dzeniu bryły z równowagi musi być odjemną; — a więc energja kinetyczna wyprowadzająca bryłę z równowagi, wskutek wykonywania przez siły pracy odjemnej, będzie się zmniejszać i zanikać; równowaga przeto bryły w położeniu, w którem $U = \max.$ jest trwałą; jeżeli zaś w pewnem położeniu bryły $U =$ minimum; to w sąsiednich położeniach $U > U \min.$; a więc podczas przesunięcia się bryły praca sił jest w tym razie dodatnią, energja jej przeto kinetyczna wzrasta; równowaga przeto bryły w położeniu, w którem $U = \min.$, jest nietrwałą.

W przykładzie, rys. 157-my $U = -Q.y_s + C$; $\delta U = -Q.\delta y_s = 0$;

$U = \max.$; jeżeli $y_s = \min.$; równowaga trwała;

$U = \min.$; jeżeli $y_s = \max.$; równowaga nietrwała;

co się zgadza z poprzednimi wnioskami.

4. Zastosowania pracy wyobrażalnej.

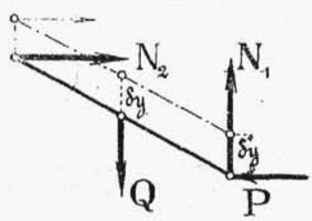
126. Obliczenie sił odporowych za pomocą przesunięć wyobrażalnych. Przesunięcia możliwe mają na celu usunąć z rachunku wielkości sił odporowych. Za pomocą tych więc przesunięć możemy zestawić równania równowagi sił zewnętrznych, gdy przyjmiemy, że siły odporowe są prostopadłe do powierzchni zetknięć. Gdy zaś zechcemy obliczć siły odporowe, powinniśmy stosować inne przesunięcia, któreby właśnie wprowadzały te siły do wyrazu pracy wyobrażalnej.

Ogólny wzór pracy wyobrażalnej sił zewnętrznych i odporowych, działających na układ nieswobodny punktów, podczas dowolnego t. j. wyobrażalnego przesunięcia, jest następujący:

$$\Sigma(P.\delta p) + \Sigma(N.\delta n) = 0.$$

We wzorze tym litery P oznaczają siły zewnętrzne, zaś N siły odporowe; w celu obliczenia sił odporowych, należy dobrać odpowiednie danemu zadaniu przesunięcia.

Gdy np. belka, obiążona siłą Q, wspiera się na dwóch punktach A i B (przykład 3-ci na str. 51-ej), to siły odporowe A i B obliczymy np. w ten sposób: nadajmy belce obrót około punktu B a otrzymamy równanie pracy, w które wchodzi siła odporowa A i siła dana Q; z równania więc tego obliczymy bezpośrednio siłę odporową A. Wyobraziwszy sobie następnie drugi obrót około punktu A, otrzymamy równanie, z którego obliczymy siłę odporową B.



Rys. 158.

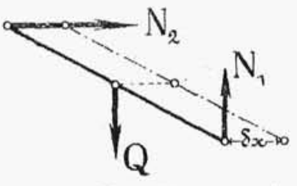
Siły odporowe np. pręta, podanego w przykładzie na str. 190-tej, obliczymy, nadając prętowi przesunięcie w kierunku osi y, rys. 158-my otrzymamy wtedy równanie:

$$N_1.\delta y - Q.\delta y = 0; \text{ skąd: } N_1 = Q;$$

pracá bowiem sił N_2 i P, podczas tego przesunięcia, równa się zeru.

Nadajmy następnie prętowi przesunięcie w kierunku osi x, rys. 159-ty a otrzymamy równanie:

$$N_2 . \delta x - P . \delta x = 0; \text{ skąd: } N_2 = P.$$



Rys. 159.

prace bowiem pozostałych sił równają się zeru.

Siła P na razie jest niewiadomą, może być jednakże obliczoną z przesunięcia możliwego. W tenże sposób można rozwiązać wszystkie zadania które zostały rozwiązane metodą statyczną.

Te szczególne przesunięcia, stosowane w powyższych przykładach, miały na celu wyrugowanie z równania pracy możliwej dużą ilość niewiadomych, a wprowadzenie do rachunku tylko jednej niewiadomej; gdyż w ten sposób upraszcza się rachunek; przy większej bowiem ilości niewiadomych trudności rachunkowe nadzwyczaj prędko wzrastają.

Wybór więc sposobu przesunięcia odgrywa ważną rolę w praktycznem przeprowadzeniu rachunku, tak samo jak wybór osi rzutów, lub wybór bieguna momentów, przy obliczeniu za pomocą równań statycznych.

127. Układy z uwzględnieniem tarcia. Na zakończenie danego działu należy omówić przypadek wyznaczenia zależności sił zewnętrznych, gdy uwzględnimy siły tarcia, występujące w danym mechanizmie. Zestawiając w tym przypadku równanie pracy możliwej, otrzymamy w niem oprócz pracy sił zewnętrznych pracę sił tarcia; przesunięcia bowiem możliwe następują w kierunku tych sił; lecz siły tarcia zależą od sił normalnych, a więc wejdą do tych równań siły normalne i w danym razie upada cała prostota rachunku, jaką otrzymujemy, stosując zasadę pracy możliwej; lecz, wogóle mówiąc, możliwem jest jej stosowanie i w danym przypadku, dobierając odpowiednie przesunięcia; otrzymamy tylko pewną ilość równań z odpowiednią ilością niewiadomych. W szczególnych przypadkach można jednem równaniem wyrazić szukaną zależność sił zewnętrznych; gdy np. uda się znaleźć przesunięcie, którego kierunek byłby prostopadły do kierunku sił odporowych, uwzględniwszy, że kierunki te tworzą pewien kąt z normalnemi, wystawionemi w punktach zetknięć.