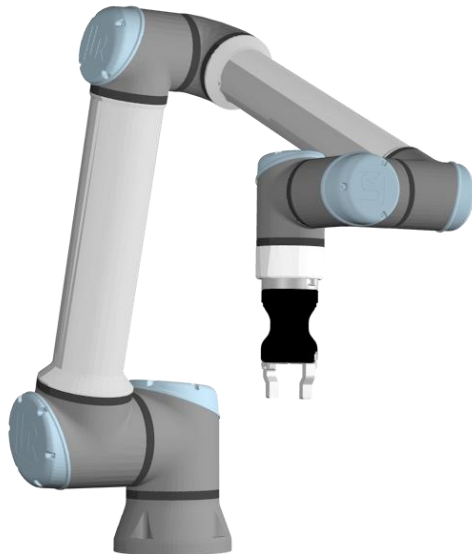


Robotyzacja

Typowe konstrukcje robotów
Geometria i kinematyka
Planowanie ruchów



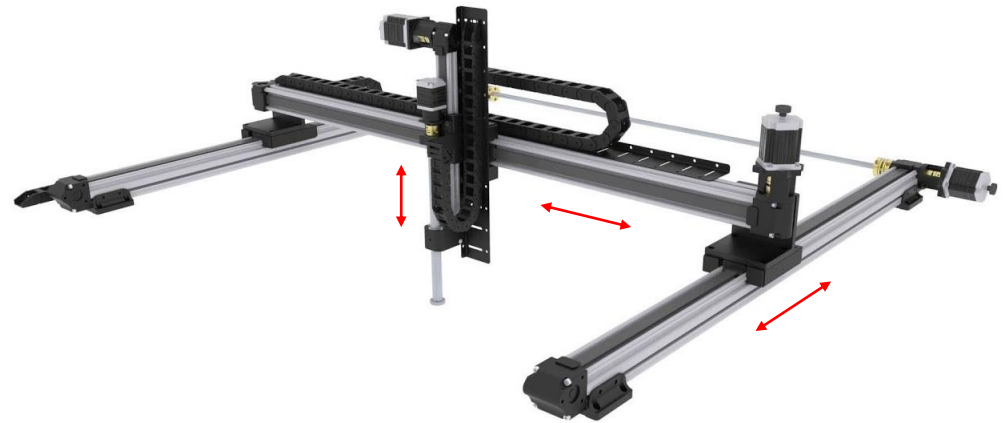
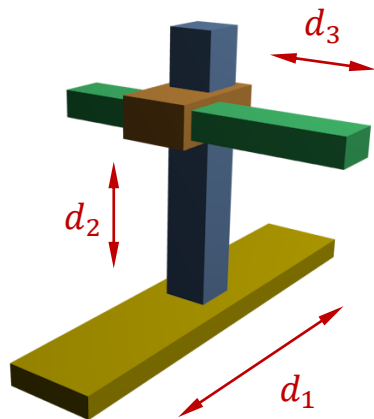
Materiały

<http://staff.uz.zgora.pl/ipajak/>

Robot kartezyjski (PPP)

manipulator posiadający trzy przeguby pryzmatyczne, których osie tworzą kartezyjski układ współrzędnych

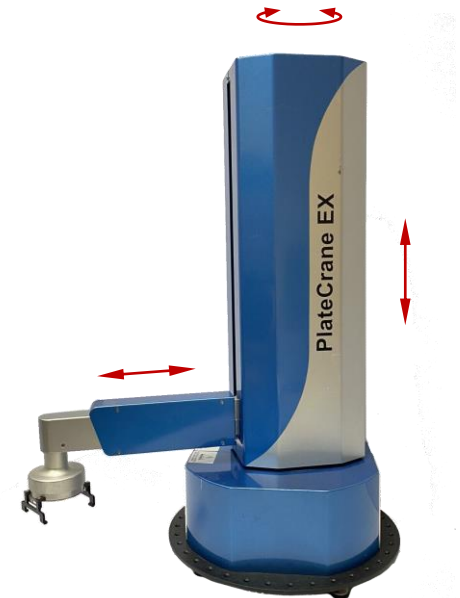
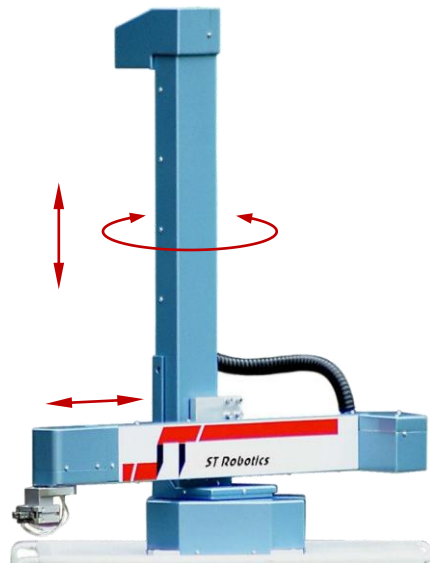
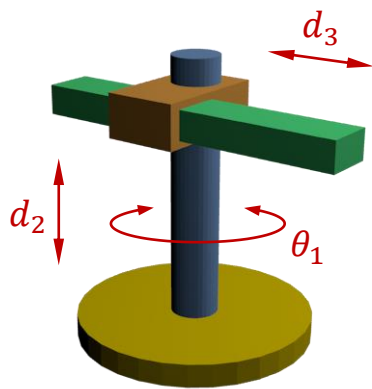
Przykład: robot bramowy



EN ISO 8373:2021 – Budowa mechaniczna robota

Robot cylindryczny

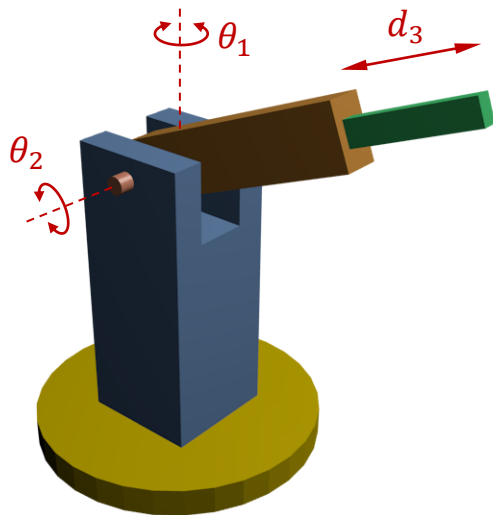
robot posiadający przynajmniej po jednym przegubie obrotowym i pryzmatycznym, których osie tworzą cylindryczny układ współrzędnych



EN ISO 8373:2021 – Budowa mechaniczna robota

Robot sferyczny

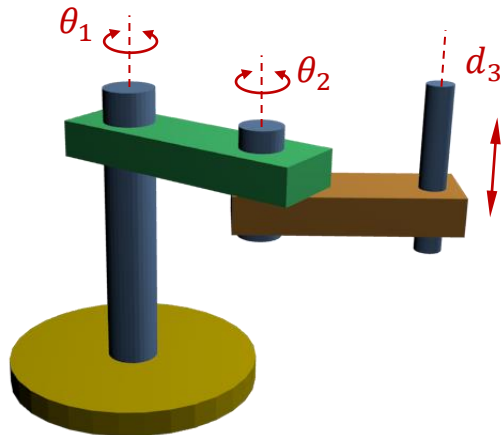
manipulator posiadający dwa przeguby obrotowe i jeden przymatyczny, których osie tworzą kartezjański układ współrzędnych



EN ISO 8373:2021 – Budowa mechaniczna robota

Robot typu SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm)

manipulator posiadający dwa przeguby obrotowe o osiach równoległych oraz przegub pryzmatyczny



Przestrzeń robocza

zbiór punktów przestrzeni, które może osiągnąć punkt referencyjny nadgarstka (punkt przecięcia dwóch najbardziej wewnętrznych osi nadgarstka, tzn. najbliższych osi ramienia)

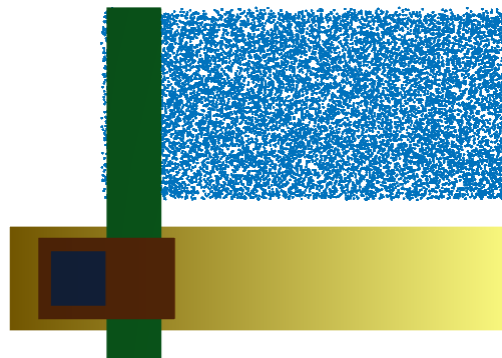
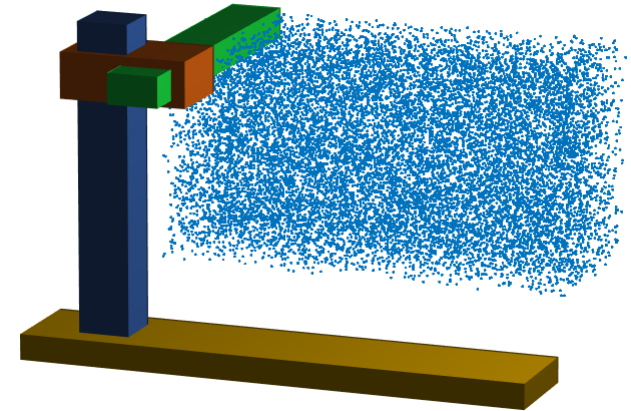
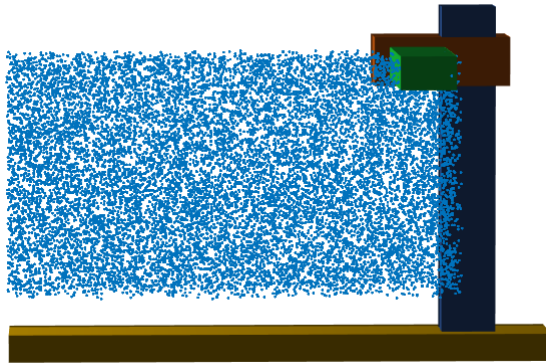
≈ zbiór punktów przestrzeni, które może osiągnąć efektor*

*J. J. Craig, Wprowadzenie do robotyki, WNT, Warszawa 1995

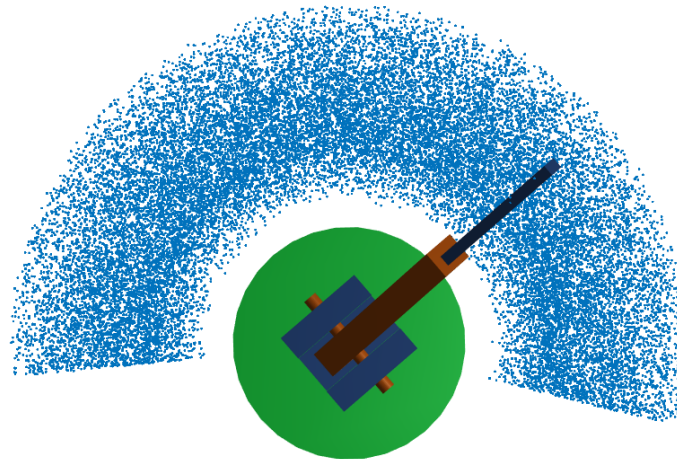
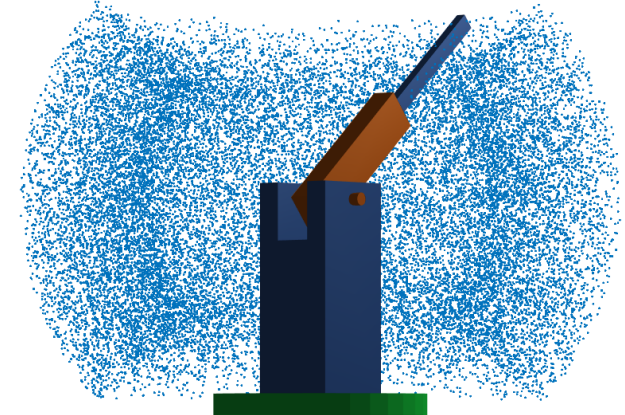
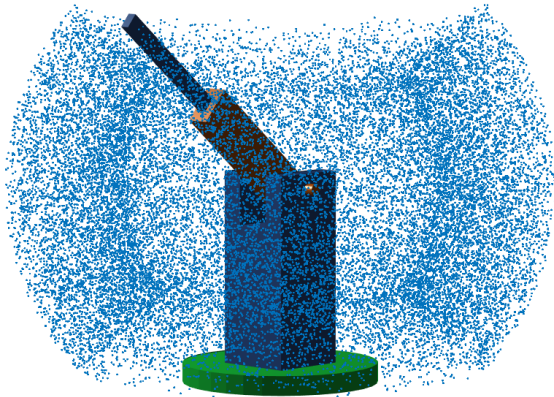
Przestrzeń robocza jest ograniczona przez:

- kinematykę robota (rodzaj i liczbę połączeń przegubów, długość członów)
- dopuszczalny zakres ruchów w poszczególnych połączeniach

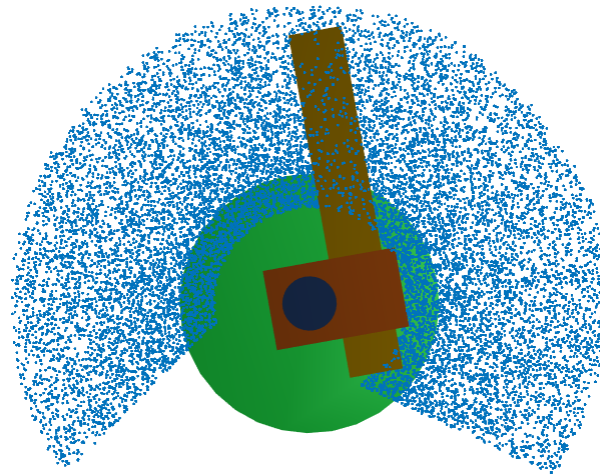
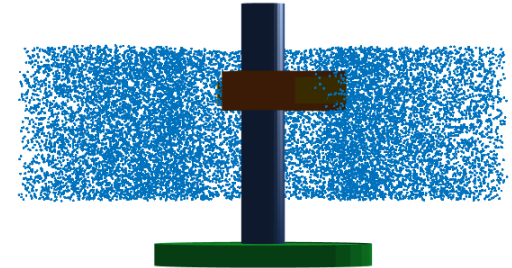
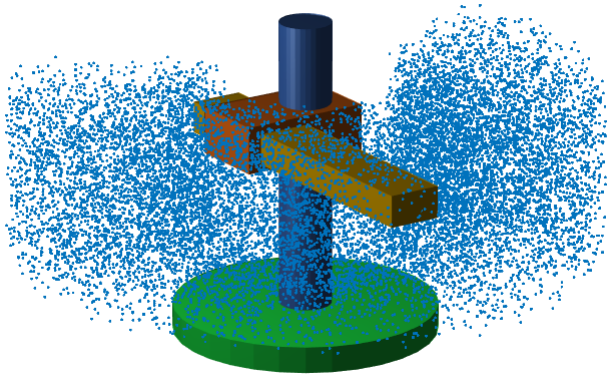
Przestrzeń robocza – manipulator PPP



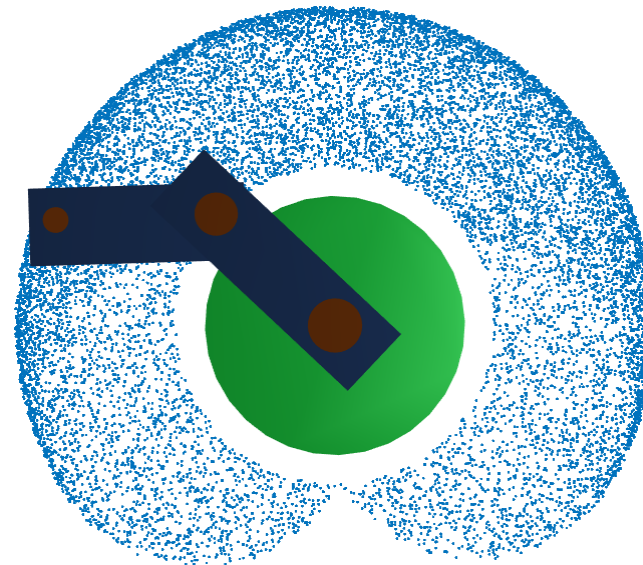
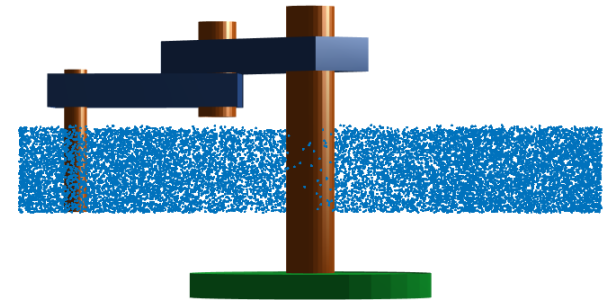
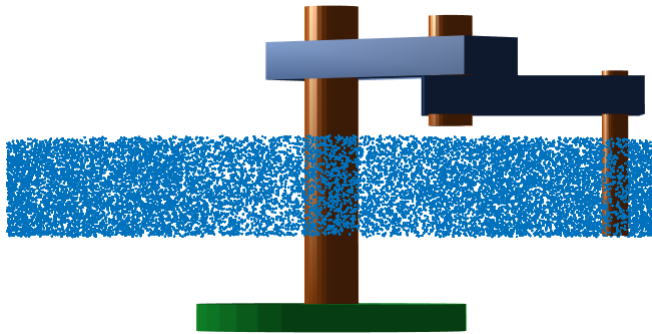
Przestrzeń robocza – manipulator RRP



Przestrzeń robocza – manipulator RPP



Przestrzeń robocza – manipulator SCARA



Kinematyka prosta

matematyczny opis zależności pomiędzy układami współrzędnych dwóch części połączenia mechanicznego na podstawie wartości położeń przegubów tego połączenia

Uwaga 1: w przypadku manipulatora określa zależność pomiędzy układem współrzędnych narzędzia a układem współrzędnych podstawy

$$\theta_1 = -93^\circ \quad \theta_2 = -77^\circ \quad \theta_3 = -125^\circ$$

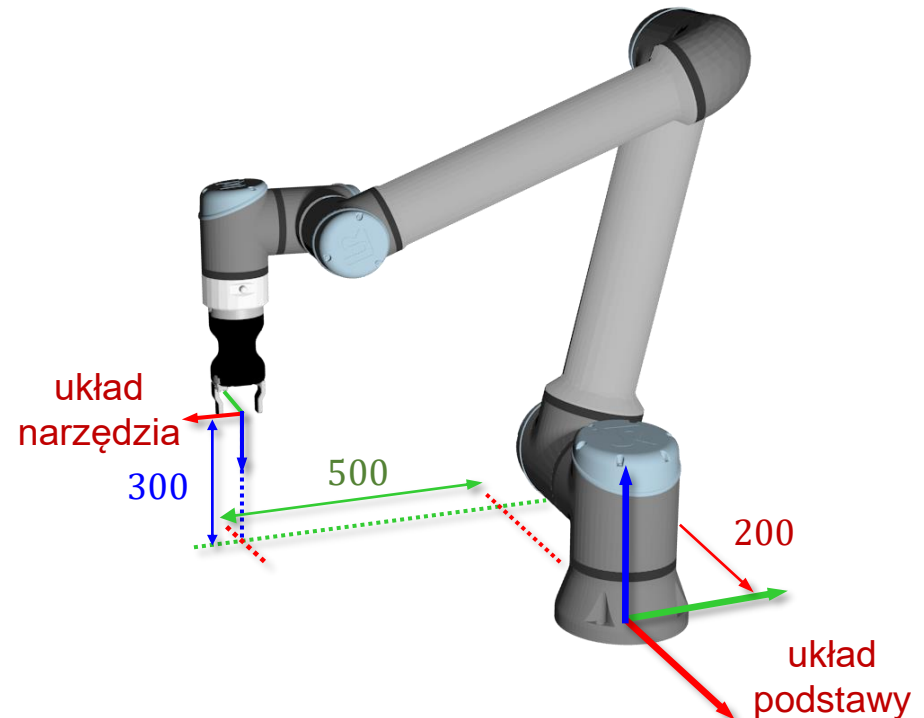
$$\theta_4 = -68^\circ \quad \theta_5 = 90^\circ \quad \theta_6 = -93^\circ$$

konfiguracja (q)

↓ $p = k_p(q)$

pozycja narzędzia (p)

$$(-200, -500, 300) \quad Z(-90^\circ)Y(0^\circ)X(180^\circ)$$



Kinematyka odwrotna

matematyczny opis wartości położeń przegubów połączenia mechanicznego na podstawie zależności pomiędzy układami współrzędnych tego połączenia

Uwaga 1: w przypadku manipulatora do określenia wartości położeń przegubów wykorzystywana jest zależność pomiędzy układem współrzędnych narzędzia a układem współrzędnych podstawy

$$(-200, -500, 300) Z(-90^\circ)Y(0^\circ)X(180^\circ)$$

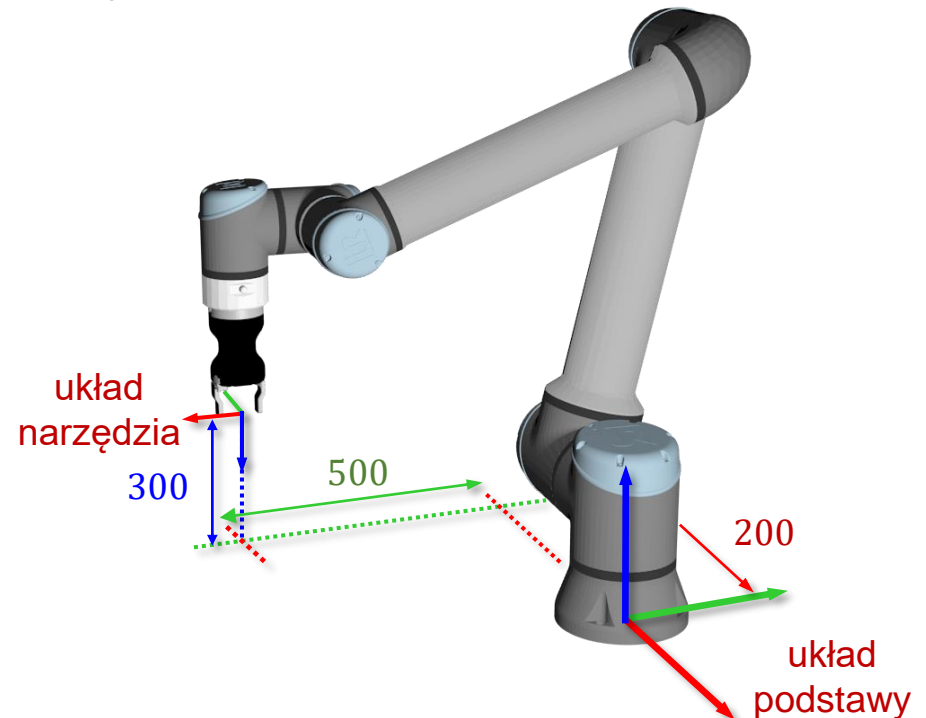
pozycja narzędzia (p)

↓ $q = k_o(p)$

konfiguracja (q)

$$\theta_1 = -93^\circ \quad \theta_2 = -77^\circ \quad \theta_3 = -125^\circ$$

$$\theta_4 = -68^\circ \quad \theta_5 = 90^\circ \quad \theta_6 = -93^\circ$$



Przestrzeń konfiguracyjna

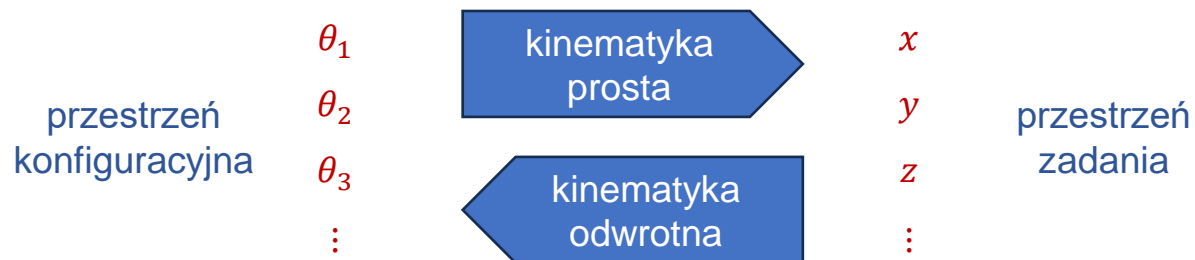
przestrzeń, której każdy punkt odpowiada konfiguracji robota

Przestrzeń zadania

Przestrzeń operacyjna

Przestrzeń kartezjańska

przestrzeń, której każdy punkt odpowiada pozycji (lokalizacji i orientacji) narzędzia

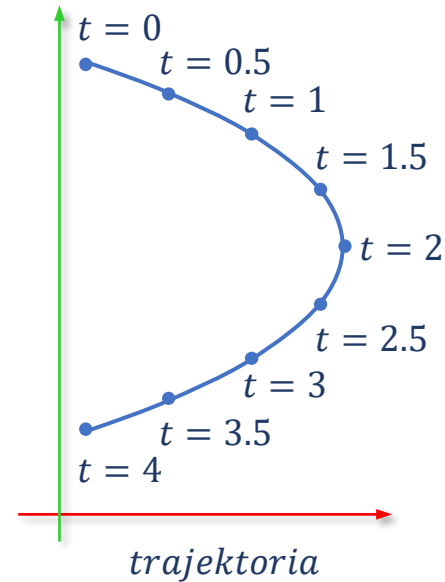
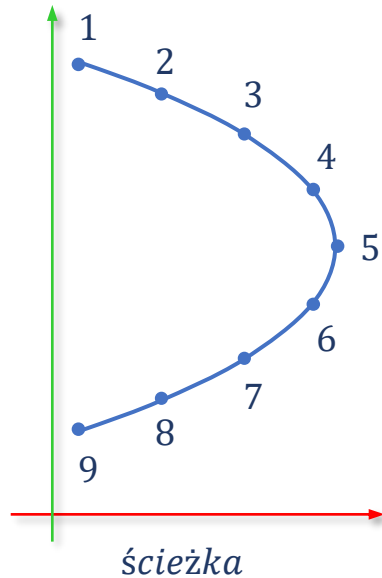


Ścieżka

uporządkowany zbiór poz (pozycji i orientacji)

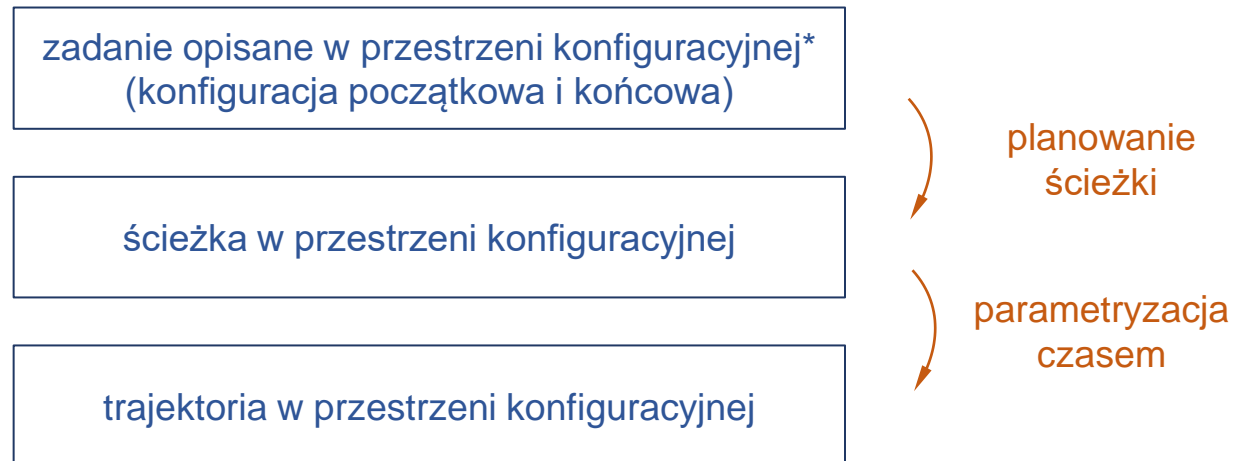
Trajektoria

ścieżka wyrażona w funkcji czasu



Metody przestrzeni konfiguracyjnej

ruch od zadanej konfiguracji początkowej do końcowej planowany jest w przestrzeni konfiguracyjnej



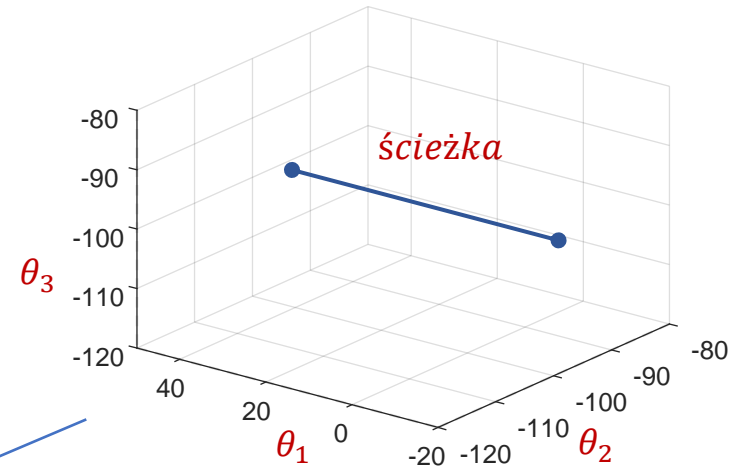
* jeśli zadanie jest opisane w przestrzeni zadania, to konfiguracje początkowa i końcowa wyznaczane są z podanych w przestrzeni zadania pozycji i orientacji za pomocą kinematyki odwrotnej

Planowanie ruchów robota

konfiguracja	położenie przegubu [°]					
	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6
początkowa	-14	-106	-101	116	-90	76
końcowa	48	-106	-101	116	-90	-42

+62
-118

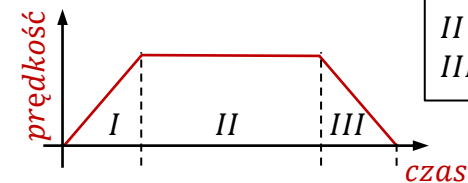
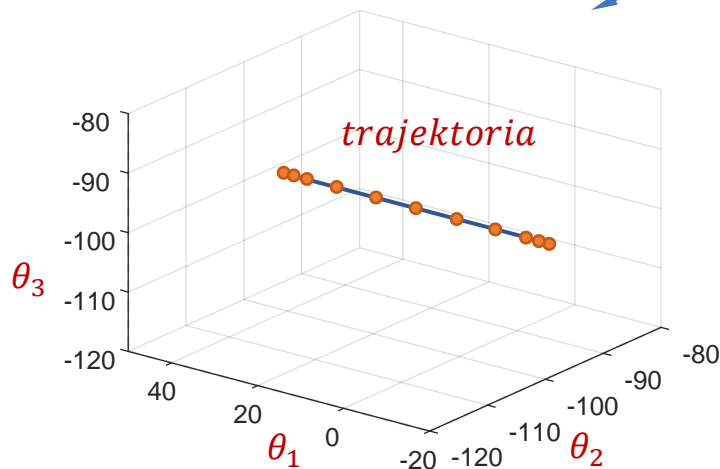
przestrzeń konfiguracyjna



parametryzacja czasem

roboty przemysłowe często wykorzystują do parametryzacji tzw.

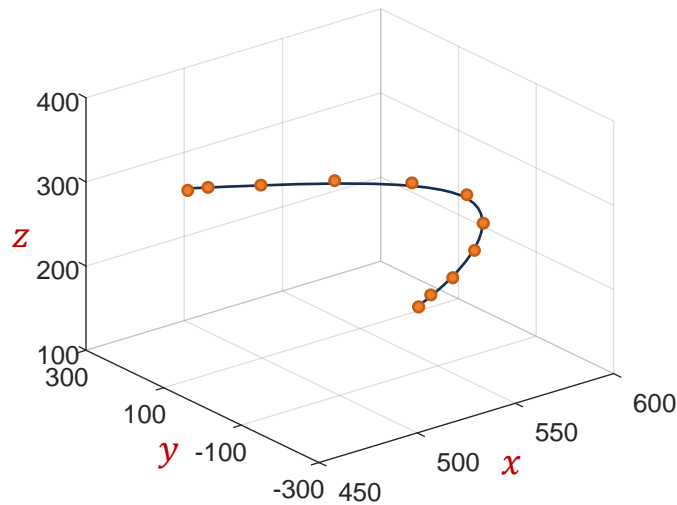
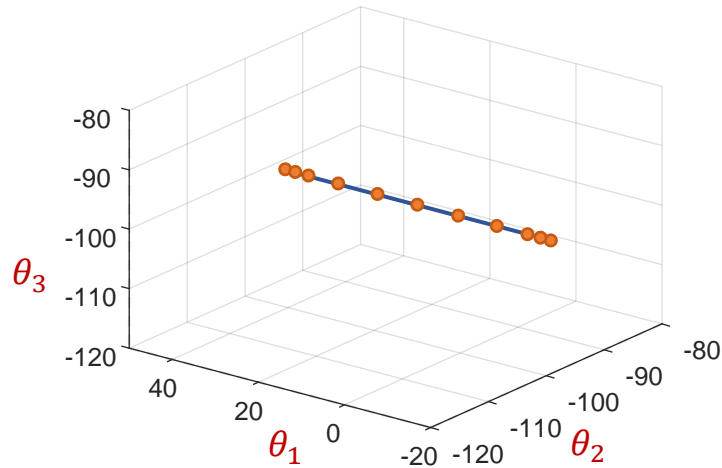
trapezoidalny profil prędkości



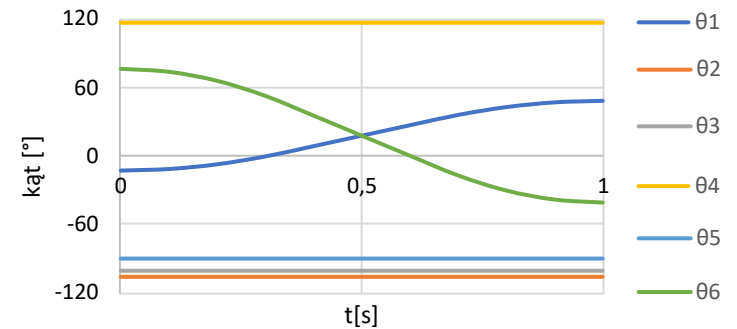
I – przyspieszanie
 II – stała prędkość
 III – hamowanie

Planowanie ruchów robota

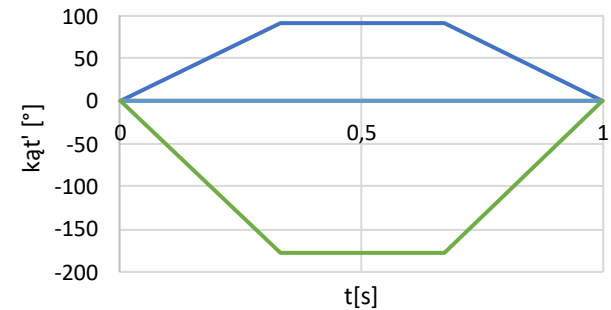
przestrzeń konfiguracyjna



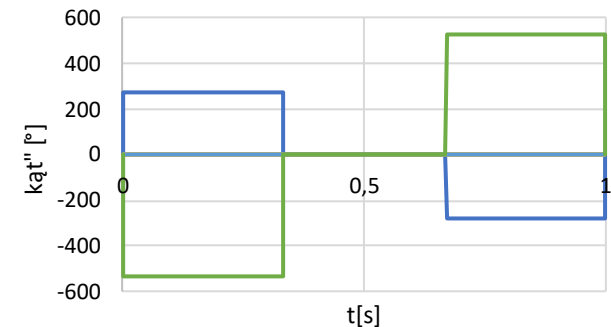
przestrzeń zadania



położenia przegubów



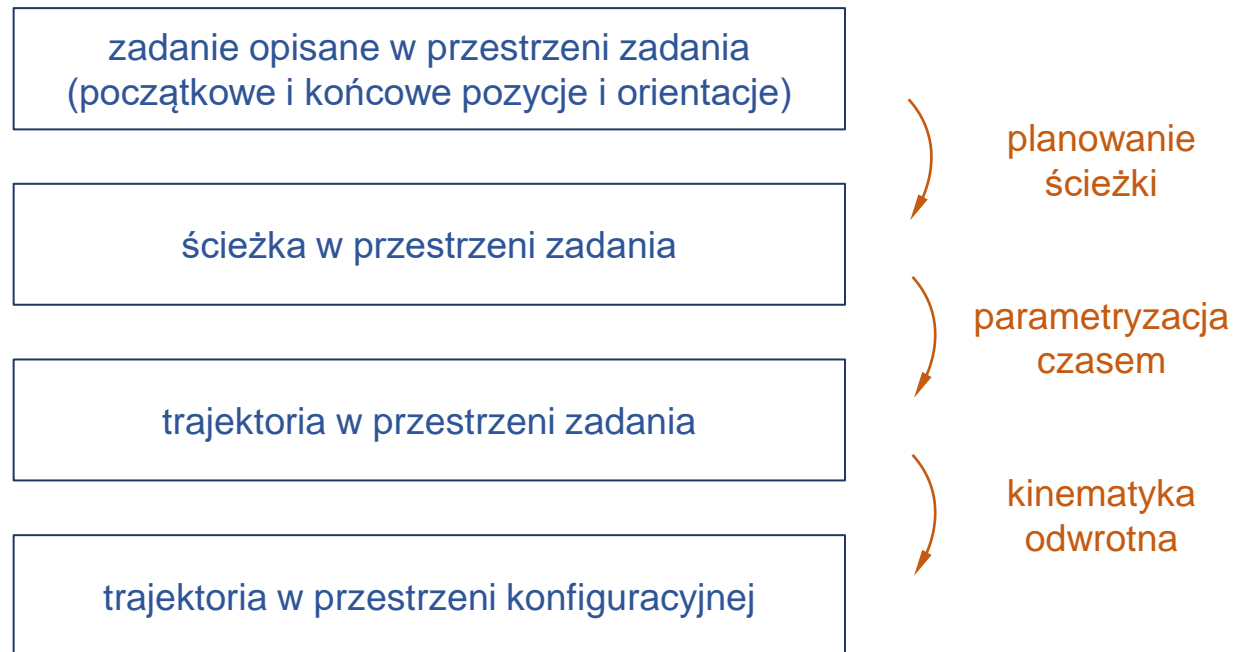
prędkości przegubów



przyspieszenia przegubów

Metody przestrzeni zadania

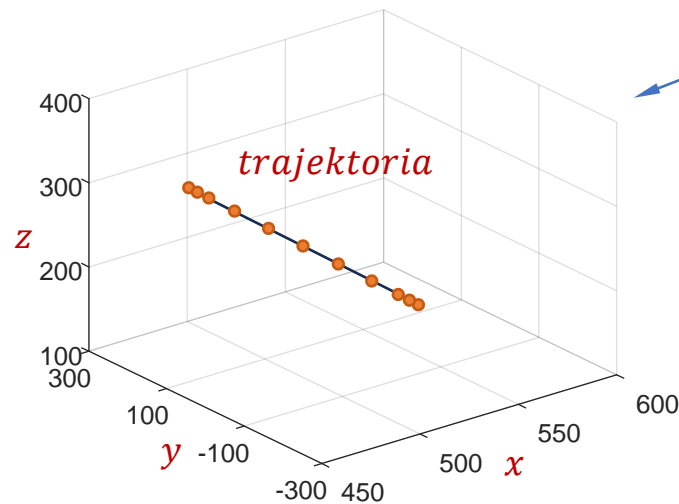
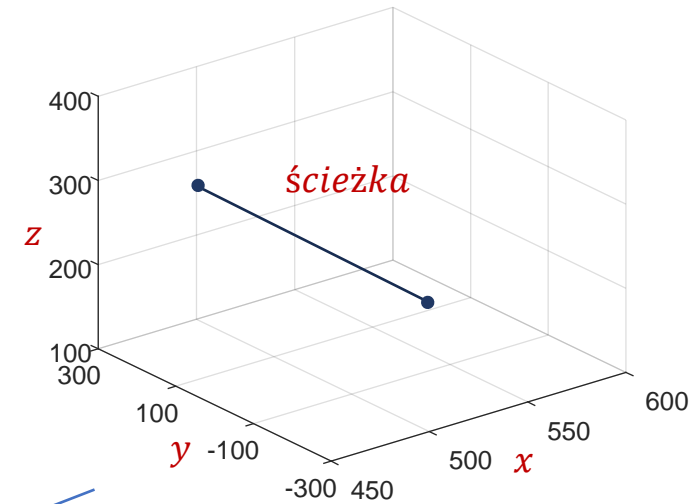
ruch od zadanej konfiguracji początkowej do końcowej planowany jest w przestrzeni zadania



Planowanie ruchów robota

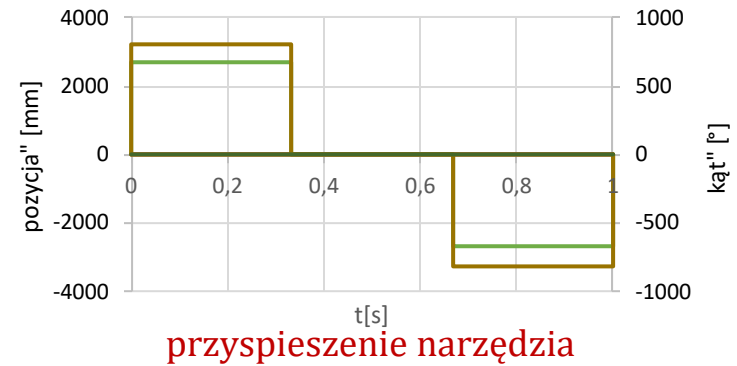
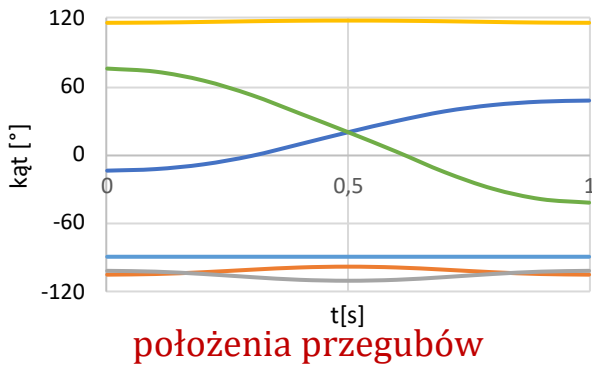
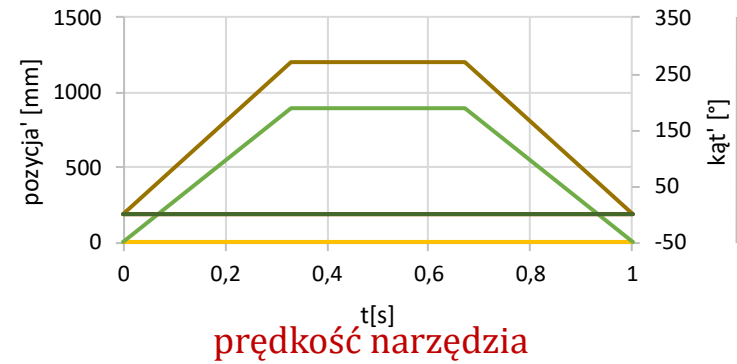
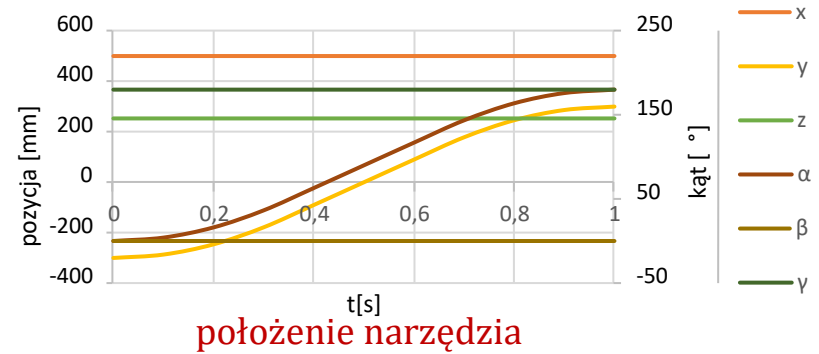
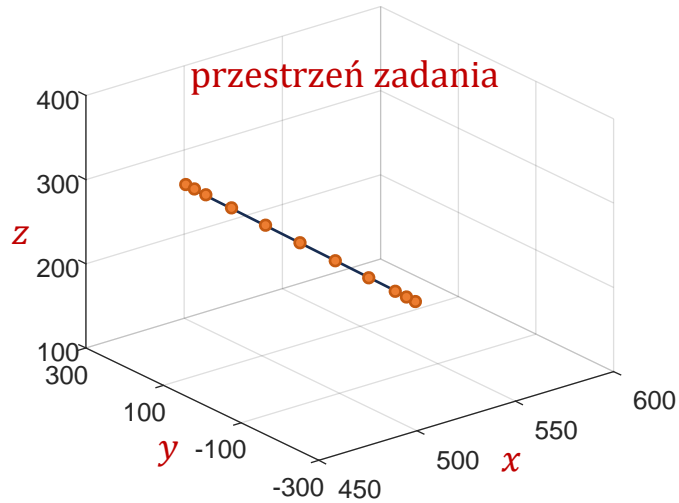
poza	pozycja [mm]			orientacja kąty Eulera ZYX		
	x	y	z	α	β	γ
początkowa	500	-300	250	0	0	180
końcowa	500	300	250	180	0	180

+600
+180



przestrzeń zadania

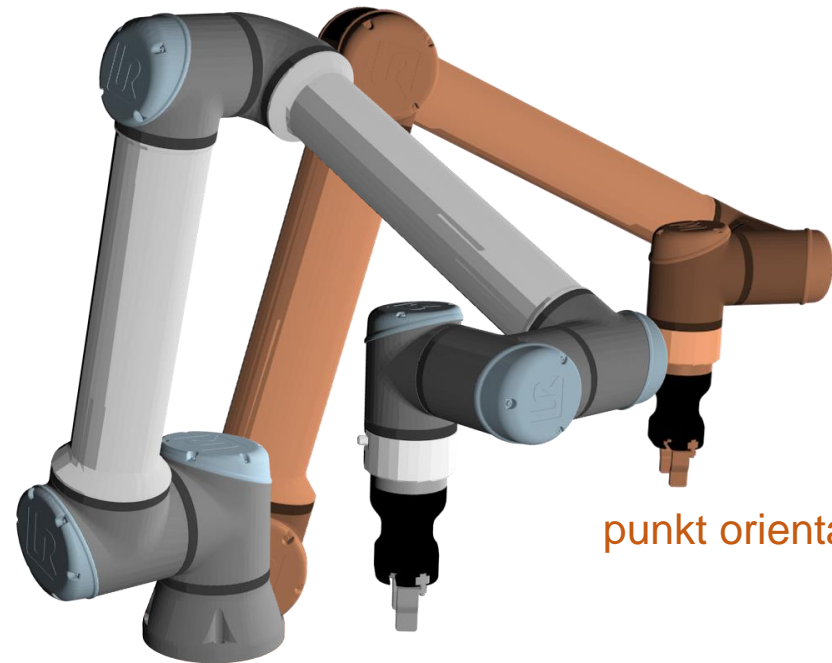
Planowanie ruchów robota



Programowanie robotów przemysłowych

Podstawowa metoda programowania

- ustalenie zbioru punktów orientacyjnych odpowiadających żądanym lokalizacjom robota w trakcie realizacji zadania
- sposobu poruszania pomiędzy punktami orientacyjnymi

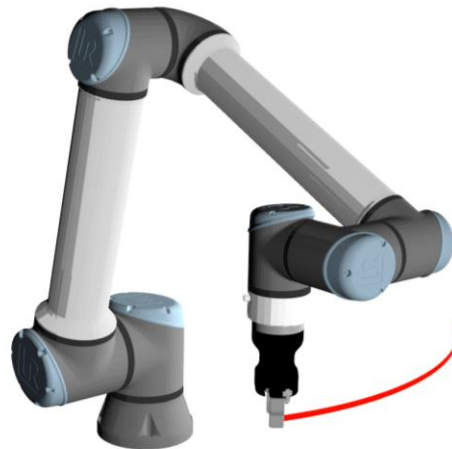


punkt orientacyjny 1

punkt orientacyjny 2

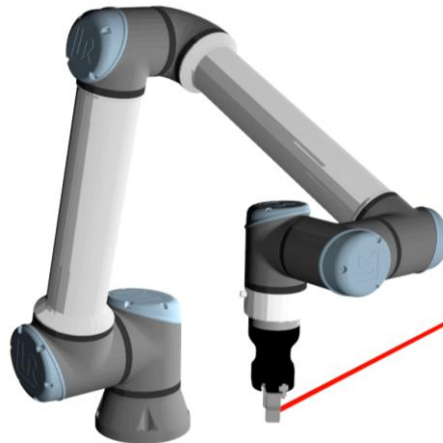
Ruch J

- tor ruchu narzędzia jest zakrzywiony
- planowanie ruchu jest przeprowadzane w **przestrzeni konfiguracyjnej**
- kąty w przegubach zmieniają się w 3 fazach: przyspieszania, stałej prędkości i hamowania
- ruch wykorzystywany do szybkiego przemieszczania pomiędzy punktami orientacyjnymi



Ruch L

- tor ruchu narzędzia jest liniowy
- planowanie ruchu jest przeprowadzane w **przestrzeni zadania**
- kąty w przegubach zmieniają się w sposób złożony (żeby zapewnić prostoliniowy ruch narzędzia)
- ruch wykorzystywany do pobierania, odkładania, manipulacji detalami



UR: PolyScope – karta Ruch

Środowisko programowania graficznego Universal Robots

PROGRAM <beznazwy>*
INSTALACJA default

Uruchom Program Instalacja Ruch Wejwy Dziennik

Nowy... Otwórz... Zapisz...

CCCC
CCCC

Pozycja TCP

Orientacja TCP

Robot

Układ Aktywny TCP
Widok Robotiq_hand

Widok
Podstawa
Narzędzie

Pozycja narzędzia

X -189,63 mm RX 0,001 rad
Y -609,68 mm RY -3,142 rad
Z -139,03 mm RZ -0,000 rad

Pozycja przegubu

Podstawa -91,45 °
Bark -98,89 °
Łokieć -126,73 °
Nadgarstek 1 -44,38 °
Nadgarstek 2 90,00 °
Nadgarstek 3 -1,49 °

1 pozycje przegubów
2 lokalizacja i orientacja narzędzia (w wybranym układzie)
3 zmiana układu, w którym wykonywany jest ruch

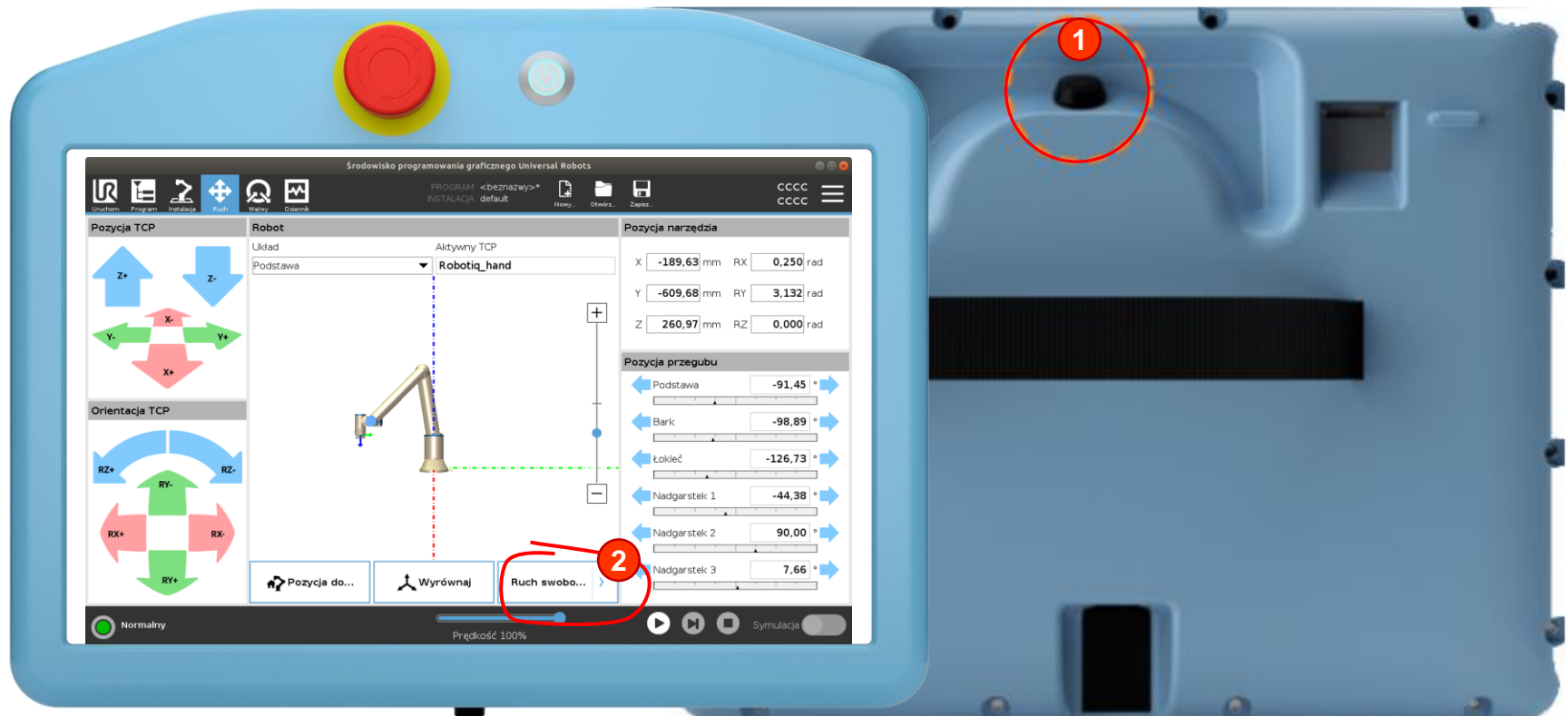
Pozycja do... Wyrównaj Ruch swobo...

Normalny Prędkość 100% Symulacja

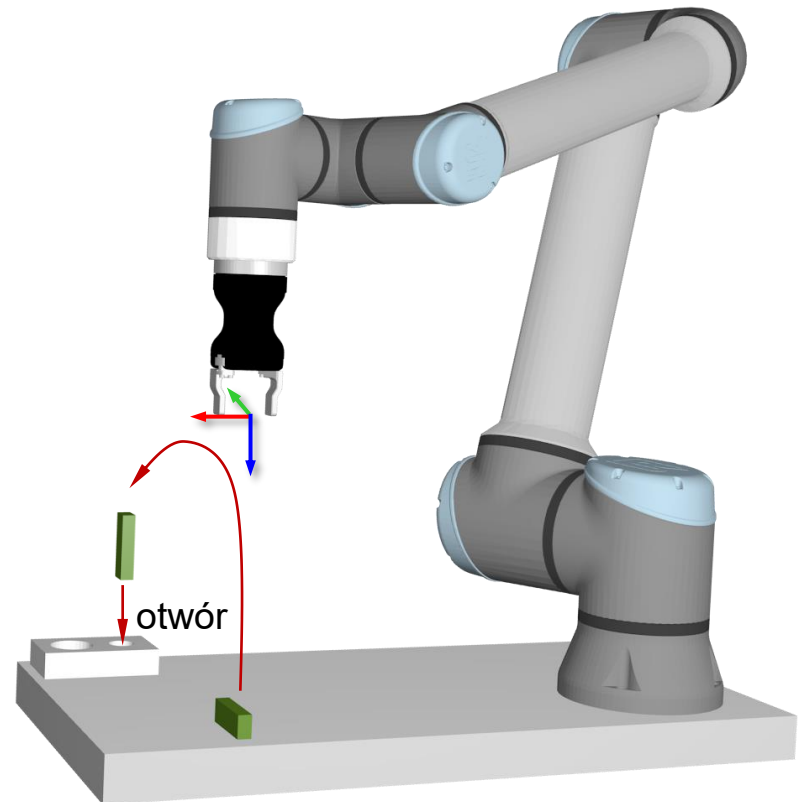
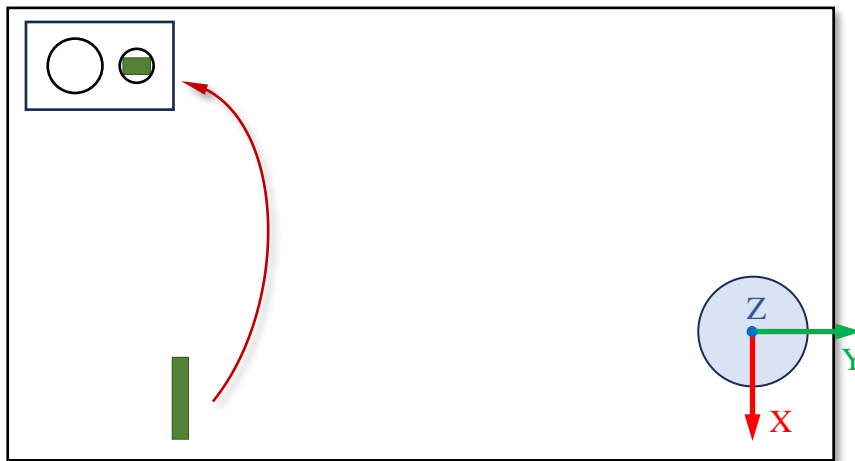
Ruch swobodny

tryb pozwalający na przeciągnięcie ramienia robota do żądanej pozycji, włączany:

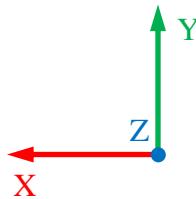
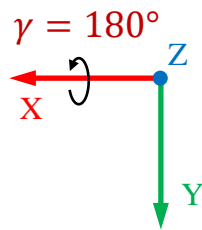
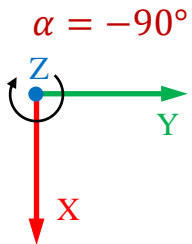
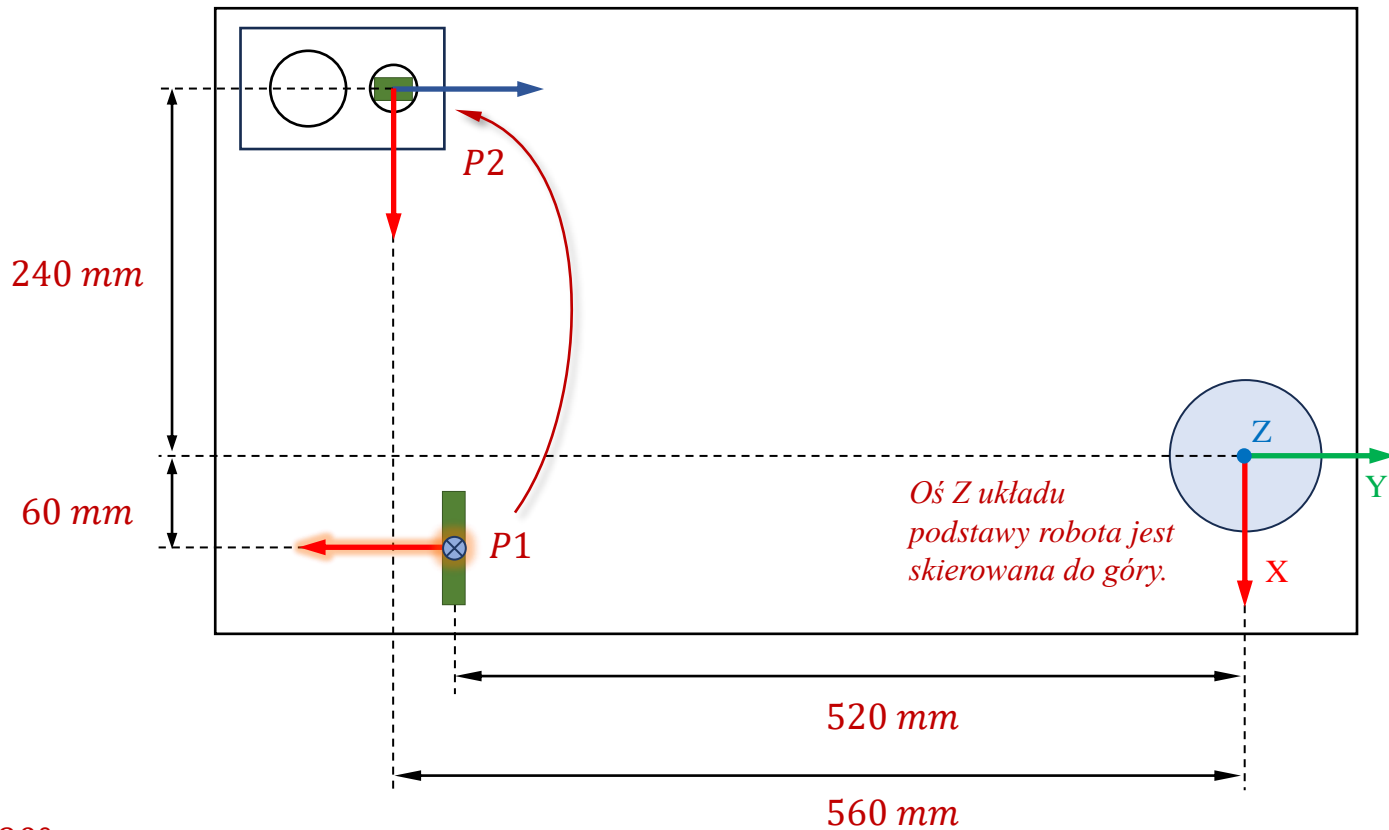
- 1 przyciskiem na panelu operatorskim
- 2 z poziomu karty Ruch



Zadanie: peg in hole



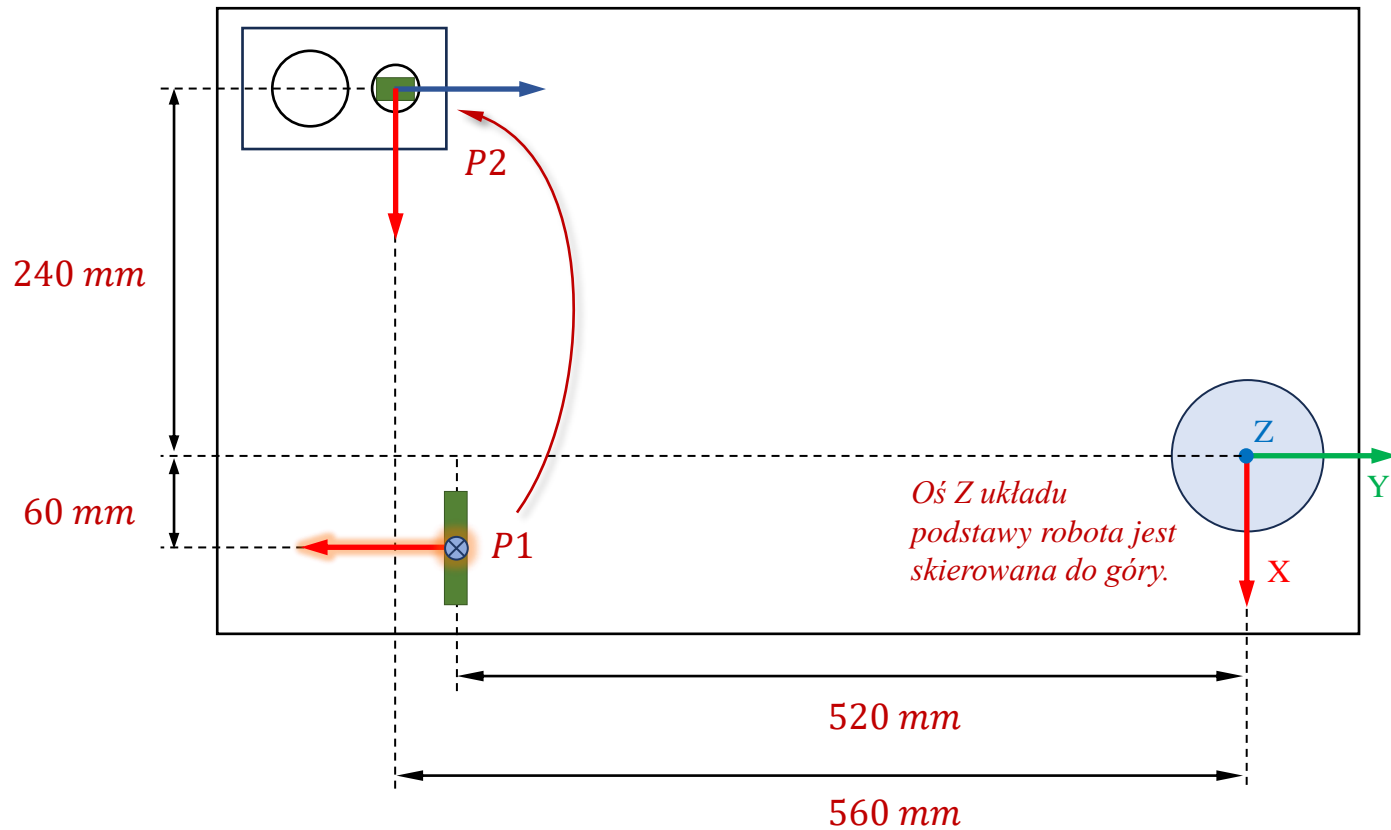
Zadanie: peg in hole



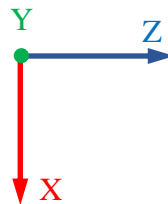
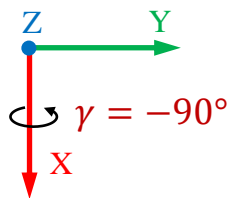
punkt orientacyjny P1

pozycja [mm]			orientacja kąty Eulera ZYX		
x	y	z	α	β	γ
60	-520	10	-90°	0°	180°

Zadanie: peg in hole



punkt orientacyjny P2



pozycja [mm]			orientacja kąty Eulera ZYX		
x	y	z	α	β	γ
-240	-560	70	0°	0°	-90°

Zadanie: peg in hole

P1 dół

X	60,00	mm	RX	180	°
Y	-520,00	mm	RY	0	°
Z	10,00	mm	RZ	-90	°

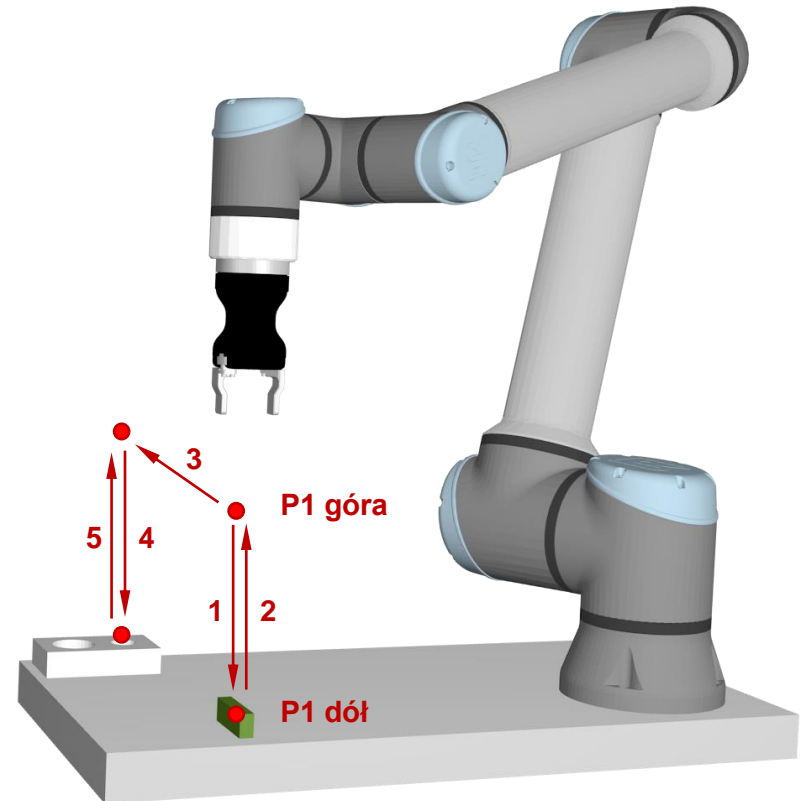
P2 dół

X	-240,00	mm	RX	-90	°
Y	-560,00	mm	RY	0	°
Z	70,00	mm	RZ	0	°

P1 góra i **P2 góra**: Z = 200 mm

kąty Eulera ZXY \equiv RPY (ang Roll PitchYaw)

0. ? \rightarrow P1 góra ruch J
1. P1 góra \rightarrow P1 dół ruch L
2. P1 dół \rightarrow P1 góra ruch L
3. P1 góra \rightarrow P2 góra ruch J
4. P2 góra \rightarrow P2 dół ruch L
5. P2 dół \rightarrow P2 góra ruch L



Zadanie: peg in hole

Program

Ruch J

P1 góra

Ruch L

P1 dół

P1 góra

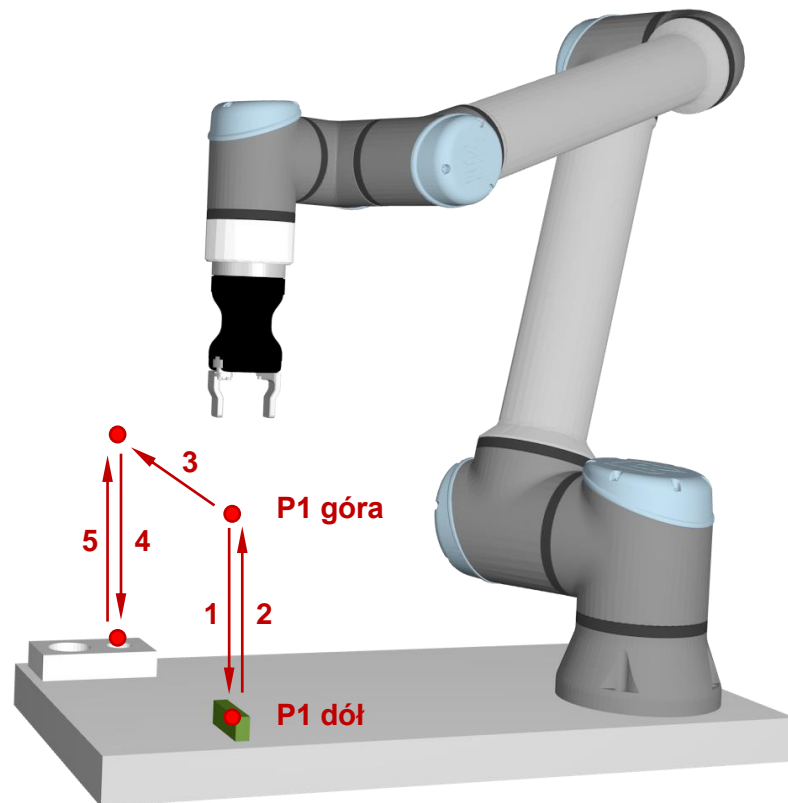
Ruch J

P2 góra

Ruch L

P2 dół

P2 góra



Zadanie: peg in hole

Środowisko programowania graficznego Universal Robots

PROGRAM peg_hole2
INSTALACJA default

U uruchom Program Instalacja Ruch Wejwy Dziennik

Nowy... Otwórz... Zapisz...

Lokalne CCCC CCCC

Podstawowe

Ruch
Punkt orientacyjny
Kierunek
Czekaj
Ustaw
Wyskakujące okno
Zatrzymaj
Komentarz
Folder
Ustaw obciążenie

Zaawansowane
Szablony
URCaps

1 X Konfiguracja zmiennych
2 Program robota
3 RuchJ
4 P1g
5 RuchL
6 P1d
7 P1g
8 RuchJ
9 P2g
10 RuchL
11 P2d
12 P2g

Program
Ruch J
P1 góra
Ruch L
P1 dół
P1 góra
Ruch J
P2 góra
Ruch L
P2 dół
P2 góra

Drzewo programu

Dodaj sekwencję „przed uruchomieniem”
 Program zapętla się w nieskończoność

Normalny

Prędkość 100%

Symulacja