

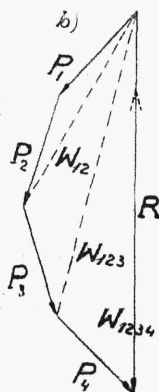
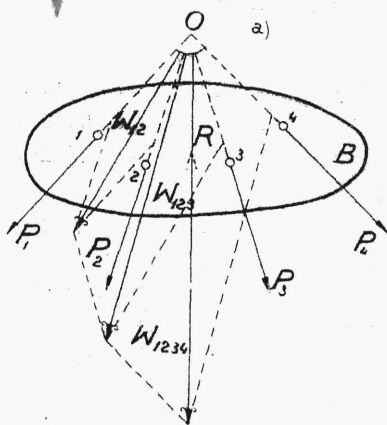
## Wykreślne sposoby składania i rozkładania sił.

### I. Siły przecinające się w obrębie rysunku.

Składanie i rozkładanie sił może być wykonane bądź drogą analityczną za pomocą równań równowagi, bądź drogą wykreślną za pomocą geometrycznego dodawania i odejmowania wektorów sił <sup>1)</sup>.

Stosowanie poszczególnych sposobów wykreślnego składania sił w płaszczyźnie zależy od tego, czy linie sił, o które chodzi, przecinają się ze sobą w granicach rysunku, czy też się nie przecinają.

Przypuśćmy, że na pewną bryłę  $B$  (rys. 19) działa płaski układ sił  $P$ ,



Rys. 19.

które przecinają się wszystkie w jednym punkcie  $O$ . Składanie sił odbywa się tu w tym porządku, że znajdujemy przedewszystkiem wypadkową  $W_{12}$  sił  $P_1$  i  $P_2$ , następnie wypadkową  $W_{123}$  sił  $W_{12}$  i  $P_3$ , wreszcie wypadkową  $W_{1234}$  sił  $W_{123}$  i  $P_4$ , która będzie zarazem wypadkową wszystkich sił, działających na bryłę.

Kolejne wypadkowe  $W$  znajdujemy albo za pomocą odpowiednich równoległoboków sił (rys. 19a), albo też za pomocą zastępujących te równoległoboki trójkątów

<sup>1)</sup> Wykreślne metody obliczeń statycznych w sposób bardziej wyczerpujący są traktowane np. w dziełach następujących:

M. Lévy, „La statique graphique“, 1918.

prof. I. Radziszewski, „Statyka wykreślna“, 1923.

H. Müller-Breslau, „Die graphische Statik“, 1912.

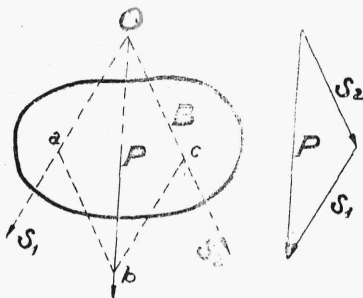
A. Föppl, „Vorlesungen über Technische Mechanik“ II Bd.

$P_1 P_2 W_{12}$ ,  $W_{12} P_3 W_{123}$  i t. d., tworzących wspólnie wielobok, zwany wielobokiem sił (rys. 19b). Na wieloboku tym wypadkowa  $W_{1234}$  ma zwrot przeciwny do zwrotów wszystkich sił składowych.

Jeżeli teraz zaczepimy do bryły  $B$  siłę  $R$ , skierowaną wzdłuż prostej działania siły  $W_{1234}$ , równą jej, lecz mającą zwrot przeciwny, wówczas siły  $W_{1234}$  i  $R$  zniosą się wzajemnie, a bryła  $B$  będzie się znajdowała w równowadze. Wielobok sił ulegnie tu, w porównaniu z poprzednim, jedynie tej zmianie, że strzałka, oznaczająca zwrot wypadkowej  $W_{1234}$ , zastąpiona zostanie przez strzałkę punktowaną, odpowiadającą zwrotowi siły  $R$ , równoważącej dany układ sił  $P$  (rys. 19 b).

A więc wypadkowa zwrócona jest na wieloboku sił zawsze przeciwnie do sił składowych, zaś w układzie sił wzajemnie się równoważących wszystkie siły są zwrócone jednakowo. Bok wieloboku sił, odpowiadający wypadkowej, będziemy nieraz nazywali bokiem zamykającym.

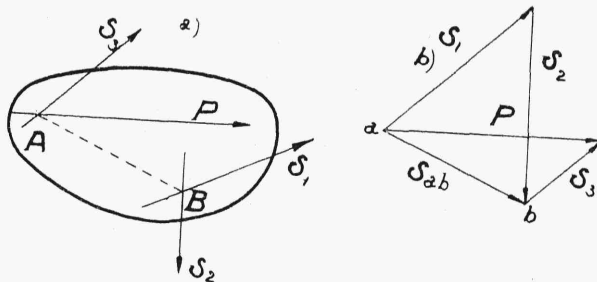
O ile siły  $P$ , działające na daną bryłę, nie przecinają się w jednym punkcie, przecinają się jednak ze sobą, po dwie, w granicach rysunku, wówczas znajdujemy wypadkową ich wszystkich tak samo, jak wyżej, drogą znajdowania wypadkowych kolejnych, z tą tylko różnicą, że te ostatnie nie będą się przecinały wszystkie w jednym punkcie. Budowa wieloboku sił będzie tu zupełnie ta sama, co w wypadku poprzednim.



Rys. 20.

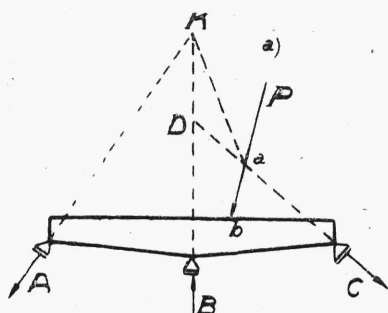
Przypuśćmy, że chodzi nam teraz o rozłożenie siły  $P$ , działającej na bryłę  $B$  (rys. 20) na dwa kierunki  $S_1$  i  $S_2$ . Rozłożenie nastąpić może albo za pomocą równoległoboku  $Oabc$  bezpośrednio na rysunku bryły, albo też za pomocą trójkąta sił  $S_1 S_2 P$  co jest naogół dogodniejsze, gdyż mniej komplikuje wykres.

Na trzy dane kierunki  $S_1$ ,  $S_2$  i  $S_3$ , znajdujące się w tej samej płaszczyźnie, możemy siłę  $P$  rozłożyć tylko w tym wypadku, o ile te kierunki nie przecinają się w jednym punkcie i o ile nie są do siebie równoległe (rys. 21).

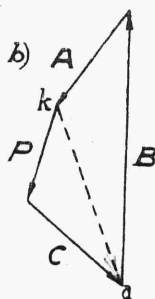


Rys. 21.

Aby to uczynić wyznaczamy punkt  $A$  przecięcia się kierunku  $P$  z kierunkiem  $S_3$  i punkt  $B$  przecięcia się kierunków  $S_1$  i  $S_2$  oraz przeprowadzamy prostą  $AB$ , łączącą te dwa punkty. Siłę  $P$  rozkładamy na kierunki  $S_3$  i  $AB$  za pomocą trójkąta sił  $P$ ,  $S_3$ ,  $S_{ab}$  (rys. 21 b). W dalszym ciągu siłę  $S_{ab}$ , działającą wzdłuż prostej  $AB$ , rozkładamy na kierunki  $S_1$  i  $S_2$  za pomocą trójkąta sił  $S_{ab}$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  i w ten sposób dochodzimy do rozwiązania zadania. Wielobok sił ma w danym wypadku cztery boki  $P$ ,  $S_1$ ,  $S_2$  i  $S_3$ , przyczem dana siła  $P$ , jako wypadkowa, ma zwrot przeciwny do trzech sił pozostałych.



Rys. 22.



Podany sposób rozkładania sił na trzy kierunki w płaszczyźnie znajduje bezpośrednie zastosowanie w obliczeniu reakcyj belki trójpierścistej, przedstawionej na rys. 22 a. Belka ta jest wsparta na trzech podporach przegubowo-przesuwalnych, których przesuwanie odbywa się w trzech

różnych płaszczyznach do siebie nierównoległych. Wobec takiego sposobu podparcia, reakcje podpór są tu skierowane prostopadle do płaszczyzn przesuwania się podpór, przyczem nie mogą jednak się przecinać wszystkie w jednym punkcie.

Wyznaczenie reakcyj polega tu na tem, że siłę  $P$  rozkładamy za pomocą wieloboku sił, przedstawionego na rys. 22 b, na trzy kierunki  $AK$ ,  $BK$  i  $DC$  w ten sam sposób, jak w zadaniu poprzednim, następnie zaś wszystkim wyznaczonym tą drogą siłom nadajemy strzałki jednego i tego samego zwrotu. Zwroty reakcyj są również wskazane na rys. 22 a.

W innych rodzajach belek trójpierścistych, poza omówionym, reakcje podpór mogą być wyznaczone jedynie po uwzględnieniu odkształceń belki (rozdz. XI).

## 2. Siły w przestrzeni.

W razie, gdy siły  $P$ , działające na daną bryłę, nie znajdują się w jednej i tej samej płaszczyźnie, uciekamy się do rzutowania ich na dwie prostopadłe do siebie płaszczyzny rzutów.

Mamy na rys. 23 przedstawioną w dwóch rzutach bryłę oraz działające na nią 4 siły o wektorach  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ , przecinających się w jednym punkcie.

Znajdujemy wypadkową wymienionych sił. W tym celu wykreślamy na każdej z płaszczyzn rzutów wielobok sił i wyznaczamy, zamykając go,