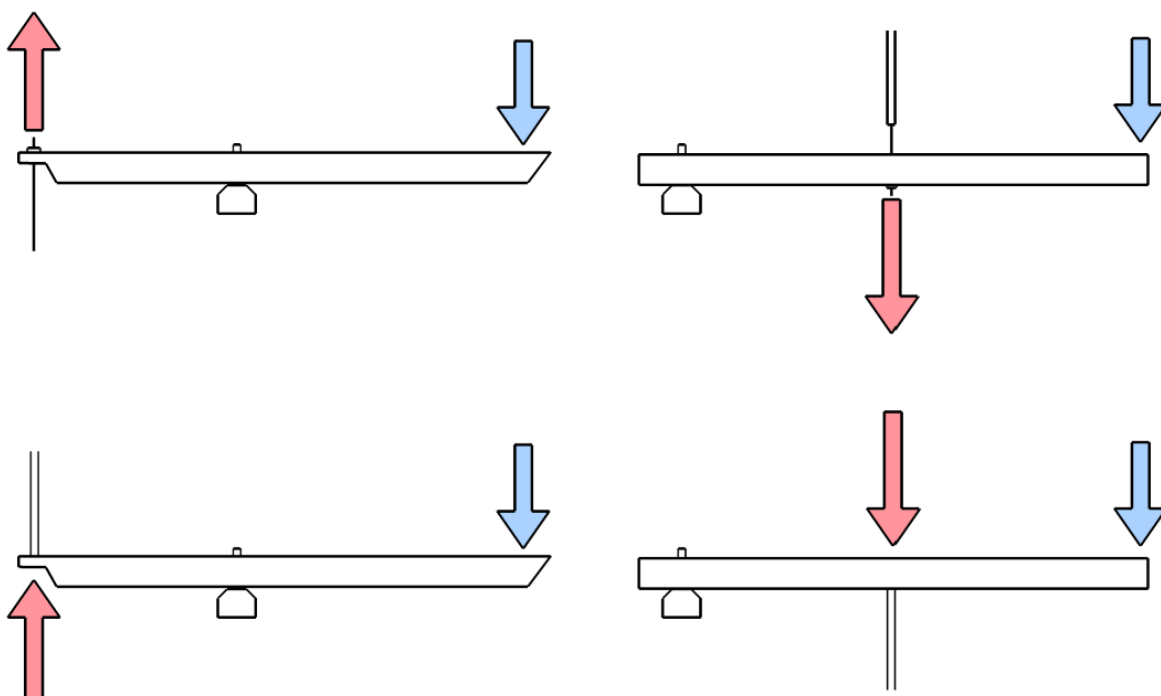
wrotny układ sił w stosunku do położenia osi obrotu. Wiąże się to oczywiście z kwestią różnych odległości pokonywanych przez te punkty dźwigni, w których przyłożono siły, oraz z różnymi wartościami tych właśnie sił - sił niezbędnych do uzyskania zamierzonego efektu. Porównanie tych dwóch wariantów, z praktycznym odniesieniem do klawiszy klawiatury ręcznej (**manuału**) i nożnej (**pedału**), przedstawia ilustracja poniżej.



■ **il.6.** Klawisz jako dźwignia jednoramienna - dwie odmiany dźwigni tego typu (różne punkty przyłożenia siły działania i siły użytecznej w stosunku do osi obrotu).

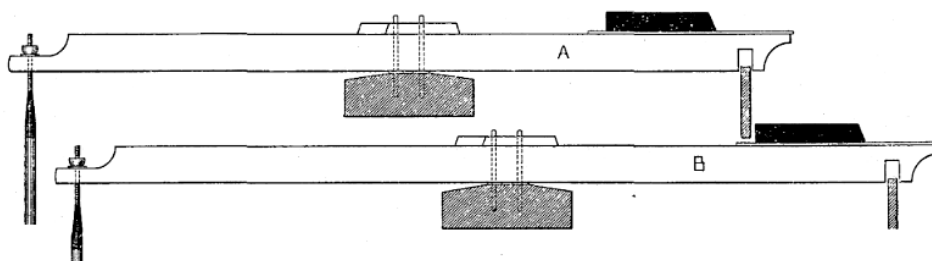
I tak, w układzie po lewej stronie, abstrakt przesunie się (w dół) o mniejszą odległość niż głębokość wciśnięcia klawisza, ale za to siła działająca na abstrakt będzie większa od tej, którą organista zadziała na klawisz (wynika to z bilansu momentów sił przyłożonych do dźwigni). W układzie po prawej stronie natomiast, koniec klawisza pokona dłuższą drogę niż punkt, w którym organista naciska go stopą, ale też organista musi użyć siły większej niż ta, która wymagana jest do poruszenia dalszymi elementami traktury (na szczęście dla nóg nie jest to aż tak duży wysiłek co dla palców rąk).

Klawisze są dźwigniami, które wprawiane są w ruch w zasadzie tylko przez popychanie, a właściwie naciskanie (stopami bądź palcami dłoni). Ale już kolejne elementy traktury, na które działa klawisz jako dźwignia, mogą być wprawiane w ruch zarówno przez popychanie jak i pociąganie. Oczywiście w każdym przypadku traktura wyglądać będzie trochę inaczej choćby z tego powodu, że element pociągany (listewka, cięgło, abstrakt) nie musi być tak sztywny jak element przekazujący ruch przez popychanie (popychacz, sztyft, itp.).



■ **il.7.** Klawisze jako dźwignie ciągnące (pociągające) i pchające (popychające). Po lewej: dźwignie dwuramienne ciągnąca (na górze) i pchająca (na dole), po prawej: dźwignie jednoramienne ciągnąca i pchająca.

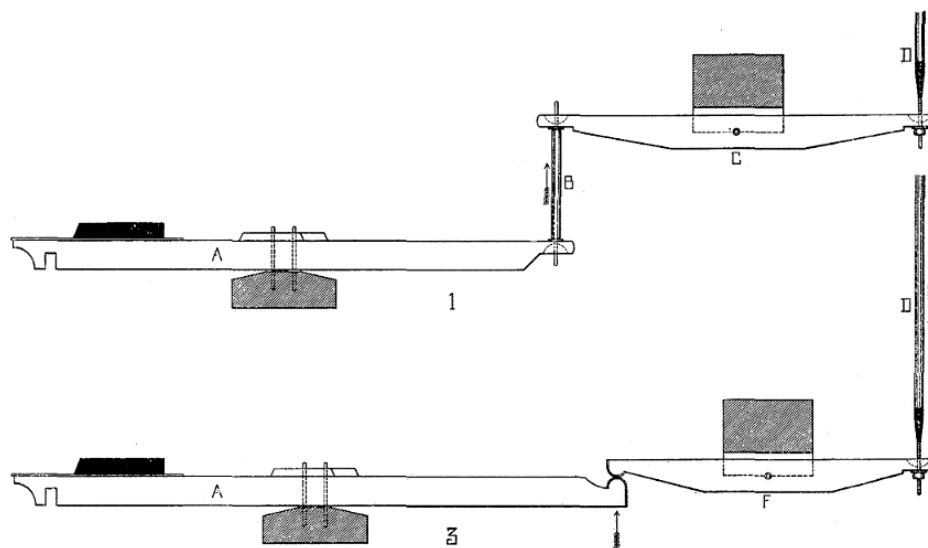
Poniżej przedstawiono bardziej szczegółowe schematy klawiszy dwóch manualów funkcjonujących jako dźwignie dwuramienne, które pociągają abstrakty.



■ **il.8.** Klawisze - dźwignie dwuramienne pociągające abstrakty.

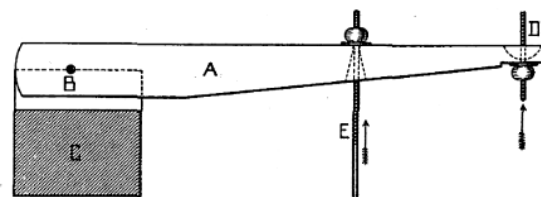
Kolejny przykład to również klawisze dwuramienne, ale dźwignie te tym razem nie pociągają lecz popychają kolejne elementy traktury. Klawisz na dole bezpośrednio styka się z ramieniem kolejnej dźwigni dwuramiennej, która z kolei pociąga następny element (abstrakt). Klawisz górny

również popycha ramię kolejnej dźwigni, ale w tym przypadku odbywa się to za pośrednictwem popychacza (ciągła sztywnego).

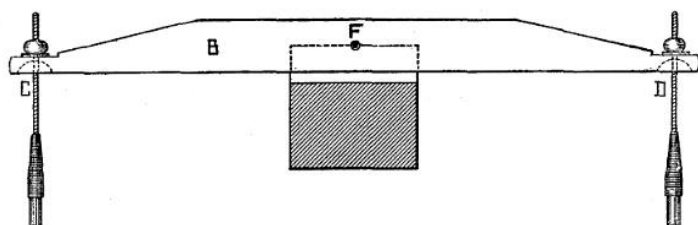


■ **il.9.** Klawisze - dźwignie dwuramienne popychające kolejne elementy traktury.

Zostawiając już same klawisze i zajmując się dźwigniami w ogólności trzeba przyznać, że z największą ich różnorodnością spotkamy się oczywiście w przypadku instrumentów z trakturą mechaniczną. W trakturze tego typu klawisze nie są jedynymi dźwigniami na jakie się natkniemy, ale żeby zobaczyć te pozostałe trzeba zajrzeć do wnętrza organów. Tam znajdziemy całe mnóstwo dźwigni w bardzo różnych wariantach i układach. Dźwignie, w ogólności, mogą być wprowadzane w ruch (wyprowadzane ze stanu równowagi) przez pociąganie ramienia, albo jego popychanie. Podobnie jest ze skutkiem działania dźwigni, tzn. ramię dźwigni wprowadzonej w ruch może kolejne elementy traktury również albo pociągać, albo też popychać.



■ **il.10.** Dźwignia jednoramienna.



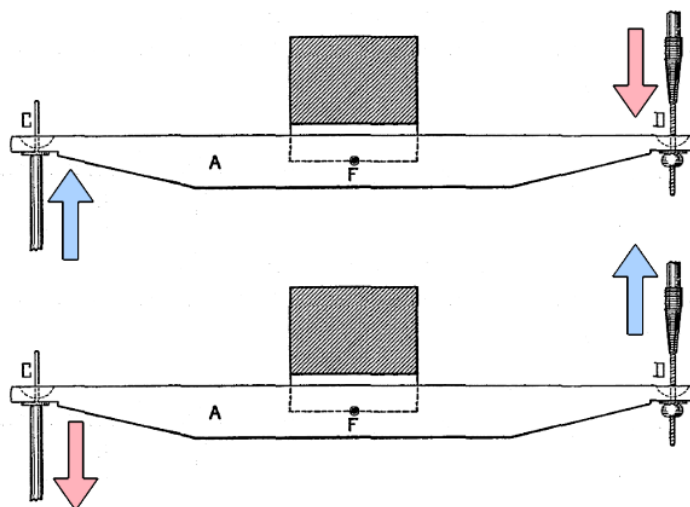
■ **il.11.** Dźwignia dwuramienna (symetryczna).

Dla przykładu, ilustracja obok przedstawia dźwignię dwuramienną, do której po obydwu stronach przymocowano abstrakty. Wyprowadzenie takiej dźwigni ze stanu równowagi następuje przez pociągnięcie w dół jednego z abstraktów, co powoduje

przechylenie całej dźwigni. Jedno ramię dźwigni obniża się, drugie ramię w tym samym czasie podnosi się pociągając kolejny abstrakt. Dźwignia ta jest symetryczna, zatem siłę działania

można w takim przypadku przyłożyć albo do lewego, albo do prawego jej ramienia. Siła użyteczna, o przeciwnym zwrocie, pojawi się odpowiednio na przeciwległym końcu dźwigni.

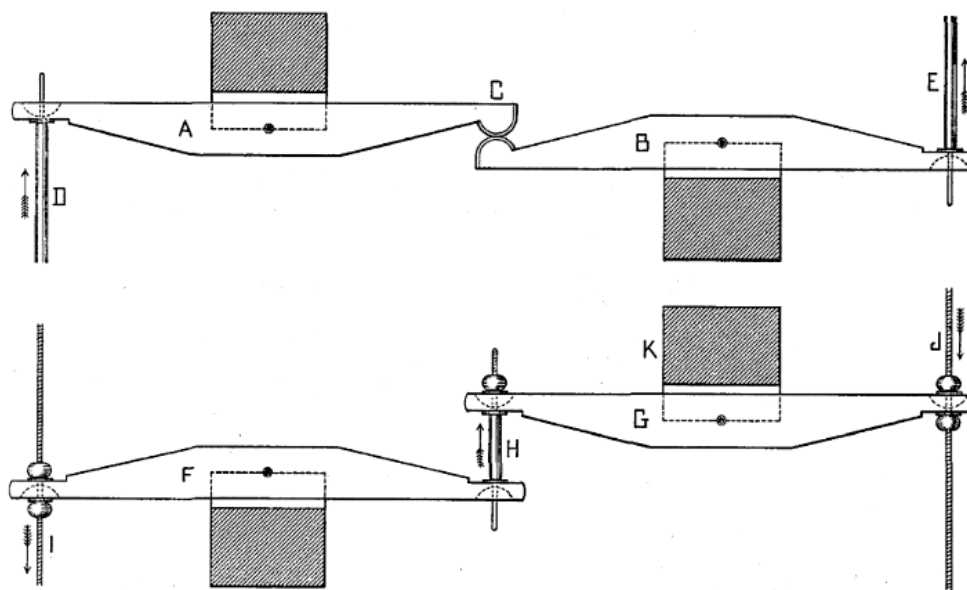
Drugi przykład to również dźwignia dwuramienna, ale tym razem do jednego z jej ramion (tego po lewej stronie) przymocowano popychacz (ciągnię sztywne), do drugiego natomiast abstrakt. Dwa przedstawione obok warianty dotyczą dokładnie tej samej dźwigni, ale różni je miejsce przyłożenia siły działania. Siłę tę (strzałka niebieska) można przyłożyć do lewego lub prawego ramienia dźwigni, ale ze względu na inny charakter cięgieł trzeba to zrobić w inny sposób.



■ **il.12.** Dźwignia dwuramienna - różne warianty pracy.

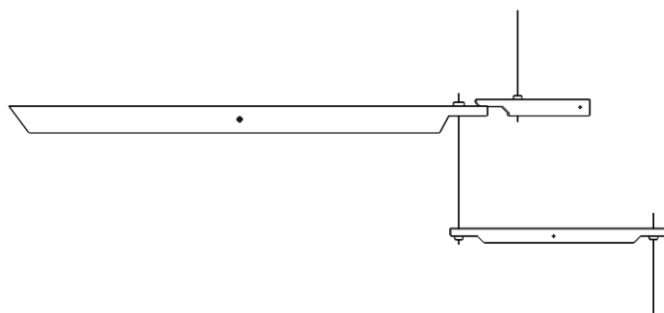
Pierwszy wariant - górna dźwignia z powyższej ilustracji: siła działania, za pośrednictwem sztywnego cięgnia, popycha w górę lewe ramię dźwigni. Ramię prawe tym samym obniża się, pociągając przymocowany doń abstrakt. W przypadku drugiej dźwigni (tej dolnej) siła działania, poprzez abstrakt, pociąga prawe ramię dźwigni w górę, co powoduje opadnięcie lewego ramienia dźwigni, które z kolei popycha w dół zamocowane do niego ciągnię sztywne.

Dźwignie stosowane w organach występują często w całych współpracujących ze sobą zestawach, tworzących niekiedy skomplikowane i niezwykle ciekawe systemy przekazywania ruchu.



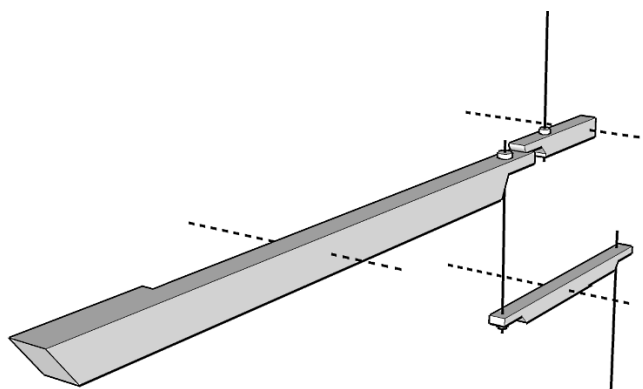
■ **il.13.** Zespoły współpracujących ze sobą dźwigni dwuramiennych.

Musimy przy tym pamiętać, że jeśli np. oglądamy schemat połączonych ze sobą elementów uruchamianych jednym klawiszem, to tak naprawdę analizujemy tylko niewielki fragment całego mechanizmu. Skupiamy się bowiem na elementach traktury powiązanych właśnie z pojedynczym klawiszem (przykład takiego schematu mamy na ilustracji obok).

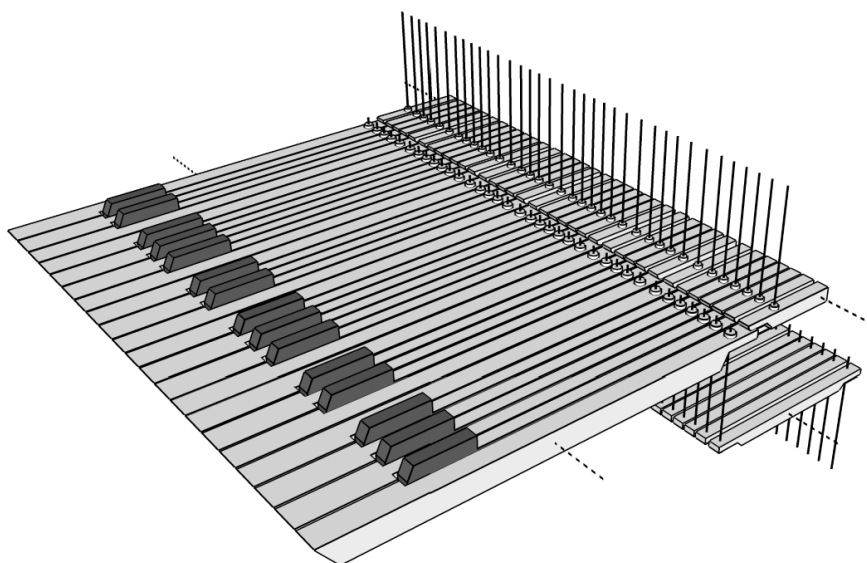


■ **il.14.** Schemat (rzut prostokątny) fragmentu traktury gry z jednym klawiszem (dźwignią dwuramienną) ciągłami i dwoma kolejnymi dźwigniami (jedno- i dwuramienną).

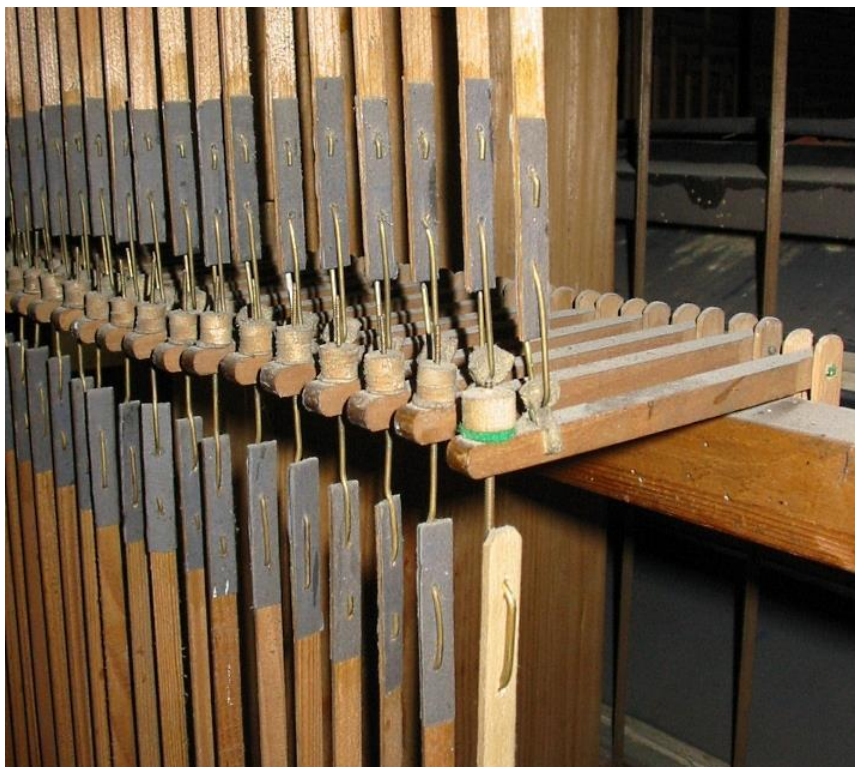
A klawiszy w każdej z klawiatur jest zwykle kilkadziesiąt, zatem pojedynczy mechanizm przedstawiony na schemacie musi zostać w realnej trakturze zwielokrotniony, bo przecież każdy klawisz uruchamia oddzielny mechanizm (oddzielną grupę ciągł i dźwigni). Traktura gry wobec tego, w niektórych fragmentach może wyglądać trochę tak jakby (używając “windowsowo-office’owego” języka) skopiować taki pojedynczy układ dźwigni i abstraktów połączonych z jednym klawiszem, a następnie wielokrotnie wkleić ten układ jeden obok drugiego tak, aby każdy z klawiszy miał swój własny “łańcuszek” dźwigni i abstraktów.



■ **il.15.** Rzut perspektywiczny fragmentu traktury gry (przebieg traktury dla pojedynczego klawisza).

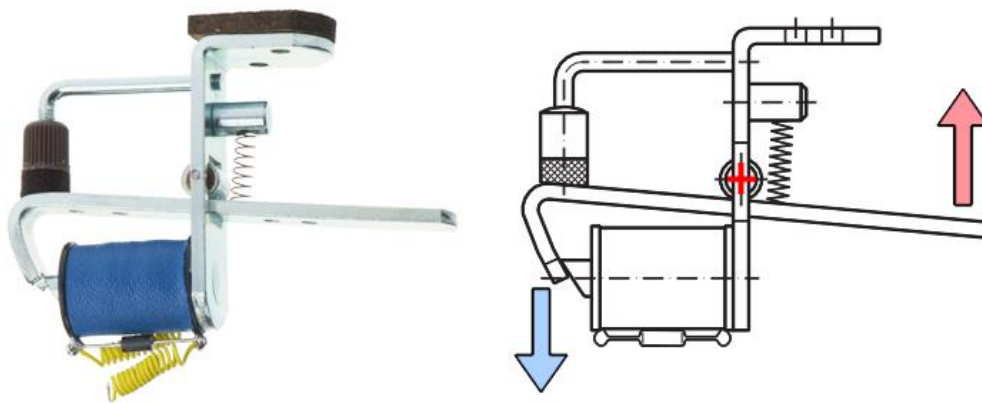


■ **il.16.** Fragment mechanicznej traktury gry - wielokrotnie powtórzony (dla każdego klawisza z osobna) układ ciągł i dźwigni z poprzedniej ilustracji.



■ **il.17.** *Fragment traktury gry z zespołem dźwigni jednoramiennych i dołączonych do nich abstraktów.*

Dźwignie omówione powyżej, tzn. takie w formie sztywnej, prostej „belki” używane są zwykle do przeniesienia siły bez zmiany jej kierunku, choć oczywiście zwrot może ulec zmianie. Taka prosta dźwignia jednoramienna zachowuje zwrot siły, dwuramienna natomiast zmienia ten zwrot na przeciwny (co widać na omawianych powyżej ilustracjach). Jak wspomnieliśmy na wstępie, dźwignia w postaci klawisza występuje w każdym instrumencie. Innych dźwigni możemy szukać wewnątrz instrumentów, głównie takich, które dysponują trakturą mechaniczną. Głównie ale nie wyłącznie! Oczywiście, jak już powiedziano, w instrumentach mechanicznych znajdziemy ich całe mnóstwo, bo mechanika „stoi” dźwigniami. Ale można ich też poszukać i wewnątrz innych instrumentów, np. w organach z trakturą elektryczną lub elektro-pneumatyczną. Zwróćmy uwagę np. na konstrukcję elektromagnesu stosowanego w budownictwie organowym, przedstawionego na ilustracji poniżej.



■ **il.18.** Widok i schemat elektromagnesu z dźwignią dwuramienną (oznaczenia na schemacie: czerwony krzyżyk - oś obrotu metalowej dźwigni, strzałka niebieska - siła działania, strzałka czerwona - siła użyteczna).

Upraszczając można powiedzieć, że elektromagnes jest magnesem sterowanym elektrycznie. Prąd płynący przez cewkę (najczęściej z rdzeniem w środku) powoduje, że przyciąga ona metalowe przedmioty znajdujące się w pobliżu (dla ścisłości trzeba podkreślić, że na niektóre metale magnes nie działa). Takim właśnie przyciąganym przedmiotem, w omawianym urządzeniu jest metalowa dźwignia, która w tym przypadku przyjęła formę podłużnego elementu odpowiednio zakrzywionego na jednym końcu (w pobliżu rdzenia elektromagnesu). Zadziałanie takiego układu następuje w chwili dostarczenia elektromagnesowi odpowiedniego napięcia. Na skutek przepływu prądu elektromagnes przyciąga zakrzywiony koniec metalowej dźwigni do rdzenia (siłę działania generuje zatem elektromagnes). Ramię dźwigni przyciągane do rdzenia (na ilustracji jest to ramię lewe) obniża się, zaś drugie ramię (na prawo od osi obrotu oznaczonej czerwonym krzyżykiem) unosi się. Unoszone ramię dźwigni (siła użyteczna skierowana w górę) wymusza ruch kolejnego elementu, którego już na przestawionej ilustracji nie umieszczono, ale którym może być np. zawór stożkowy w wiatrownicy.

Osoby zorientowane nieco w problematyce traktur zauważyły z pewnością, że nie wszystkie dźwignie, które używane są w organach znalazły swoje miejsce w tym artykule. Nie padło bowiem ani jedno słowo choćby o **dźwigniach kątowych** (tzw. **kątownikach**) czy **wałkach skrętnych** (które również są dźwigniami), o **dźwigni Barkera** też nie było ani słowa (to akurat jest zupełnie inna historia). Zgadza się. Mieliśmy tutaj bowiem absolutne podstawy, a kolejne typy dźwigni zostaną omówione w oddzielnych materiałach.

---

### Źródła ilustracji:

**nagłówek:** kompilacja grafik: E. Chambers (1728) *Cyclopaedia, A Useful Dictionary of Arts and Sciences* – domena publiczna, G. A. Audsley, *The Art of Organ-building: A Comprehensive Historical, Theoretical, and Practical Treatise on the Tonal Appointment and Mechanical Construction of Concert-room, Church, and Chamber Organs*, New York 1965

**il.1.** K. Zacharski

**il.2.** K. Zacharski

**il.3.** źródło: <http://www.organsupply.com/assets/CatalogPDFs/2014/Consoles-Parts-Revision.pdf> [dostęp: 05.04.2019]

**il.4-7.** K. Zacharski

**il.8-11.** G. A. Audsley, *The Art of Organ-building*, New York 1965

**il.12.** G. A. Audsley, *The Art of Organ-building*, New York 1965, kierunki działania sił na schemacie: K. Zacharski

**il.13.** G. A. Audsley, *The Art of Organ-building*, New York 1965

**il.14-17.** K. Zacharski

**il.18.** źródło: <https://laukhuff.de/wp-content/uploads/2018/05/3.pdf> [dostęp: 05.04.2019], kierunki działania sił na schemacie: K. Zacharski

### Bibliografia:

■ G. A. Audsley, *The Art of Organ-building: A Comprehensive Historical, Theoretical, and Practical Treatise on the Tonal Appointment and Mechanical Construction of Concert-room, Church, and Chamber Organs*, New York 1965

■ J. Chwałek, *Budowa organów. Wprowadzenie do inwentaryzacji i dokumentacji zabytkowych organów w Polsce*, Warszawa 1971