

kinematycznych, obrazy fizyczne, które łatwiej spostrzeżemy w świetle nas otaczającym;—o tem będziemy mówili szczegółowo w dynamice ¹⁾.

1. Ruch bryły z ograniczeniami jednostronnymi.

75. Określenia. Dotychczas rozpatrywaliśmy takie ograniczenia ruchu, które niepozwalają poruszającym się bryłom oddzielić się od brył, linii lub punktów, które ograniczały jej ruch. Teraz rozpatrzymy przypadki, w których dana bryła może oddzielić się w pewnych kierunkach od powierzchni, ograniczającej jej ruch. Bryłę, która nie może wogóle oddzielać się od powierzchni, po której się ślizga, posiada połączenie wszechstronnej jeżeli zaś może się oddzielić w kierunku np. strony wypukłej tej powierzchni, to posiada połączenie jednostronne; każdy np. przedmiot, leżący swobodnie na stole, jest bryłą ograniczoną jednostronnie. Bryła taka stanie się swobodna, gdy się oddzieli od tej powierzchni; jest nieswobodną, gdy na niej pozostaje.

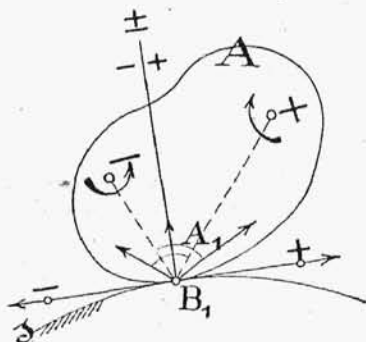
76. Ruch płaski. Rozpatrzmy ruch figur płaskich w ich płaszczyźnie; gdy ograniczenia są jednostronne. Figura płaska, gdy nie posiada żadnych ograniczeń ruchu, jest swobodną; jeżeli zaś w płaszczyźnie jej ruchu zbudujemy przeszkodę w postaci linii materialnej, której nie może ona przekroczyć, a tylko może się na niej oprzeć, a następnie może się ślizgać swym obwodem po danej linii, wtedy jest jednostronnie ograniczona w ciągu ruchu. Wszystkie dźwigary mostowe, dachowe itp. posiadają zwykle ograniczenia jednostronne; nie bowiem nie stoi na przeszkodzie do ich ruchu ku górze.

Jeżeli daną figurę płaską ograniczymy dwoma liniami; to w pewnych kierunkach figura ta będzie swobodną; w innych zaś ograniczoną w swym ruchu; jeżeli następnie położymy trzecią przeszkodę; to kierunki, w których bryła posunięta oddzieli się od tej przeszkody i stanie się swobodną, znacznie się zmniejszą; a może nawet wskutek takich ograniczeń nie będzie już takiego kierunku, w którym mogłaby się poruszyć, t. j. stanie się unieruchomioną.

Zadaniem naszym jest wskazać metody, które pozwolą nam orzec, przy jakich warunkach linii ograniczających dana figura płaska może być unieruchomiona.

¹⁾ Ruch punktu względem przestrzeni poruszającej się jest rozpatrywany ze względu na zastosowanie w dynamice punktu.

W tym celu weźmy pod uwagę figurę A rys. 89-ty, która może poruszać się w swej płaszczyźnie i linię s nieruchomą, która stawia przeszkody w ruchu tej figury.



Rys. 89.

Niech figura ruchoma styka się swym punktem A_1 z krzywą s w jej punkcie B_1 . W tych warunkach ruch figury A może być tylko taki, w którym punkt posunie się po krzywej lub też posunie się w tę stronę, po której leży dana figura; na rys. 89-tym pokazano strzałkami możliwe kierunki ruchu punktu A_1 a z nim całej figury.

W kinematyce dowiedliśmy, że każde nieskończenie małe przesunięcie figury płaskiej w jej płaszczyźnie wykonać można przez chwilowy obrót około pewnego środka;

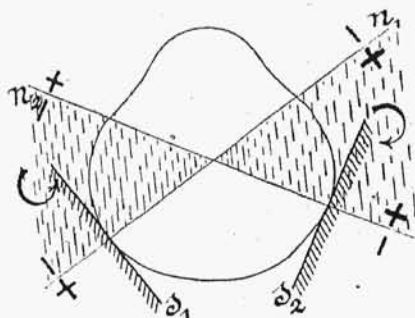
zadanie przeto nasze sprowadzimy do wyznaczenia takiego pola, w którym leżeć będą środki możliwych chwilowych obrotów.

Ponieważ przyjęliśmy, że przesunięcia punktu A_1 oddalające go od obrotu s , leżeć mogą tylko po tej stronie stycznej, po której leży figura ruchoma, to bieguny obrotów chwilowych tych wszystkich przesunięć, będą mogły leżeć, patrząc po normalnej od punktu zetknięcia się figur w kierunku bryły poruszającej się, tylko po prawej jej stronie, o ile przyjmimy obrót około tych biegunów za dodatni; będą mogły one leżeć tylko po lewej stronie tej normalnej, o ile obrót będzie ujemny. W ten sposób cała płaszczyzna, w której dana figura może się poruszać, jest rozdzielona przez normalną na dwa różne pola; w jednym z nich leżeć będą bieguny chwilowych obrotów z obrotami **tylko dodatnimi**; w drugim zaś polu—bieguny z obrotami **tylko ujemnymi**. W ten sposób wyraża się warunek ograniczający ruch figury płaskiej w jej płaszczyźnie, gdy jest ona ograniczoną w ruchu przez krzywą nieprzenikliwą. Oczywiście jest, że figura ruchoma po oddzieleniu się od swej przeszkody, może się obracać z obydwoma znakami; pola te przeto są zbiorami środków dla chwili, w której dana figura wyrusza z miejsca. Pole, w którym leżą środki dodatnie, oznaczать będziemy znakiem $+$ i nazwiemy je polem dodatnim; pole zaś, w którym leżeć będą środki ujemne, oznaczать będziemy znakami $-$ i nazwiemy je polem ujemnym.

Rozpatrzmy teraz przypadek w którym figura ruchoma ograniczoną jest w ruchu dwoma liniami rys. 90-ty; należy znaleźć dla tego przypadku pola biegunów dodatnich i ujemnych, około których dana figura może być obróconą. Zadanie to rozwiążemy jak poprzednie

i w tym celu wyznaczymy pole dodatnie i odjemne dla każdej z przeszkód; a szukanymi polami będą części płaszczyzny; w których znajdują się środki z jednakowymi znakami; gdyż obrotu figury ruchomej około środków, znajdujących się w polu z różnym znakami, wykonać nie można.

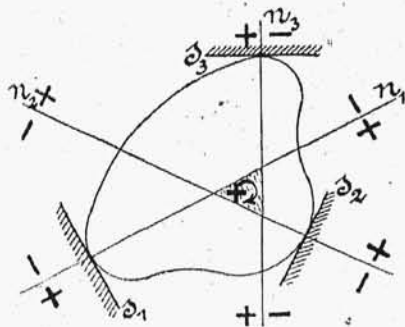
Na rys. 90-tym przedstawiona jest figura ruchoma i dwie styczne s_1 i s_2 ; krzywych, ograniczających ruch, nie naniesiono na rysunku; są one bowiem przy ruchach chwilowych nie potrzebne. W myśl poprzednich rozpatrywań, każda z dwóch normalnych n_1 i n_2 dzieli płaszczyznę na dwa pola dodatnie i odjemne; pola zakreskowane na rys. 90-tym obejmują środki o tych samych zwrotach;



Rys. 90.

każdy przeto punkt, obrany w tych polach, może być środkiem chwilowego obrotu o zwrotach dodatnich albo odjemnych; punkty obrane w polach niezakreskowanych, nie mogą być środkami obrotów, gdyż figura obrócona około środka, obranego w tym polu, gdy się oddzieli od jednej krzywej, wtedy się oprze na drugiej krzywej.

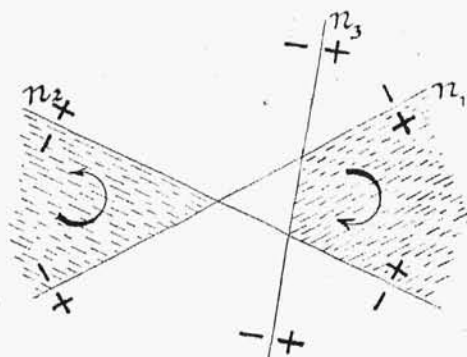
W szczególnym przypadku, gdy obydwie normalne są równoległe; to punkt ich przecięcia się przesunie się do nieskończoności i pole będzie albo dodatnie albo odjemne i będzie posiadało postać pasa nieskończenie długiego. W szczególnym przypadku, gdy obydwie normalne się pokryją, wtedy pas poprzedni stanie się nieskończenie wązki, a środki leżące będą na tych normalnych i przysługiwać im będą obydwie znaki. Jeżeli ruch danej figury ograniczony będzie trzema liniami, to przybędzie trzecia normalna z dziedziną dodatnią i odjemną; dziedziny te, jeżeli pokryją się zgodnie co do znaków z dziedzinami, utworzonymi przez poprzednie normalne, to wytworzą nowe pola środków dodatnich lub odjemnych.



Rys. 91.

Rozpatrzmy bliżej ten przypadek; na rys. 91-szym przedstawione są dwie normalne n_1 i n_2 pewnych dwóch linii, ograniczających ruch figury ruchomej (linie te i figura nie są naniesione na rys.), normalne te tworzą pola dodatnie i odjemne, jak to było poprzednio; w razie postawienia trzeciej przeszkody, przybędzie trzecia normalna n_3 z polami dodatnie-

mi i odjemnymi. Łatwo spostrzedz z geometrycznych stosunków, że pola tej normalnej zawsze pokrywają się ze zgodnemi co do znaków polami, utworzonymi przez poprzednie normalne; z czego wywnioskujemy, że trzy linie, ograniczające ruch figury płaskiej, nie są w stanie jej unieruchomić.



Rys. 92.

Na rys. 91-szym i 92-gim naniesiono dwa przypadki położenia normalnych; czytelnik zechce sformułować sobie różnice położenia tych normalnych.

W szczególnym przypadku, trzy normalne mogą przeciąć się w jednym punkcie; wtedy punkt ten będzie środkiem obrotu chwilowego; może bowiem być uważany taki punkt za nieskończenie mały trójkąt, rys. 91-szy ze środkami obrotów dodatnich i odjemnych.

Jeżeli do trzech ograniczeń dodamy czwarte; przybędzie wtedy czwarta normalna z polem dodatniem i odjemnem; jeżeli te pola pokrywają pola poprzednie różnoznacznie, to figura taka będzie unieruchomiona; w przeciwnym razie utworzą się pewne pola środków obrotów; z tego wnioskujemy, że **cztery** ograniczenia **mogą** unieruchomić figurę płaską w jej płaszczyźnie; w szczególnym tylko przypadku, gdy trzy normalne przecinają się w jednym punkcie; wtedy czwarta normalna ograniczy tylko zwrot chwilowy; t. j. figura będzie wtedy mogła się obrócić albo ze zwrotem dodatnim albo z odjemnym; i w tym przypadku można unieruchomić figurę tylko za pomocą pięciu ograniczeń.

KONIEC TOMU DRUGIEGO.

Warszawa, Październik 1921



517145

