

Introduction to Robotics: Homework I

Όνοματεπώνυμο: Ζωγράφου Μαρία-Νίκη

Αριθμός Μητρώου: 1096060

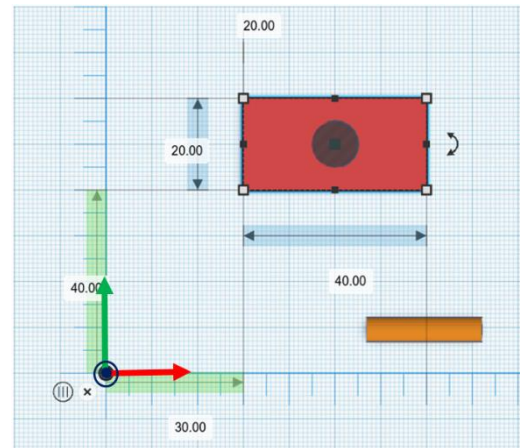
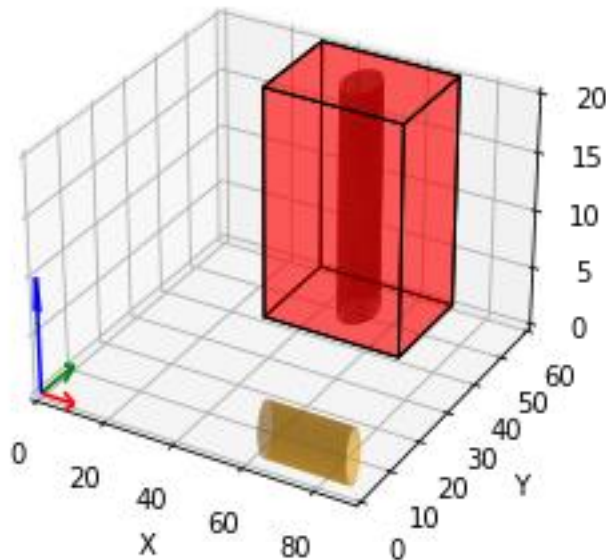
Περιεχόμενα

Ερώτημα 1:	3
Ερώτημα 2:	3
Ερώτημα 3:	4
Ερώτημα 4:	4
Ερώτημα 5:	5
Ερώτημα 6:	6
Ερώτημα 7:	7

Ερώτημα 1:

Choose the location and orientation of the world frame;

World frame {s}: Στην αρχή των αξόνων (0,0,0) τοποθετώ το world frame:



Red:x, Green:y, Blue:z.

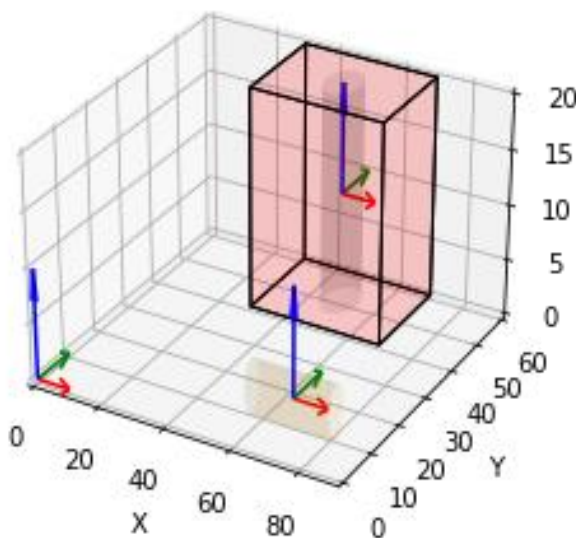
Σημείωση: Στον κώδικα έχει οριστεί μήκος αξόνων 10 για καλύτερη οπτικοποίηση.

Ερώτημα 2:

Assign a fixed body frame to each object in the scenario:

Θεωρώ σαν αντικείμενα τον κύλινδρο και το κουτί, καθώς ο ρομποτικός βραχίονας θα χρησιμοποιηθεί αργότερα.

Το Body Frame του κουτιού τοποθετείται στο κέντρο της οπής και στη μέση του ύψους του. (50,50,10)



Το Body Frame του κυλίνδρου τοποθετείται στο κέντρο του κύκλου των επίπεδων επιφανειών του και στη μέση του μήκους του. (69.5, 9.5, 2.5)

Σημείωση: Μείωση του opacity των αντικειμένων (alpha='0.1'), για να φαίνονται τα frame στο εσωτερικό τους (τα αντικείμενα χρειάζεται να είναι ημιδιαφανή).

Ερώτημα 3:

Calculate the transformation matrix for each object relative to the world frame;

box transformation matrix:

```
[[ 1.  0.  0.  50.]  
 [ 0.  1.  0.  50.]  
 [ 0.  0.  1.  10.]  
 [ 0.  0.  0.  1.]]
```

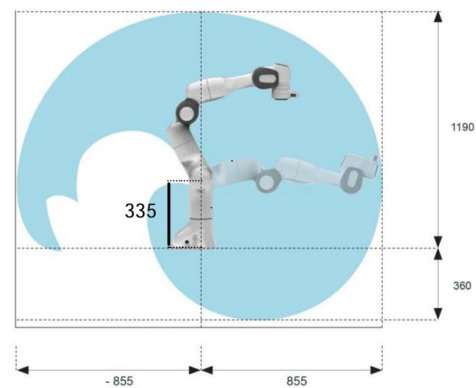
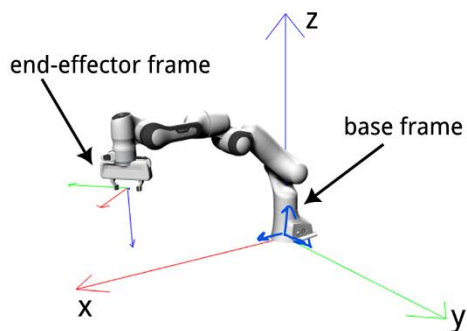
horizontal cylinder transformation matrix

```
[[ 1.  0.  0.  69.5]  
 [ 0.  1.  0.  9.5]  
 [ 0.  0.  1.  2.5]  
 [ 0.  0.  0.  1. ]]
```

Ερώτημα 4:

Select an appropriate transformation matrix for the base frame of the manipulator with respect to the world frame, ensuring it can perform the manipulation task;

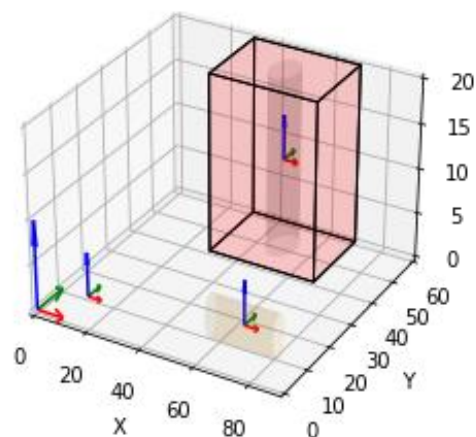
Body Frame και End-Effector Frame του Franka Panda:



Base Frame: Βρίσκεται στη βάση του ρομπότ (z=0) σε μια τυχαία (x,y) θέση, σε λιγότερη από 855 χιλιοστά απόσταση από τα άλλα δύο αντικείμενα, ώστε να μπορεί να τα φτάσει. Γίνεται επιλογή του σημείου (10,10,0). Για Rotation matrix επιλέγω τον ίδιο προσανατολισμό με το world frame για ευκολία.

Franka Panda base frame transformation matrix:

```
[[ 1.  0.  0.  10.]  
 [ 0.  1.  0.  10.]  
 [ 0.  0.  1.  0.]  
 [ 0.  0.  0.  1.]]
```

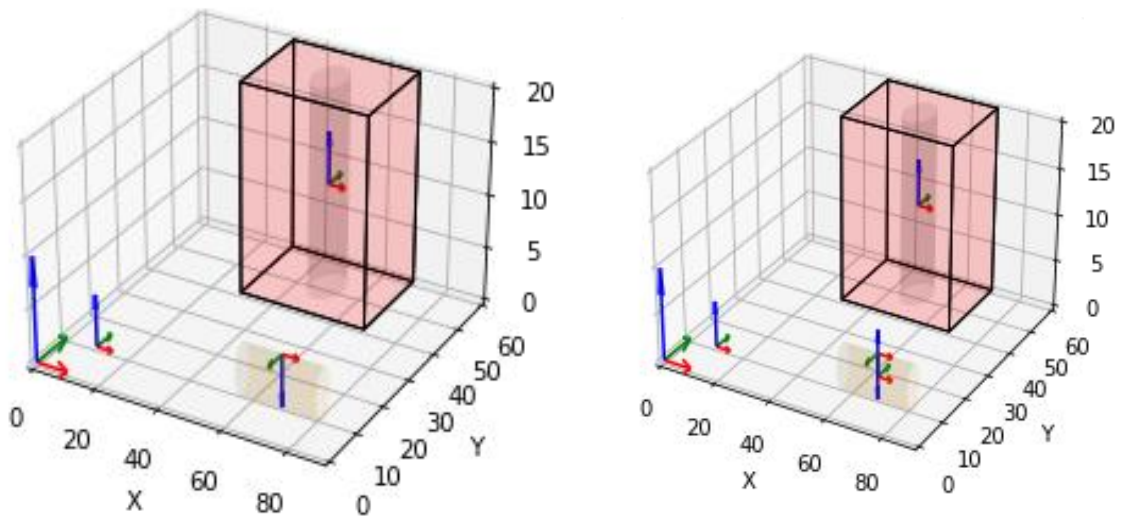


Ερώτημα 5:

Determine the relative transformation matrix between the manipulator's end-effector and the cylinder, allowing the manipulator to grasp the cylinder (aka, what should be the orientation and position of the cylinder with respect to the end-effector such that it can be grasped);

Τοποθέτηση του end effector: Η «βάση» του end-effector θα βόλευε να ήταν πάνω από την μέση του κυλίνδρου ($x=69.5$) και σε ύψος όσο και το ψηλότερο z του κυλίνδρου ($z=5$), ώστε οι δαγκάνες του να μπορούν να κατέβουν όσο πιο χαμηλά μπορούν και να γραπώσουν τον κύλινδρο. (69.5,9.5,5)

Ο end effector σε σχέση με το world frame έχει περιστραφεί γύρω από τον άξονα x κατά 180° , επομένως πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το κατάλληλο Rotation matrix. Υπολογίζεται εύκολα ως `Rend=RotX(np.pi)@RotY(0)@RotZ(0)`.



Τοποθέτηση κυλίνδρου σε σχέση με end effector:

Έχουν αντίθετους προσανατολισμούς, οπότε λαμβάνοντας ως βάση το frame του end effector ο κύλινδρος χρειάζεται να είναι περιστραμμένος γύρω από τον άξονα x 180° . Επίσης το body frame του κυλίνδρου απέχει από του end effector $z=2.5$ cm, όσο και η ακτίνα του κυλίνδρου.

Επομένως: $T=$

```
[[ 1.00000000e+00  0.00000000e+00  0.00000000e+00  0.00000000e+00]
 [ 0.00000000e+00 -1.00000000e+00 -1.2246468e-16  0.00000000e+00]
 [ 0.00000000e+00  1.2246468e-16 -1.00000000e+00  2.5000000e+00]
 [ 0.00000000e+00  0.00000000e+00  0.00000000e+00  1.00000000e+00]]
```

Δηλαδή με στρογγυλοποίηση:

```
[[ 1.0 0.0 0.0 0.0]
 [ 0.0 -1.0 0.0 0.0]
 [ 0.0 0.0 -1.0 2.5]
 [ 0.0 0.0 0.0 1.0]]
```

Επαλήθευση:

$$R_{\text{cylinder_endef}} = R_{\text{cylinder_wf}} R_{\text{wf_endef}} = R_{\text{wf_cylinder}}^T R_{\text{wf_endef}}. \text{ (Lecture 4 pg 5)}$$

Οπότε το επαληθεύουμε με κώδικα:

```
print(rot_inv(R) @ Rend)

[[ 1.00000000e+00  0.00000000e+00  0.00000000e+00]
 [ 0.00000000e+00 -1.00000000e+00 -1.2246468e-16]
 [ 0.00000000e+00  1.2246468e-16 -1.00000000e+00]]
```

Δηλαδή με στρογγυλοποίηση:

```
[[ 1.0 0.0 0.0]
 [ 0.0 -1.0 0.0]
 [ 0.0 0.0 -1.0]
 [ 0.0 0.0 0.0]]
```

Οι δύο πίνακες προσανατολισμού είναι ίδιοι, όπως αναμενόμενο, άρα ο υπολογισμός σωστός.

Ερώτημα 6:

Calculate the world frame transformation matrix of the cylinder such that, when released, it will be positioned to drop precisely into the hole in the box;

Ο κύλινδρος χρειάζεται να περιστραφεί γύρω από τον άξονα y κατά $\pm 90^\circ$ για να έχει τον ίδιο προσανατολισμό με την τρύπα. Υποθέτουμε αριστερόστροφη περιστροφή.

Το transformation matrix πρέπει να έχει και translation. Το κέντρο του κυλίνδρου απέχει 12.5 cm από την βάση του, άρα τόσο πρέπει να απέχει και από το κουτί, δηλαδή $z=20+12.5=32.5$ cm ως προς το world frame. Επίσης τα κέντρα του κυλίνδρου και της κυλινδρικής τρύπας πρέπει να συμπίπτουν, επομένως $x=50, y=50$.

Rotation around y-axis:

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

Επομένως για -90° $T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 50 \\ 0 & 1 & 0 & 50 \\ 1 & 0 & 0 & 32.5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

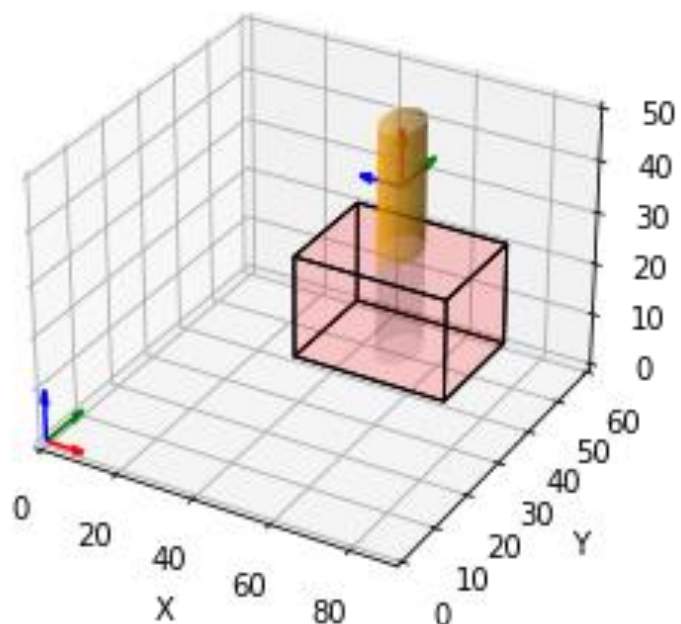
Ελέγχουμε και με Python το αποτέλεσμα μας:

```
world frame transformation matrix cylinder to box:
T=[[ 6.123234e-17  0.000000e+00 -1.000000e+00  5.000000e+01]
 [ 0.000000e+00  1.000000e+00  0.000000e+00  5.000000e+01]
 [ 1.000000e+00  0.000000e+00  6.123234e-17  3.250000e+01]
 [ 0.000000e+00  0.000000e+00  0.000000e+00  1.000000e+00]]
```

Δηλαδή με στρογγυλοποίηση καταλήγουμε στο ίδιο αποτέλεσμα.

Σημείωση: Οι πολύ μικρές τιμές αντί για 0 προέρχονται και από σφάλμα της Python στον υπολογισμό του συνημιτόνου (η πράξη $\pi/2$. δεν έχει άπειρη ακρίβεια).

Ξανασχεδιάζουμε τα αντικείμενα στη νέα τους θέση για αριστερόστροφη περιστροφή του κυλίνδρου.



Ερώτημα 7:

Visualize the results using the programming language of your choice

Έγινε χρήση python για την οπτικοποίηση. Με την βιβλιοθήκη numpy έγιναν οι πράξεις της γραμμικής άλγεβρας και οι υπολογισμοί των τριγωνομετρικών μεγεθών. Με την βιβλιοθήκη matplotlib έγινε η τρισδιάστατη απεικόνιση των αντικειμένων. Χρησιμοποιήθηκε επίσης η δυνατότητα προσθήκης χρώματος και ελέγχου του opacity των αντικειμένων για πιο ευδιάκριτη παρουσίαση.

