

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Του Χριστόφορου Πλαστήρα Α.Μ 511/2003042**

ΘΕΜΑ: Σχεδιασμός εργαστηρίου για το μάθημα “Σχεδιασμός και Ανάλυση Μηχανισμών”.



ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
Μουλιανίτης Βασίλειος
Παπανίκος Παρασκευάς
Σταθάκης Γεώργιος

Επιβλέπων καθηγητής
Μέλος συμβουλευτικής Επιτροπής
Μέλος συμβουλευτικής Επιτροπής

Σύρος, 2013

Εξώφυλλο : Λίθινο εργαλείο από την περιοχή του Winchester

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	6
1.1	Παιδαγωγικά	6
1.2	Μια σύντομη αναδρομή στην ιστορία των μηχανισμών και της κινηματικής.....	8
2	Μία εισαγωγή στα lego και στην βασική ορολογία τους.....	11
2.1	Το φυσικό υλικό.....	11
2.1.1	NXT Brick.....	11
2.1.2	Επενεργητές.....	12
2.1.3	Αισθητήρες	13
2.1.4	Άλλα δομικά στοιχεία.....	14
2.2	Το λογισμικό	15
2.3	Συμπεράσματα κεφαλαίου	16
3	Μηχανισμοί με τέσσερα (τμήματα) μέλη(4 Bar Linkage).....	17
3.1	Σκοπός	17
3.2	Γενικά περί μηχανισμών με τέσσερα μέλη	17
3.3	Εργαστηριακή άσκηση μηχανισμών με τέσσερα μέλη με τη χρήση LEGO Mindstorms.	21
3.4	Υλοποίηση Υλικού εργαστηρίου.....	22
3.5	Υλοποίηση λογισμικού εργαστηρίου	25
3.6	Επεξεργασία δεδομένων.....	31
4	Μηχανισμοί με οδοντωτούς τροχούς	33
4.1	Σκοπός	33
4.2	Εισαγωγή στους μηχανισμούς με οδοντωτούς τροχούς.....	33
4.3	Εργαστηριακή άσκηση μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς με τη χρήση LEGO Mindstorms.	36
4.4	Υλοποίηση Υλικού εργαστηρίου.....	37
4.5	Λογισμικό και εκτέλεση προγράμματος.....	41
4.6	Επεξεργασία δεδομένων	41
5	Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες.....	44
5.1	Εισαγωγή στους μηχανισμούς με οδηγητικές καμπύλες	44

5.2	Εργαστηριακή άσκηση μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς με τη χρήση LEGO Mindstorms.	45
5.3	Υλοποίηση, Λογισμικό και εκτέλεση προγράμματος	46
5.4	Επεξεργασία δεδομένων.	47
6	Συμπεράσματα-Μελλοντική εργασία.	49
7	Βιβλιογραφία.....	50

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1	Το κύριο θραύσμα από το μηχανισμό των Αντικυθήρων.....	9
Εικόνα 2	Ο μηχανισμός του Τζέιμς Βατ (James Watt 1784)	9
Εικόνα 3	Το nxt με τους αισθητήρες (δύο αισθητήρες πίεσης, φωτός, υπερήχων και τρία μοτέρ συνδεδεμένα)	11
Εικόνα 4	Η κεντρική μονάδα	12
Εικόνα 5 (α)	Σερβοκινητήρας (β) Εσωτερική δομή του αισθητήρα. Το ενσωματωμένο ταχύμετρο είναι το εξάρτημα με το σκούρο μπλε χρώμα.	13
Εικόνα 6	Αισθητήρας επαφής.	14
Εικόνα 7	Τα δομικά στοιχεία που θα χρειαστούν για τις ασκήσεις.....	14
Εικόνα 8	Περιβάλλον εργασίας στο Lego Digital Designer.	15
Εικόνα 9	Περιβάλλον εργασίας στο Lego Mindstorms Education NXT.	16
Εικόνα 10.	Τύποι μηχανισμών με τέσσερα μέλη.....	18
Εικόνα 11.	Μηχανισμοί πλήρους περιστροφής	19
Εικόνα 12 (α)	Μηχανισμός πλήρους παλινδρόμησης (β) Μηχανισμός με διακλαδώσεις.....	19
Εικόνα 13	Βοηθητικά μεγέθη για τον υπολογισμό της σχέσεως μεταδόσεως.	20
Εικόνα 14	Πρότυπο εργαστηριακής άσκησης για τους μηχανισμούς τεσσάρων αρθρωτών ράβδων.....	22
Εικόνα 15	Μηχανισμός με τέσσερα αρθρωτά μέλη πλήρους περιστροφής.	25
Εικόνα 16	Πίνακας ροής εργαστηριακής άσκησης.....	26
Εικόνα 17	Υλοποίηση πίνακα ροής στο Lego Mindstorms Education NXT.....	27
Εικόνα 18.	Ελεγκτής.....	30
Εικόνα 19.	Περιβάλλον πρόσβασης της μνήμης του Brick NXT. (α) Πριν τη δημιουργία των αρχείων δεδομένων (β) Μετά τη δημιουργία των αρχείων δεδομένων.	31
Εικόνα 20	Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων.....	32
Εικόνα 21	Είδη οδοντωτών τροχών.....	34

Εικόνα 22 Οδοντωτός τροχός με εσωτερική οδόντωση.....	34
Εικόνα 23 Πλανητικοί μηχανισμοί.....	35
Εικόνα 24 Πρότυπο εργαστηριακής άσκησης για τους μηχανισμούς με οδοντωτούς τροχούς.	37
Εικόνα 25 Εργαστηριακή άσκηση με οδοντωτούς τροχούς.....	40
Εικόνα 26 Προσομοιωτής μίξερ με πλανητικό μηχανισμό.....	41
Εικόνα 27. Σχέση μεταξύ των γωνιών περιστροφής μεταξύ άξονα #1 και άξονα #3.....	42
Εικόνα 28. Σχέση μεταξύ των γωνιών περιστροφής μεταξύ άξονα #1 και άξονα #2.....	42
Εικόνα 29. Σχέση μεταξύ των γωνιών περιστροφής μεταξύ άξονα #2 και άξονα #3.....	43
Εικόνα 30 Έκκεντρο (κάμα) βαλβίδα ως παράδειγμα μηχανισμού με οδηγητική καμπύλη...	44
Εικόνα 31 Κατηγορίες μηχανισμών με οδηγητική καμπύλη	45
Εικόνα 32 Πρότυπο εργαστηριακής άσκησης για τους μηχανισμούς με οδηγητικές καμπύλες.	46
Εικόνα 33 Μηχανισμός με οδηγητική καμπύλη	47
Εικόνα 34 Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων.....	48

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1 Φάσεις υλοποίησης εργαστηριακής άσκησης,	21
Πίνακας 2. Εξαρτήματα για την υλοποίηση της πρώτης εργαστηριακής άσκησης,	22
Πίνακας 3 Τμήμα από τα πειραματικά δεδομένα.....	31
Πίνακας 4. Εξαρτήματα για την υλοποίηση της δεύτερης εργαστηριακής άσκησης,	37

1 Εισαγωγή

Σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι η υλοποίηση ενός σχεδίου που μπορεί να βοηθήσει στο εργαστηριακό τμήμα του μαθήματος «σχεδιασμός και ανάλυση μηχανισμών», στο τμήμα “μηχανικών σχεδίασης προϊόντων και συστημάτων”, του πανεπιστημίου Αιγαίου στη Σύρο. Του εργαστηρίου της εκπαιδευτικής διαδικασίας (μαθήματος) σχεδιάζεται έτσι ώστε οι φοιτητές να έχουν μια όσο το δυνατόν πιο ευχάριστη, πλήρη, ομαλή εμπειρία, έχοντας αξιοποιήσει τις υπάρχουσες δυνατότητες.

Το μάθημα των μηχανισμών περιλαμβάνει ένα σύνολο μηχανολογικών οντοτήτων – συμπεριφορών μηχανισμών, που περιλαμβάνει τις εξής ενότητες:

- Μηχανισμούς με τέσσερα μέλη
- Μηχανισμούς με οδοντωτούς τροχούς
- Μηχανισμούς με οδηγητικές καμπύλες

Το εργαστήριο του μαθήματος, θα πραγματοποιείται μετά από κάθε ενότητα θεωρίας του μαθήματος και θα αφορά την εξάσκηση σε αυτή την ενότητα.

Στην διπλωματική αυτή ξεκινάει από την παιδαγωγική στήριξη που υπάρχει – βασισμένη σε επιστημονικές θέσεις και για το πώς μπορεί να δουλεύει η ανθρώπινη αντίληψη και σε κοινωνιολογικές θέσεις για τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ανθρώπων στις διάφορες καταστάσεις που μπορεί να αντιμετωπίζουν όταν βρίσκονται κοντά. Επίσης παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή στην ιστορία των μηχανισμών. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η υλικοτεχνική υποδομή με την οποία θα υλοποιηθούν οι εργαστηριακές ασκήσεις. Ακολουθούν τρία κεφάλαια, όπου στο καθένα παρουσιάζεται η θεωρία, η υλοποίηση του εργαστηρίου όπως επίσης και συγκριτικά θεωρητικά και πειραματικά δεδομένα. Η διπλωματική εργασία κλείνει με συμπεράσματα αλλά και μελλοντική εργασία.

1.1 Παιδαγωγικά

Αναφορές σε έννοιες, όπως η παιδαγωγική, μπορούν να βρεθούν από την αρχαία Ελλάδα ως και το μεσαίωνα⁽¹⁾. Παιδαγωγικές προσεγγίσεις με την επιστημονική τους έννοια παρουσιάζονται από την Αναγέννηση και ιδιαίτερα με τη συμβολή της Γαλλικής Επανάστασης και τις αλλαγές που έφερε η μετά-βιομηχανική κοινωνία. Στη σύγχρονη περίοδο, οι επιρροές που υπάρχουν αφορούν στο «μοντέλο της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης» που προτάθηκε το 1968 από τον Olof Palme σε σύσκεψη του ΟΟΣΑ, σε συνδυασμό με τις θέσεις του συμβουλίου της Ευρώπης, της UNESCO, του Paolo Freire κ.α.⁽¹⁾

Συνοπτικά, υπάρχει μια στροφή της εκπαίδευσης στη ζήτηση και στην εποχή, αξιοποιώντας τις υπάρχουσες γνώσεις που αφορούν:

- στις διαδικασίες μάθησης,
- στην τεχνική οργάνωση και
- στην κοινωνική πρακτική.

Καθώς επίσης για την ανάπτυξη ενός επαγγελματικού χώρου με τα εξής στοιχεία:

- Ανοιχτότητας στην επικοινωνία και την αλλαγή
- Ευελιξίας και προσαρμογής
- Απελευθέρωσης και τροφοδότησης της αυτοκατευθυνόμενης μάθησης.

Και αυτά επιπλέον μαζί με τα ζητούμενα που είναι:

- Τροφοδότηση της αναλυτικής/συνθετικής σκέψης

- Ερμηνεία της «απόκλισης» από τα «αναμενόμενα».

Αυτό, θα επιτευχθεί μεταφέροντας τους φοιτητές από ένα – αρχικά – δομημένο σε ένα όλο και πιο ελεύθερο περιβάλλον.

Επίσης, καλό θα ήταν εδώ να γίνει μια παρουσίαση των στηριγμάτων πάνω στα οποία βασίζεται ένας επαγγελματίας του χώρου αυτού:

- Επιστημονική γνώση: του χώρου που διδάσκεται
- Παιδαγωγική γνώση: αντιλαμβάνεται τις δεξιότητες και μπορεί να «μαθαίνει τους άλλους να μαθαίνουν».
- Κοινωνική γνώση: ικανότητα να αναλύουν μια κατάσταση, να την επεξεργάζονται και να μπορούν να προτείνουν σχέδια.
- Θεσμική γνώση: γνώση και ικανότητα να διατηρούν επαφή με αρμόδιους τόσο σε τοπικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Επίσης, βασικό στοιχείο είναι και η «προθέρμανση»: η προετοιμασία για τη μετάβαση από την κάθε κατάσταση στην επόμενη. Σημαντικό είναι επίσης και το να μένει χώρος και χρόνος για τη συνειδητή προσπάθεια που καταβάλλεται για την κατανόηση, όπως επίσης και η επίγνωσή του σε ποια κατάσταση της διαδικασίας βρίσκονται οι φοιτητές και προς τα πού κατευθύνονται.

Επίσης θα πρέπει να επισημανθούν και οι επιπλέον διαστάσεις που πρέπει να δώσει κάποιος πράκτορας επιμόρφωσης:

A. Ψυχολογικές διαστάσεις.

- A.1 Ως διευκολυντής της αυτοκατευθυνόμενης μάθησης: στην περίπτωση εμπλοκών, στην ανάπτυξη της αυτοπεποίθησης καθώς και στη συνδιαμόρφωση στο σχεδιασμό.
- A.2 Σα συνεργάτης ίσος με τους φοιτητές για τη διαμόρφωση των προγραμμάτων.
- A.3 Σαν αναλυτής μάθησης: να διευκολύνει τους φοιτητές να κατανοήσουν με ποιον τρόπο κατανοούν και να αντιληφθούν στοιχεία που τους επηρεάζουν, έτσι ώστε αν θέλουν να τα αλλάξουν.

B. Κοινωνιολογικές διαστάσεις.

- B.1 Σα βοήθεια για να γίνει ιδεολογικο-πολιτική κριτική σε κάτι, ώστε να αναζητηθούν εναλλακτικές λύσεις και να συνειδητοποιηθούν τις μορφές καταπίεσης που μπορεί να δημιουργούνται.
- B.2 Να βοηθήσει, πέραν των στοχαστικών δραστηριοτήτων, στην ένταξη των φοιτητών και σε συνθήκες αλλαγής της πραγματικότητας (ο στοχασμός δεν αρκεί – χρειάζεται και πράξη).
- B.3 Η πράξη αυτή οδηγεί στην πραγμάτωση δομών ισότητας, δημοκρατίας, ανεξιθρησκίας και αποδοχής της διαφορετικότητας του άλλου.

Κατά συνέπεια το πρόγραμμα:

- Μπορεί να συζητηθεί
- Μπορεί να συζητηθούν τμήματά του ή σχέσεις του ή
- οι συνθήκες διδασκαλίας

Ενώ, προσπαθούνε να ενταχθούνε στο πρόγραμμα:

1. Επίκαιρα στοιχεία αλλά το πρόγραμμα να είναι οργανωμένο.
2. Η κάλυψη των αναγκών των φοιτητών και των κοινωνικών επιθυμιών αλλά και μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων ζητημάτων.
3. Ανοιχτότητα στην παρακολούθηση αλλά και στην κάλυψη των θεμάτων.
4. Ειδικά και πιο «καθημερινά» ζητήματα.

5. Βασικά αλλά και πιο προχωρημένα θέματα.
6. Η ενθάρρυνση και της ευκαιριακής αλλά και της συστηματικής γνώσης.
7. Ζητούμενο είναι τόσο η κάλυψη από τους θεσμούς όσο και η ανεξαρτησία από αυτούς.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι:

- Να ενταχθούν τρέχουσες εξελίξεις στους τομείς της παιδαγωγικής.
- Να αναπτυχθούν δεξιότητες με πρακτική άσκηση.
- Να αξιοποιηθούν οι παρεχόμενες δυνατότητες.

Ο σχεδιασμός της εκπαιδευτικής δραστηριότητας των εργαστηριακών ασκήσεων εμπεριέχει στοιχεία από βασικές αρχές της εποικοδομητικής (constructivist) αντίληψης για τη μάθηση⁽⁷⁾ και την «κατασκευαστική» εκπαιδευτική φιλοσοφία (constructionism) του Papert, σύμφωνα με τις οποίες η κατασκευή νέας γνώσης είναι περισσότερο αποτελεσματική όταν οι φοιτητές εμπλέκονται στην κατασκευή προϊόντων που έχουν προσωπικό νόημα για τους ίδιους⁽⁶⁾.

Ειδικότερα όπως θα φανεί και στη συνέχεια όσον αφορά το σχεδιασμό των εργαστηρίων, αφού έχει γίνει προεργασία από το μάθημα της θεωρίας προσφέρονται:

1^ο εργαστήριο: Όλη η διδασκόμενη βοηθητική ύλη διαθέσιμη – εξοκείωση με τις έννοιες των μηχανισμών.

2^ο εργαστήριο: Λιγότερη διδασκόμενη βοηθητική ύλη, ελεύθερη άσκηση

3^ο εργαστήριο: Ακόμα λιγότερη διδασκόμενη βοηθητική ύλη, περισσότερη προσωπική εργασία.

Πριν ξεκινήσει η περιγραφή των εργαστηρίων θα γίνει μια σύντομη περιγραφή στο κομμάτι των μηχανισμών που είναι και το κεντρικό αντικείμενο της εργασίας.

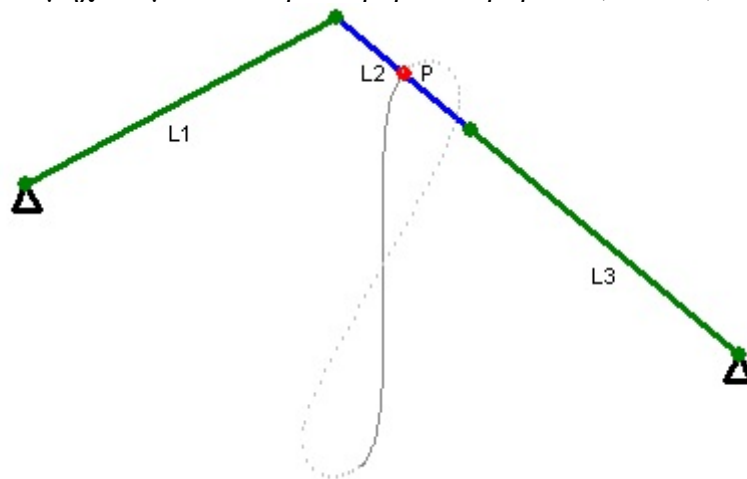
1.2 Μια σύντομη αναδρομή στην ιστορία των μηχανισμών και της κινηματικής.

Χρήση μηχανών και μηχανισμών έχει γίνει από την αρχαιότητα όπως π.χ. στην αρχαία Αίγυπτο (~3000 π.Χ.) για να κατασκευαστούν οι πυραμίδες. Παρ'όλο που δεν χρησιμοποιήθηκε ο τροχός και την τροχαλία, φαίνεται ότι έγινε εκτεταμένη χρήση του μοχλού και κεκλιμένου επιπέδου. Οι ενδείξεις που υπάρχουν για την πρώτη χρήση του τροχού αφορούν την περιοχή της Μεσοποταμίας (από το 4000 - 3000 π.Χ.). Ο αρχαιότερος σύνθετος μηχανισμός (~1^{ος} αιώνας π.Χ.) είναι αυτός των Αντικυθήρων ο οποίος, σύμφωνα με την πιο αποδεκτή θεωρία, είναι ένας αναλογικός υπολογιστής ο οποίος προβλέπει τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων με τη χρήση οδοντωτών τροχών (Εικόνα 1).



Εικόνα 1 Το κύριο θραύσμα από το μηχανισμό των Αντικυθήρων

Τα βασικότερα ζητήματα που απασχόλησαν κατά το σχεδιασμό και κατασκευή μηχανισμών στις ενδιάμεσες περιόδους ήταν της καταγραφής του χρόνου και βέβαια πολεμικών μηχανών αλλά και των οικιστικών αναγκών. Ο μηχανολογικός σχεδιασμός βασίστηκε στο σχεδιασμό μηχανών καθώς κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης οι καινούριες μηχανές δημιουργούσαν την ανάγκη για πιο εξεζητημένες λύσεις στα θέματα της κινηματικής. Έτσι, ο Τζέιμς Βατ (James Watt 1736 - 1819) πραγματοποίησε μελέτη κινηματικής, προκειμένου να επιτύχει έναν μηχανισμό ο οποίος θα πραγματοποιούσε ευθύγραμμη κίνηση για να οδηγήσει τα πιστόνια των πρώτων ατμομηχανών, αφού δεν υπήρχε κάτι που να λειτουργεί ως οδηγός του ζυγώματος σε μία ατμομηχανή. Ο Βατ επίσης είναι το πρώτο καταγεγραμμένο ιστορικά άτομο που αναγνωρίζει την αξία των κινήσεων των συνδέσμου κινητών σημείων και του μηχανισμού τεσσάρων αρθρωτών ράβδων (Εικόνα 2).



Εικόνα 2 Ο μηχανισμός του Τζέιμς Βατ (James Watt 1784)

Παράλληλα με τον Βατ, ο Έβανς (Oliver Evans 1755 - 1819) και ο Όιλερ (Leonhard Euler 1707 - 1783) παρουσίασε μία αναλυτική διατριβή στους μηχανισμούς στο κείμενό του "Mechanica sive motus Scientia Analytice Exposita" (1736 - 1742), που περιλάμβανε την ιδέα ότι η κίνηση σε ένα επίπεδο αποτελείται από δύο ανεξάρτητα στοιχεία, ονομαζόμενα, μεταφορά ενός σημείου και περιστροφή του σώματος γύρω από αυτό το σημείο θέτοντας της βάσης της κινηματικής της γενικής επίπεδης κίνησης. Ο Όιλερ επίσης πρότεινε τον διαχωρισμό του ζητήματος της δυναμικής ανάλυσης σε "γεωμετρικό" και "μηχανικό" για να απλοποιήσει τον καθορισμό της

δυναμικής του συστήματος. Δύο επίσης σύγχρονοί του - ο Ντ'Αλαμπέρ (Jean - Baptiste de Rond d'Alembert 1717 - 1783) και ο Κάντ (Immanuel Kant 1724 - 1804) πρότειναν παρόμοιες ιδέες. Το 1800 περίπου το πολυτεχνείο του Παρισιού (L'ecole Polytechnique) ήταν ένα σημαντικό ίδρυμα για τους μηχανικούς. Ο Λαγκράνζ (Joseph Louis Lagrange 1736 - 1813) και ο Φουριέ (Joseph Fourier 1768 - 1830) ήταν μεταξύ του προσωπικού του. Ένας από τους ιδρυτές του ήταν ο Γκασπάρ Μόνζ (Gaspard Monge 1746 - 1818) εφευρέτης της περιγραφικής γεωμετρίας, παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται στο τεχνικό σχέδιο (γεγονός που διατηρήθηκε ως στρατιωτικό μυστικό από την Γαλλική κυβέρνηση για 30 χρόνια για την αξία του στον σχεδιασμό στρατιωτικών εφαρμογών). Ο Μόνζ επίσης ξεκίνησε μία προσπάθεια ταξινόμησης όλων των μηχανών και των μηχανισμών που γνώρισε η ανθρωπότητα. Ο συνάδελφός του Ασέτ (Jean - Nicolas Pierre Hachette 1769 - 1834) , ολοκλήρωσε το έργο του το 1806 και το εξέδωσε επίσης. Ο Αμπέρ (Andre Marie Ampere 1775 - 1836) ήταν επίσης ένας καθηγητής στο ίδρυμα αυτό - το έργο του "Έκθεση πάνω στην φιλοσοφία των επιστημών" (Essai sur la philosophie des sciences) χρησιμοποίησε τον όρο "κινηματική" , "προκειμένου να περιγράψει την μελέτη της κίνησης χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψη οι δυνάμεις και πρότεινε ότι "η επιστήμη αυτή μπορεί να εκφραστεί ως προς την κίνηση , ανεξαρτήτως των δυνάμεων που την παράγουν."

Ο Ρόμπερτ Ουίλλις (Robert Willis 1800 - 1875) έγραψε το κείμενο "Αρχές των μηχανισμών" (Principles of mechanisms) από την θέση του καθηγητή φυσικής φιλοσοφίας στο πανεπιστήμιο του Κέϊμπριτζ προσπάθησε να συστηματοποιήσει την διαδικασία σύνθεσης των μηχανισμών. Από αυτή την προσπάθεια μελετήθηκαν οι δυνατότητες να επιτευχθεί σχετική κίνηση μεταξύ των μελών εισόδου και εξόδου στις εξής περιπτώσεις : κυλιόμενη επαφή, ολισθαίνουσας επαφή , συνδεδεμένες που τυλίγονται (ιμάντες , αλυσίδες) και τροχαλίες (tackles) . Ο Φράντς Ρελό (Franz Reuleaux 1829 - 1905) εξέδωσε το "Κινηματική θεωρία" "Theoretische Kinematik" το 1875. Ο Αλεξάντερ Κένεντι (Alexander Kennedy 1847 - 1928) μετέφρασε το βιβλίο του Ρελό στα Αγγλικά , και έγινε από τα ιστορικά βιβλία της κινηματικής. Ο Ρελό έθεσε έννοιες όπως το κινηματικό ζεύγος (kinematic pair) αλλά βασικά μηχανολογικά στοιχεία , όπως τον σύνδεσμο , τον τροχό , την οδηγητική καμπύλη, τη βίδα , την καστανία (ratchet) και τον ιμάντα. Επίσης καθόρισε τα "άνωτερα" και τα "κατώτερα" ζεύγη σαν να έχουν: τα ανώτερα – επαφή ενός σημείου η γραμμής (όπως σε ρουλεμάν με σφαίρες ή κυλίνδρους) και τα «κατώτερα» επαφές επιφάνειας. Ο Ρελό θεωρείται ο πατέρας της μοντέρνας κινηματικής και της συμβολικής της βασικής γενικής συνδέσμων στη σύγχρονη κινηματική. Πριν τους παγκόσμιους πολέμους η περισσότερη ενασχόληση πάνω στην κινηματική , γινόταν στη Γερμανία. Ένα μεγάλο τμήμα της εργασίας αυτής μεταφέρθηκε στις Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής Αργότερα και με την λήξη του ψυχρού πολέμου περισσότερη θεωρία έγινε γνωστή και βέβαια η δυνατότητα χρήσης των ηλεκτρονικών υπολογιστών βοήθησε ακόμα περισσότερο.

2 Μία εισαγωγή στα Lego και στην βασική ορολογία τους.

Το πακέτο MINDSTORMS NXT της LEGO^{®(7)} αποτελεί μια εκπαιδευτική πλατφόρμα ανάπτυξης και προγραμματισμού κατασκευών. Αναπτύχθηκε με το Τεχνολογικό Ινστιτούτο Μασαχουσέτης (MIT) και το Tufts και είναι πλέον σε πολύ ευρεία εφαρμογή παγκοσμίως. Αποτελεί προέκταση των κλασικών παιχνιδιών με τα οποία στατικές κατασκευές μπορούν να συναρμολογηθούν από απλά δομικά κομμάτια. Η φιλοσοφία των MINDSTORMS στηρίζεται στη γρήγορη συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση των κατασκευών οι οποίες, με τη χρήση επενεργητών και αισθητηρίων, παρουσιάζουν πλέον και κίνηση. Ο προγραμματισμός¹ της κατασκευής μπορεί να υλοποιηθεί είτε από προγραμματιστικό περιβάλλον πολύ υψηλού επιπέδου είτε χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού (Δημητρίου, και συν., 2010).

2.1 Το φυσικό υλικό.

Το φυσικό αποτελείται από το «τούβλο» NXT (NXT Brick) πάνω στο οποίο συνδέονται επενεργητές και αισθητήρες όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3 Το nxt με τους αισθητήρες (δύο αισθητήρες πίεσης, φωτός, υπερήχων και τρία μοτέρ συνδεδεμένα)

2.1.1 NXT Brick

Το NXT Brick (Εικόνα 4) αποτελεί την κεντρική μονάδα, στην οποία συνδέονται οι αισθητήρες και οι επενεργητές. Στην μονάδα αυτή αποθηκεύονται και εκτελούνται προγράμματα χρηστών. Οι τεχνικές προδιαγραφές της μονάδας είναι οι εξής:

- Κύριος μικροεπεξεργαστής 32-bit AT91SAM7S256 (256 KB μνήμη flash, 64 KB RAM)
- Μικροεπεξεργαστής 8-bit ATmega48 στα 4 MHz (4 KB μνήμη flash, 512 Bytes RAM)

¹ Στην ιστοσελίδα http://en.wikipedia.org/wiki/Lego_Mindstorms υπάρχει πλήρης κατάλογος των γλωσσών προγραμματισμού.

- Οθόνη LCD (100x64 εικονοστοιχείων).
- Τέσσερις 6-pin θύρες εισόδου (θύρες 1-4)
- Τρεις 6-pin θύρες εξόδου (θύρες A-C)
- Θύρα USB.
- Bluetooth Class II V2.0
- Ηχείο (ποιότητα ήχου 8 kHz, ανάλυσης 8-bit, ποσοστό δείγματος 2-16 KHz).
- Τέσσερα κουμπιά (Πορτοκαλί: On/Enter, Ανοικτά γκρι βέλη: Μετακίνηση στο μενού του NXT, Σκούρο γκρι: Καθαρισμός/Επιστροφή).
- Λειτουργεί με 6 AA μπαταρίες



Εικόνα 4 Η κεντρική μονάδα

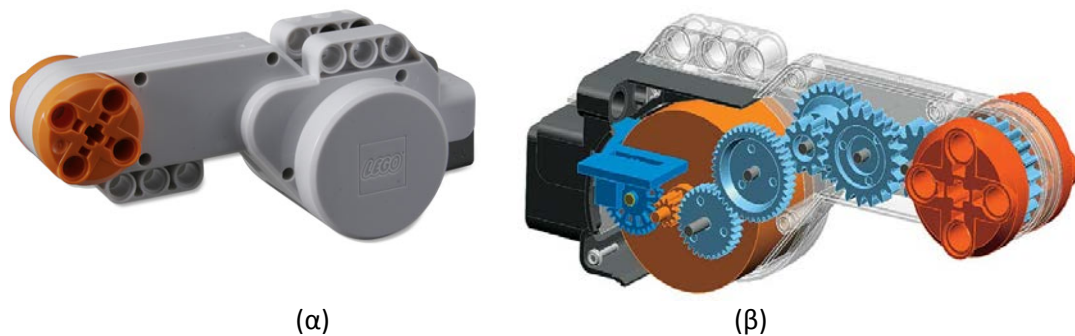
2.1.2 Επενεργητές

Οι βασικοί επενεργητές είναι δύο:

- Λαμπτήρας
- Σερβοκινητήρας

Ο λαμπτήρας μπορεί να εκπέμψει τρεις διαφορετικά ήδη χρώματος (κόκκινο, πράσινο ή μπλε).

Ο σερβοκινητήρας (Εικόνα 5) έχει ενσωματωμένο ταχύμετρο για τη μέτρηση περιστροφής με ακρίβεια (+/- 1 μοίρα). Η θέση του σερβοκινητήρα ανατροφοδοτείται στην μονάδα για τον έλεγχο της καθώς και για παρακολούθηση.

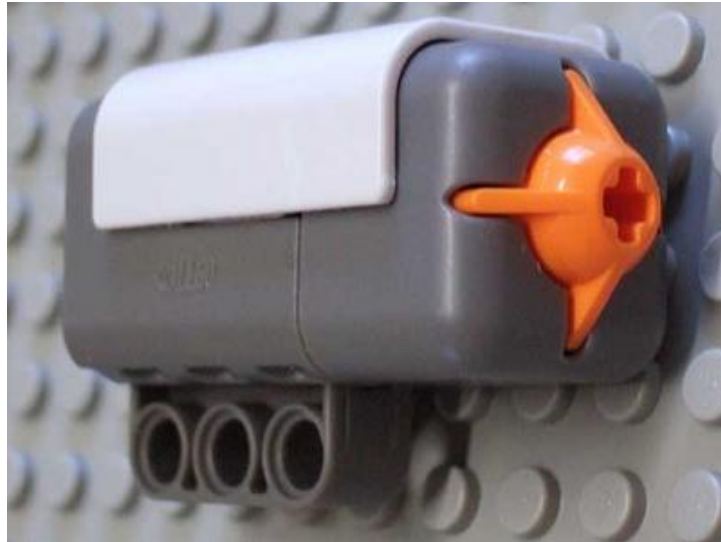


Εικόνα 5 (α) Σερβοκινητήρας (β) Εσωτερική δομή του αισθητήρα. Το ενσωματωμένο ταχύμετρο είναι το εξάρτημα με το σκούρο μπλε χρώμα.

2.1.3 Αισθητήρες

Στην ακόλουθη λίστα παρουσιάζονται βασικοί όπως και προηγμένοι αισθητήρες:

- Αισθητήρας χρώματος (Color Sensor), για ανίχνευση 6 διαφορετικών τύπων χρώματος: μπλε, πράσινο, κόκκινο, κίτρινο, άσπρο και μαύρο.
- Αισθητήρας επαφής (Touch Sensor), ο οποίος είναι ένα απλό κουμπί το οποίο κλείνει με πίεση (Εικόνα 6).
- Αισθητήρας υπερήχων (Ultrasonic Sensor), για τη μέτρηση αποστάσεων χρησιμοποιώντας μη ακουόμενα ηχητικά κύματα.
- Αισθητήρας ήχου (Sound Sensor), για βασική «ακοή». Μπορεί να μετρήσει ένταση αλλά δεν μπορεί να εγγράψει ήχους.
- Πυξίδα (Compass Sensor), για ανίχνευση διεύθυνσης.
- Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer Sensor), για ανίχνευση της διεύθυνσης κίνησης.
- Αισθητήρας RF-ID (RF-ID Sensor), για επικοινωνία μεταξύ πολλαπλών κεντρικών μονάδων.
- Ενσωματωμένος αισθητήρας περιστροφής στο σερβοκινητήρα (Rotation Sensor).
- Ενσωματωμένος αισθητήρα Bluetooth στο NXT Brick για επικοινωνία με άλλες συσκευές.

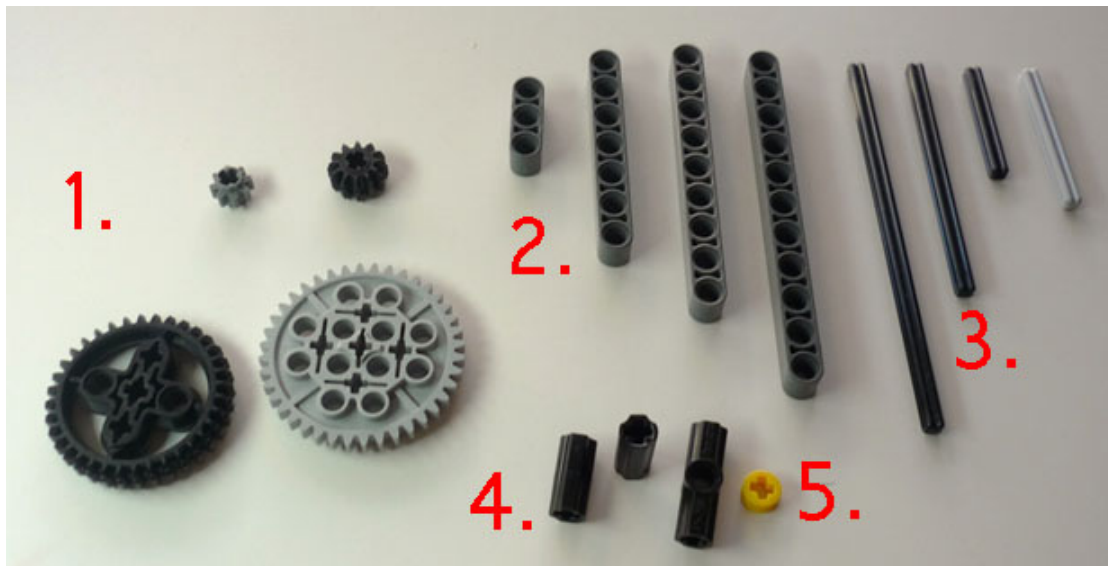


Εικόνα 6 Αισθητήρας επαφής.

2.1.4 Άλλα δομικά στοιχεία.

Τα δομικά στοιχεία που θα χρησιμοποιηθούν στις εργαστηριακές ασκήσεις φαίνονται στην Εικόνα 7. Χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες ως εξής:

1. Οδοντωτοί τροχοί: Οι οδοντωτοί τροχοί μπορούν εύκολα να χαρακτηριστούν από τον αριθμό των οδόντων.
2. Διάφοροι δοκοί: Η δοκός χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των οπών που διαθέτει.
3. Διάφοροι άξονες :Ο άξονας με το προφίλ σταυρού (cross axle) μπορεί να χαρακτηριστεί από το μήκος.
4. Στοιχεία σύνδεσης και επέκτασης.
5. Αντιτριβικούς δακτυλίους.



Εικόνα 7 Τα δομικά στοιχεία που θα χρειαστούν για τις ασκήσεις

Γενικά, σε κάθε δομικό στοιχείο έχει δοθεί :

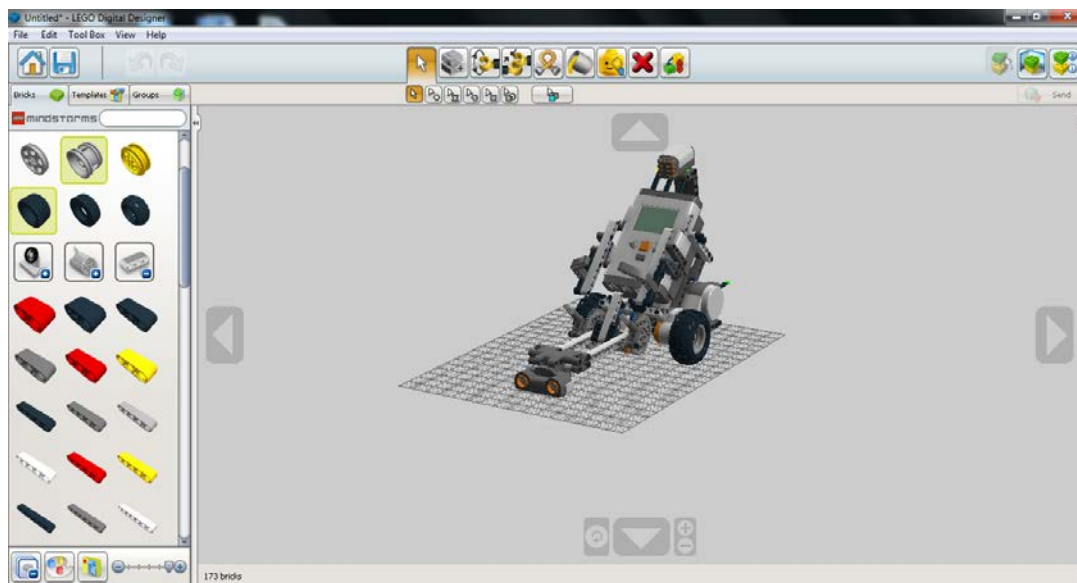
- μία ονομασία π,χ, δοκός (beam).
- το μέγεθός του (όπως ο αριθμός των οπών σε κάθε δοκό ή ο αριθμός των οδόντων σε κάθε γρανάζι ή το μήκος)

- ένας αριθμός - μοναδική κωδικοποίηση (part number), κωδικός που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο Lego Digital Designer που θα παρουσιασθεί συνοπτικά παρακάτω.
- Η ονομασία μπορεί να περιλαμβάνει από ποιο σετ προέρχεται (λ.χ. technic 9M beam) ώστε να βοηθήσει στην διευκρίνιση κάποιων ιδιαίτερων κομματιών.

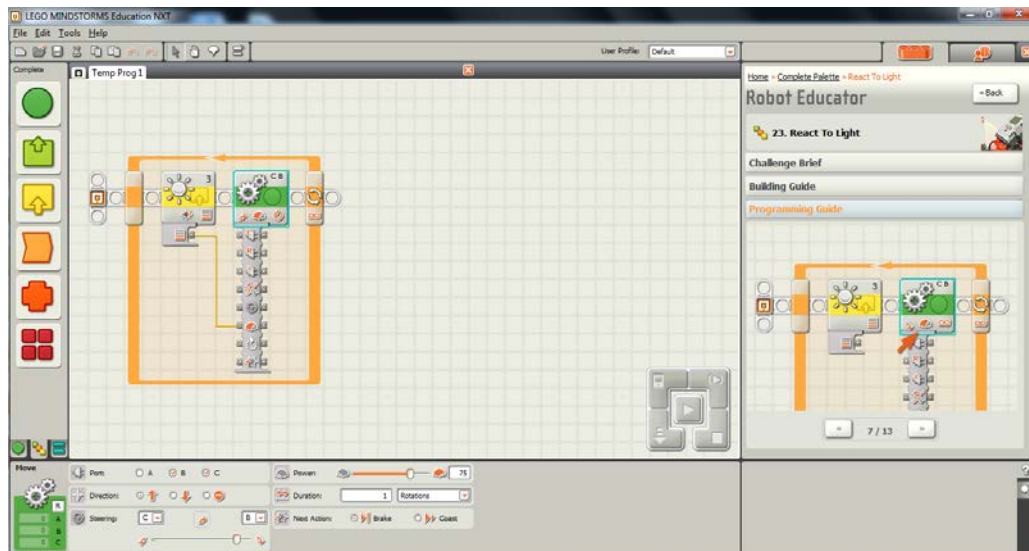
2.2 Το λογισμικό

Για το σχεδιασμό και την υλοποίηση των εργαστηρίων χρησιμοποιήθηκαν δύο λογισμικά.

1. Το σχεδιαστικό πρόγραμμα Lego Digital Designer, που δίνει την δυνατότητα εύκολης δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων με χρήση πρότυπων δομικών στοιχείων (Εικόνα 8). Επίσης δίνεται η δυνατότητα αναπαραγωγής έτοιμων τρισδιάστατων μοντέλων με τη χρήση οδηγών οι οποίοι υποδεικνύουν βήμα προς βήμα την εκτέλεση. Με το πρόγραμμα αυτό σχεδιάστηκαν οι εργαστηριακές ασκήσεις.
2. Το προγραμματιστικό περιβάλλον Lego Mindstorms Education NXT (Εικόνα 6), που επιτρέπει τον χειρισμό του NXT Brick. Ο προγραμματισμός και ο χειρισμός είναι πολύ υψηλού επιπέδου.



Εικόνα 8 Περιβάλλον εργασίας στο Lego Digital Designer.



Εικόνα 9 Περιβάλλον εργασίας στο Lego Mindstorms Education NXT.

2.3 Συμπεράσματα κεφαλαίου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε συνοπτικά το εκπαιδευτικό πακέτο Lego Mindstorms NXT το οποίο χρησιμοποιήθηκε στο σχεδιασμό των εργαστηριακών ασκήσεων. Επίσης παρουσιάστηκε συνοπτικά το λογισμικό που θα χρησιμοποιηθεί και στις εργαστηριακές ασκήσεις.

3 Μηχανισμοί με τέσσερα (τμήματα) μέλη(4 Bar Linkage)

3.1 Σκοπός

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η μελέτη μηχανισμών με τέσσερα μέλη τα οποία συνδέονται με περιστροφικές αρθρώσεις. Θα διερευνηθεί η κίνηση την οποία επιτελούν τέτοιοι μηχανισμοί και θα διαπιστωθεί κατά πόσο ισχύει η πρόταση του Grashof. Επίσης θα παρθούν μετρήσεις από τους αισθητήρες και θα διαπιστωθεί κατά πόσο η πραγματική κατασκευή ανταποκρίνεται στο μαθηματικό μοντέλο όπως αυτό θα παρουσιαστεί στη θεωρία.

3.2 Γενικά περί μηχανισμών με τέσσερα μέλη

Οι μηχανισμοί των τεσσάρων μελών (ή τεσσάρων αρθρωτών ράβδων) είναι οι πιο απλοί μηχανισμοί αλλά και οι πιο διαδεδομένοι. Χρησιμοποιούνται είτε για την καθοδήγηση μερών μηχανικών διατάξεων είτε για την πραγματοποίηση σχέσεων μετάδοσης. Έχουν μελετηθεί πάρα πολύ και υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για την ανάλυση και τη σύνθεσή τους.^{(2), (3)}

Οι μηχανισμοί με τέσσερα μέλη αποτελούν μια κλειστή κινηματική αλυσίδα, στην οποία τα μέλη ενώνονται με τέσσερις περιστροφικές ή/και αρθρώσεις ολισθήσεως². Επίσης, το ένα από τα τέσσερα μέλη είναι πακτωμένο με το έδαφος. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 10 τα μέλη αριθμούνται με συνεχόμενους ακέραιους αριθμούς (1-4) και το 4ο μέλος είναι αυτό που είναι πακτωμένο με το έδαφος. Οι κύριες κινηματικές διαστάσεις αυτών των μελών είναι τα μήκη τους ($l_1 - l_4$). Στην περίπτωση που υπάρχουν μία ή δύο αρθρώσεις ολίσθησης τότε θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και το μήκος e ή η γωνία ε αντίστοιχα. Οι μηχανισμοί αυτού του τύπου, με την προϋπόθεση ότι ένα μέλος είναι πακτωμένο έχουν ένα βαθμό ελευθερίας όπως υπολογίζεται από τον τύπο των Chebychev–Grübler–Kutzbach^{(2), (18)}:

$$M = 3(N - 1 - j) + \sum_{i=1}^j f_i \quad (1)$$

Όπου,

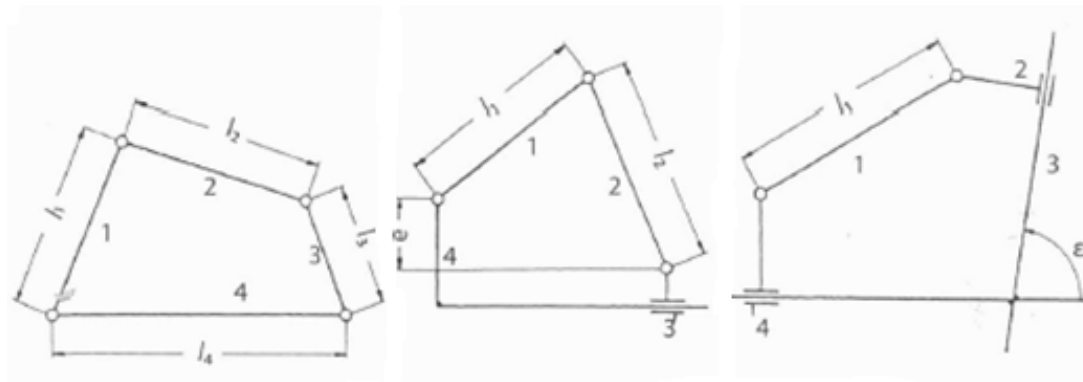
M: αριθμός βαθμών ελευθερίας ή κινητικότητα.

N: αριθμός μελών συμπεριλαμβανομένου και του πακτωμένου μέλους.

j: αριθμός αρθρώσεων.

f_i : αριθμός ελεύθερων κινήσεων της κάθε άρθρωσης.

² Οι αρθρώσεις ολισθήσεως ονομάζονται και μεταφορικές αρθρώσεις.



φ: άρθρωση , ε: ολισθητήρας

Εικόνα 10. Τύποι μηχανισμών με τέσσερα μέλη.

Ο τύπος τους καθορίζεται από τον είδος και τη σειρά των αρθρώσεων. Έτσι με αυτή τη λογική οι μηχανισμοί μπορούν να ταξινομηθούν σαν:

1. μηχανισμούς με τέσσερις αρθρώσεις περιστροφής.
2. μηχανισμούς με τρεις αρθρώσεις περιστροφής και μία (άρθρωση) ολίσθησης.
3. μηχανισμοί με δύο γειτονικές αρθρώσεις περιστροφής και δύο ολισθήσεις.

Χρησιμοποιώντας το κριτήριο του είδους των σχετικών κινήσεων των μελών τους οι μηχανισμοί αυτοί μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Μηχανισμοί πλήρους περιστροφής.
2. Μηχανισμοί με δυνατότητα πλήρους παλινδρόμησης.
3. Μηχανισμοί με θέσεις διακλαδώσεως.

Στους μηχανισμούς πλήρους περιστροφής, ένα τουλάχιστον μέλος μπορεί να εκτελεί πλήρης περιστροφή σχετικά με τα άλλα μέλη. Στους μηχανισμούς με δυνατότητα πλήρους παλινδρόμησης όλα τα μέλη μπορούν να εκτελούν μόνο παλινδρομικές κινήσεις. Στους μηχανισμούς με θέσεις διακλάδωσης, σε μια τουλάχιστον θέση του μηχανισμού και με γνωστή διεύθυνση κίνησης του κινητήριου μέλους, υπάρχουν δύο διαφορετικές μεταξύ τους δυνατότητες όσον αφορά την κατεύθυνση κίνησης των άλλων μελών.

Η πρόταση του Grashof ⁽³⁾ μπορεί να ταξινομήσει τις παραπάνω τρεις κατηγορίες τους μηχανισμούς των τεσσάρων αρθρωτών ράβδων από τις κινηματικές διαστάσεις του μηχανισμού. Έστω:

l_{max} : το μεγαλύτερο μήκος από τα μέλη.

l_{min} : το μικρότερο μήκος από τα μέλη.

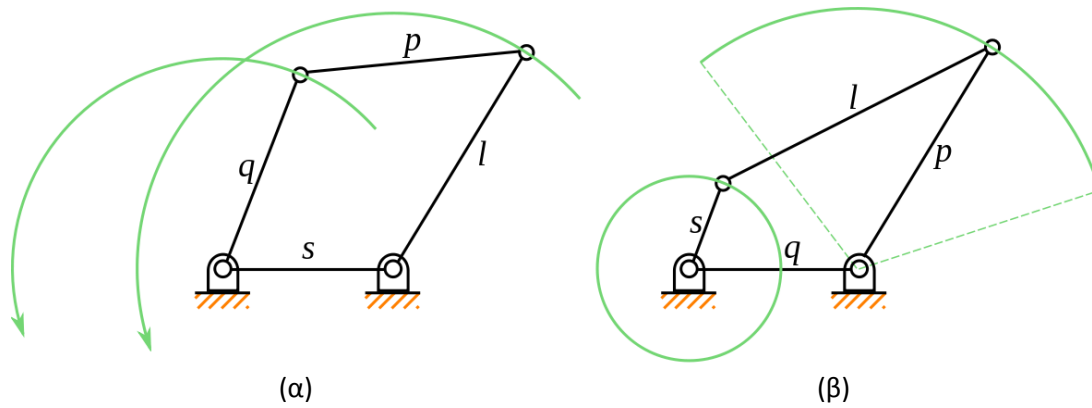
l_{α}, l_{β} : τα μήκη των υπολοίπων μελών τέτοια ώστε $l_{min} \leq l_{\alpha}, l_{\beta} \leq l_{max}$.

Για μηχανισμό με τέσσερις περιστροφικές αρθρώσεις ισχύουν τα εξής:

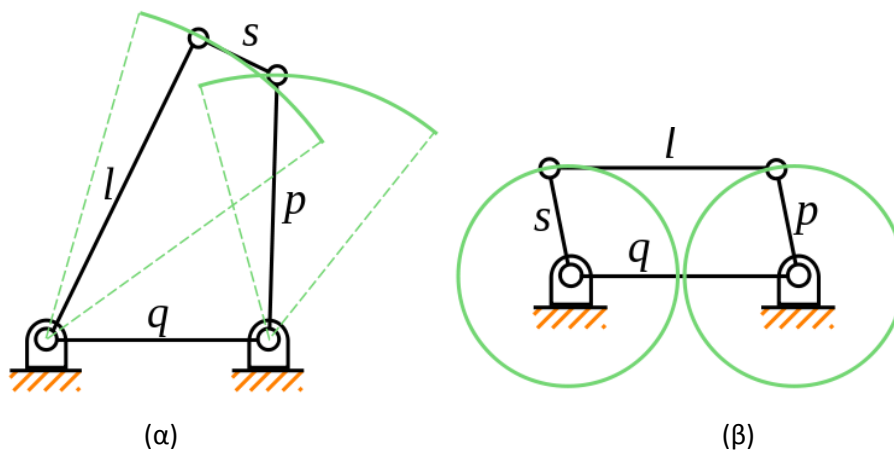
Εάν $l_{max} + l_{min} < l_{\alpha} + l_{\beta}$ τότε ο μηχανισμός είναι πλήρους περιστροφής

Εάν $l_{max} + l_{min} > l_{\alpha} + l_{\beta}$ τότε ο μηχανισμός είναι πλήρους παλινδρόμησης.

Εάν $l_{max} + l_{min} = l_{\alpha} + l_{\beta}$ τότε ο μηχανισμός είναι με διακλαδώσεις.



Εικόνα 11. Μηχανισμοί πλήρους περιστροφής



Εικόνα 12 (α) Μηχανισμός πλήρους παλινδρόμησης (β) Μηχανισμός με διακλαδώσεις.

Για τα μήκη των μελών στην Εικόνα 11 και στην Εικόνα 12 ισχύει ότι $l_{max} = l, l_{min} = s, l_{\alpha} = p, l_{\beta} = q$. Οι μηχανισμοί που φαίνονται στην Εικόνα 11 είναι πλήρους περιστροφής με τη διαφορά ότι δύο μέλη εκτελούν πλήρη περιστροφή στην περίπτωση (α) ενώ στην περίπτωση (β) μόνο ένα. Ο μηχανισμός που φαίνεται στην Εικόνα 12 (α) είναι πλήρους παλινδρόμησης διότι κανένα μέλος δεν μπορεί να εκτελέσει πλήρη περιστροφή. Ο μηχανισμός που φαίνεται στην Εικόνα 12 (β) έχει δύο σημεία διακλάδωσης (0° και 180°). Αν και είναι μηχανισμός πλήρους περιστροφής στα σημεία αυτά η συμπεριφορά του μέλους στο οποίο μεταδίδεται η κίνηση είναι ακαθόριστη.

Για μηχανισμό με τρεις περιστροφικές αρθρώσεις και μία μεταφορική
 Εάν $l_{min} + e < l_{\alpha}$ τότε ο μηχανισμός είναι πλήρους περιστροφής
 Εάν $l_{min} + e > l_{\alpha}$ τότε ο μηχανισμός είναι πλήρους παλινδρόμησης.
 Εάν $l_{min} + e = l_{\alpha}$ τότε ο μηχανισμός είναι με διακλαδώσεις.

Ο μηχανισμοί με δύο γειτονικές αρθρώσεις περιστροφής και δύο ολισθήσεως έχουν δυνατότητα μόνο πλήρους περιστροφής.

Υπολογισμός σχέσης μεταδόσεως.

Για τον υπολογισμό της σχέσης μεταδόσεως θα χρησιμοποιηθούν τα βοηθητικά μεγέθη που φαίνονται στην Εικόνα 13. Υποτίθεται ότι:

- Το μέλος ΑοΒο είναι πακτωμένο.

- Το μέλος AoA είναι αρθρωμένο στον κινητήριο σερβοκινητήρα (ανεξάρτητη μεταβλητή είναι η θ_1).
- Το μέλος BoB είναι αρθρωμένο στην έξοδο η θέση του μπορεί να προσδιοριστεί από την θ_4 .

Ισχύουν τα παρακάτω:

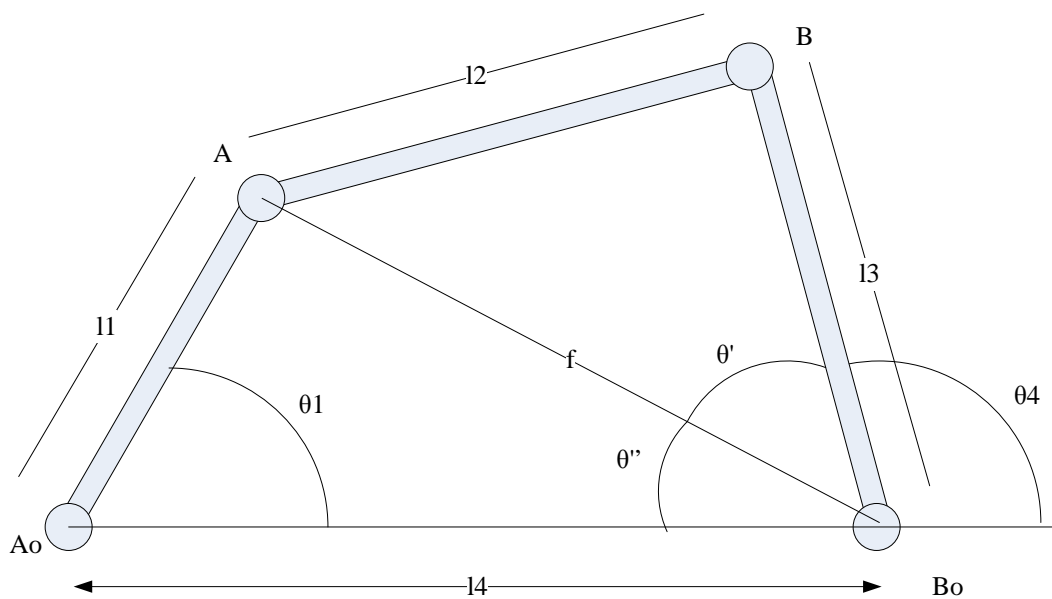
$$\theta_4 = \pi - \theta' - \theta'' \quad (2)$$

$$f = \sqrt{l_1^2 + l_4^2 - 2l_1l_4\cos\theta_1} \quad (3)$$

$$\cos\theta'' = \frac{f^2 - l_1^2 + l_4^2}{2fl_4} \quad (4)$$

$$\sin\theta'' = \frac{l_1\sin\theta_1}{f} \quad (5)$$

$$\cos\theta' = \frac{f^2 - l_2^2 + l_3^2}{2fl_3} \quad (6)$$



Εικόνα 13 Βοηθητικά μεγέθη για τον υπολογισμό της σχέσεως μεταδόσεως.

Από τις σχέσεις (2), (4)-(6) προκύπτει ότι:

$$\theta_4 = \pi - \cos^{-1}\left(\frac{f^2 - l_2^2 + l_3^2}{2fl_3}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{2l_1l_4\sin\theta_1}{f^2 - l_1^2 + l_4^2}\right) \quad (7)$$

Η σχέση (7) θα χρησιμοποιηθεί για την σύγκριση με τα πειραματικά δεδομένα.

3.3 Εργαστηριακή άσκηση μηχανισμών με τέσσερα μέλη με τη χρήση LEGO Mindstorms.

Η εργαστηριακή άσκηση θα υλοποιηθεί σε τέσσερις φάσεις (Πίνακας 1). Στην πρώτη φάση θα γίνει η πρώτη επαφή με το υλικό και το λογισμικό. Ο διδάσκων θα παρουσιάσει απλές συναρμολογήσεις κομματιών και θα υλοποιήσει απλά παραδείγματα στο λογισμικό. Στην δεύτερη φάση οι φοιτητές θα κατασκευάσουν την άσκηση ακολουθώντας τα βήματα όπως αυτά θα προβάλλονται. Η ανάπτυξη του λογισμικού θα γίνει και αυτή τμηματικά. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του πρώτου μηχανισμού θα ακολουθήσει σχολιασμός και συζήτηση. Στη συνέχεια οι φοιτητές θα κατασκευάσουν άλλους δύο μηχανισμούς χωρίς τη βοήθεια οδηγού. Στο τέλος του εργαστηρίου θα γίνει δεκάλεπτη συζήτηση εφ' όλης της ύλης. Στην Εικόνα 14 φαίνεται το πρότυπο της εργαστηριακής άσκησης.

Πίνακας 1 Φάσεις υλοποίησης εργαστηριακής άσκησης.

Φάση	Χρόνος	Μέθοδος	Δραστηριότητα	Μέσο
1. Εισαγωγή	~20 min	παρουσίαση	Παρακολούθηση	Προβολικό
2. Κατασκευή	~80 min	εργαστήριο hands on	Κατασκευή μηχανισμού	Lego nxt
3. Σχολιασμός	~10 min		Συζήτηση	
4. Ανακεφαλαίωση	~10 min	παρουσίαση	Συζήτηση	Προβολικό



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

1^ο Εργαστήριο

Θέμα: Μηχανισμοί με τέσσερις ράβδους.

Σκοπός: Μελέτη μηχανισμών με τέσσερα μέλη.

Υποδομή: Προβολικό, υπολογιστής, lego mindstorms nxt.

Προαπαιτούμενα: Γνώση της θεωρίας περί μηχανισμών με τέσσερα μέλη.

Μέθοδος: Εργαστήριο τριών ομάδων.

Διάρκεια: Δύο ώρες.

Να υλοποιηθούν τα παρακάτω

1. Κατασκευάστε το μηχανισμό που βλέπετε στην παρακάτω φωτογραφία ακολουθώντας τις οδηγίες που προβάλλονται. Πακτώστε το μηχανισμό έτσι ώστε οι δύο σερβοκινητήρες να βρίσκονται στην ίδια ευθεία και να παραχθεί μηχανισμός πλήρους περιστροφής.



2. Υλοποιήστε λογισμικό στο οποίο θα δίνεται ροπή στον κινητήρα που είναι αρθρωμένο το μικρότερο μέλος για 10 sec. Αποθηκεύστε τις τιμές των γωνιών.
3. Προβάλλεται τη σχέση μεταξύ των δύο γωνιών θεωρητικά και πρακτικά.
4. Κατασκευάστε ένα μηχανισμό πλήρους παλινδρόμησης και ένα μηχανισμό με διακλαδώσεις.

Εικόνα 14 Πρότυπο εργαστηριακής άσκησης για τους μηχανισμούς τεσσάρων αρθρωτών ράβδων.

3.4 Υλοποίηση Υλικού εργαστηρίου

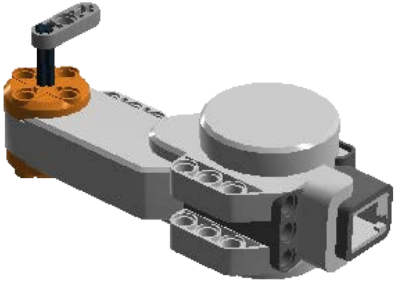
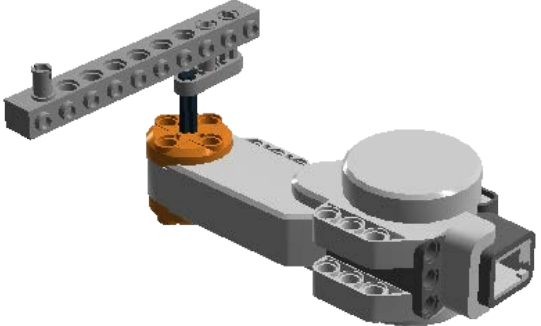
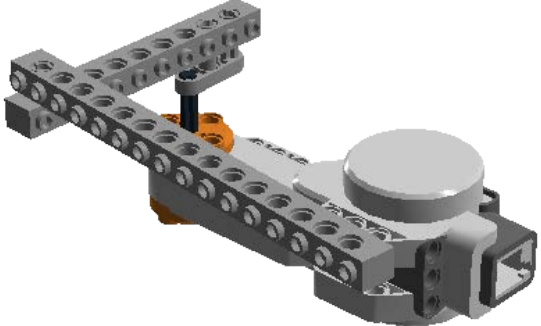
Για την κατασκευή του μηχανισμού απαιτούνται τουλάχιστον τα υλικά που φαίνονται στον Πίνακα 2. Για την ολοκλήρωση της άσκησης απαιτούνται επίσης καλώδια και ένα Brick NXT. Τα κομμάτια είναι πολύ εύκολο να βρεθούν με τη χρήση του Lego Digital Designer με τη χρήση του κωδικού.

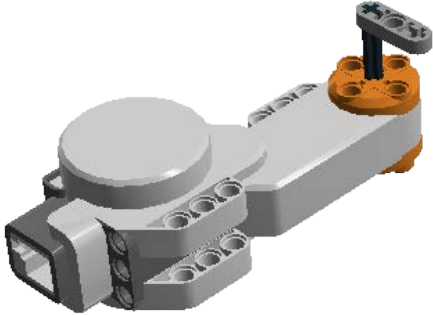
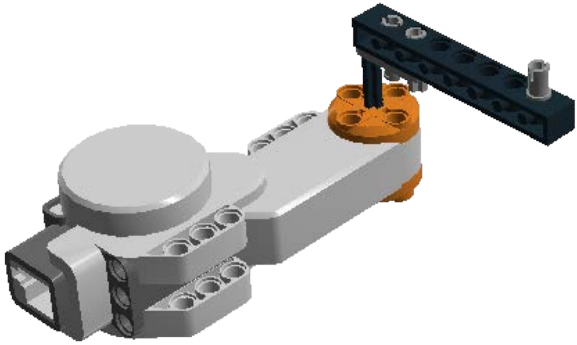
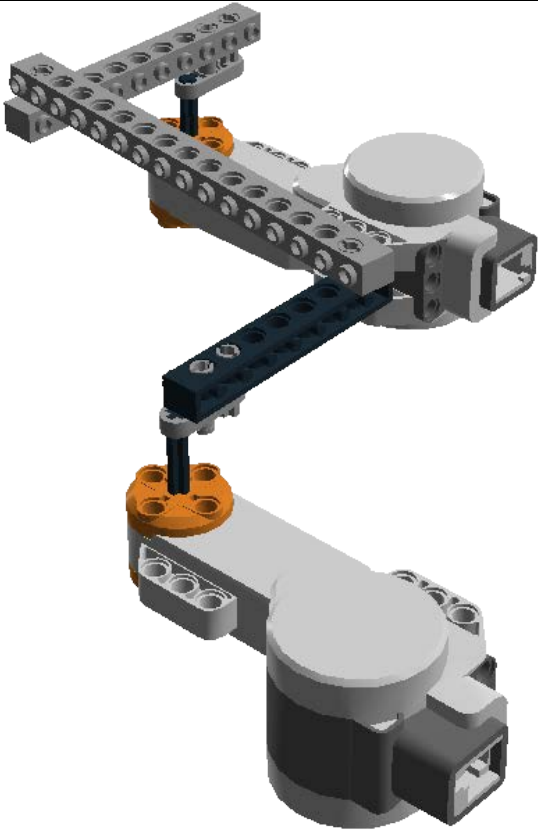
Πίνακας 2. Εξαρτήματα για την υλοποίηση της πρώτης εργαστηριακής άσκησης.

#	Περιγραφή	Κωδικός	Φωτογραφία	Αριθμός
1	Σερβοκινητήρας	53787		2
2	Τούβλο τύπου TECHNIC 1X16 Φ4.9	3703		1
3	Μοχλός τύπου TECHNIC	6632		2
4	Σύνδεσμος τύπου σταυρού-ήλου	6562		2

5	Σύνδεσμος τύπου ήλου.	3673		4
6	Τούβλο τύπου TECHNIC 1X8 Φ4.9	3702		1
7	Τούβλο τύπου TECHNIC 1X10 Φ4.9	2730		1
8	Άξονας σε σχήμα σταυρού	4519		2

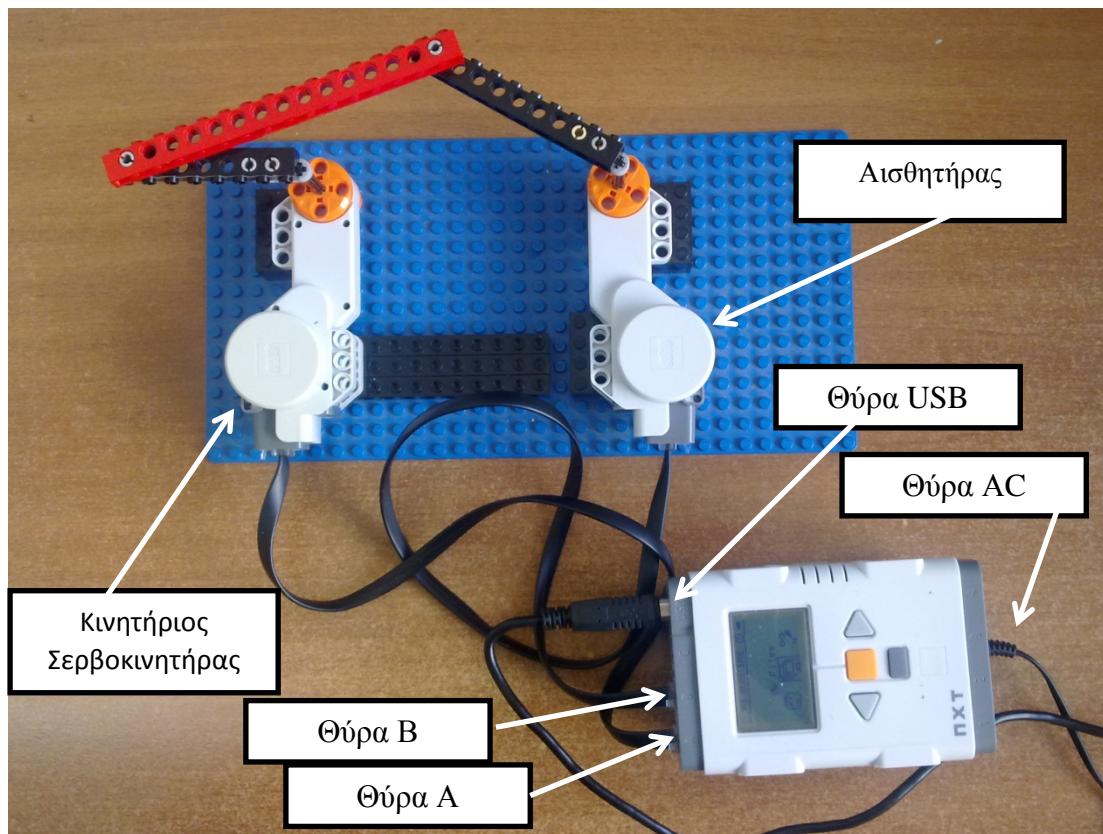
Η συναρμολόγηση επιτυγχάνεται στα παρακάτω βήματα ως εξής:

Βήμα 1 ^ο :	Σύνδεση του αισθητήρα (1) με το εξάρτημα (3) μέσω του εξαρτήματος (8). Προσοχή στον προσανατολισμό του αισθητήρα.	
Βήμα 2 ^ο :	Σύνδεση του εξαρτήματος (7) με το αποτέλεσμα του βήματος 1 μέσω των εξαρτημάτων (5) και (4).	
Βήμα 3 ^ο	Σύνδεση του εξαρτήματος (2) με το αποτέλεσμα του βήματος 2 μέσω του εξαρτήματος (5).	

<p>Βήμα 4^ο</p>	<p>Σύνδεση του κινητήριου σερβοκινητήρα (1) με το εξάρτημα (3) μέσω του εξαρτήματος (8). Προσοχή στον προσανατολισμό του κινητήριου σερβοκινητήρα.</p>	
<p>Βήμα 5^ο</p>	<p>Σύνδεση του εξαρτήματος (6) με το αποτέλεσμα του βήματος 4 μέσω του εξαρτήματος (5).</p>	
<p>Βήμα 6^ο</p>	<p>Σύνδεση του αποτελέσματος των βημάτων (3) και (5) μέσω του εξαρτήματος (5)</p>	

Αφού ολοκληρωθούν τα ανωτέρω βήματα γίνεται η τοποθέτηση και πάκτωση του τελικού αποτελέσματος όπως αυτή φαίνεται Εικόνα 15. Οι άξονες των σερβοκινητήρων απέχουν μεταξύ τους 15 κορυφές. Οι συνδέσεις είναι ως εξής:

- Ο κινητήριος σερβοκινητήρας συνδέεται στην θύρα A του Brick NXT.
- Ο αισθητήρας συνδέεται στην θύρα B του Brick NXT.
- Καλώδιο USB για τη σύνδεση του Brick NXT με τον υπολογιστή.
- Καλώδιο για παροχή ρεύματος.

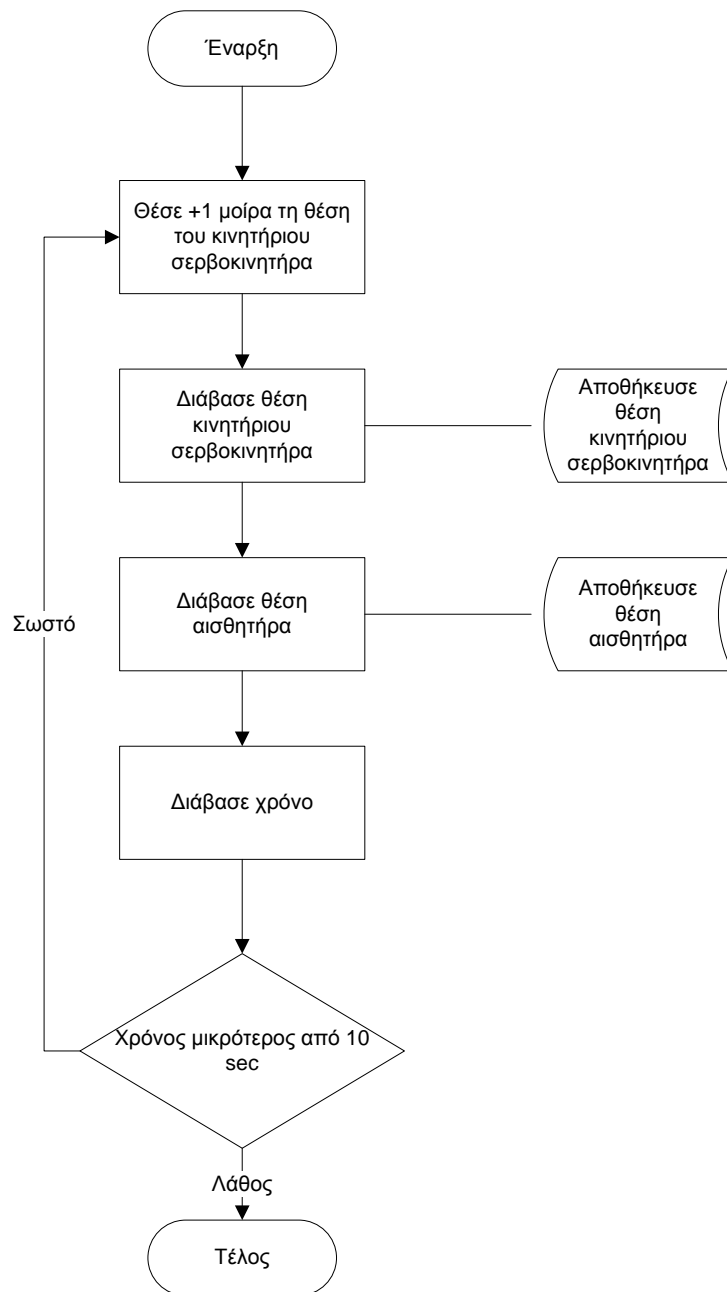


Εικόνα 15 Μηχανισμός με τέσσερα αρθρωτά μέλη πλήρους περιστροφής.

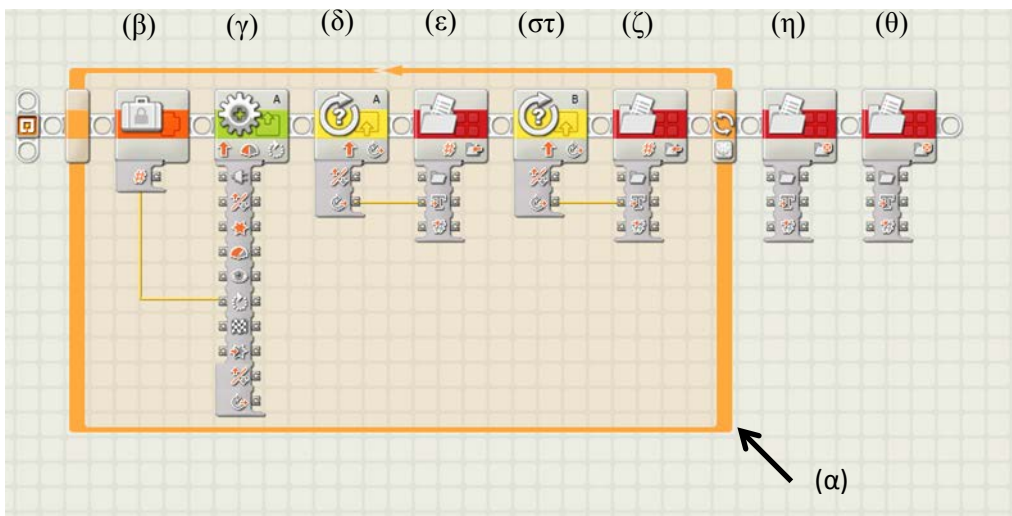
3.5 Υλοποίηση λογισμικού εργαστηρίου

Για τη λειτουργία του μηχανισμού ακολουθείται ο νόμος ελέγχου που φαίνεται στην Εικόνα 16. Σε κάθε κύκλο λειτουργίας του μηχανισμού ο νόμος ελέγχου αυξάνει κατά 1° μοίρα τη θέση αναφοράς του κινητήριου σερβοκινητήρα. Ο σερβοκινητήρας εκτελεί ένα εσωτερικό σχήμα ελέγχου, αδιάφορο προς τον χρήστη, με σκοπό να αλλάξει την κατάστασή του ώστε να βρεθεί στη θέση αναφοράς. Συγχρόνως οι δύο σερβοκινητήρες επιστρέφουν τη θέση τους στο Brick NXT οι οποίες αποθηκεύονται σε δύο ξεχωριστά αρχεία. Χρησιμοποιώντας το εσωτερικό ρολόι του Brick NXT αποφασίζεται ο τερματισμός της διαδικασίας.

Λόγω κατασκευαστικών αστοχιών η εκτέλεση αυτή μπορεί να γίνει προβληματική (να «κολλήσει» ο κινητήριος σερβοκινητήρας γιατί δεν έχει αρκετή ροπή). Το πρόβλημα αυτό δεν είναι σημαντικό γιατί αυτό που ενδιαφέρει είναι η σχετική θέση μεταξύ των μελών η οποία παραμένει πάντα σταθερή.

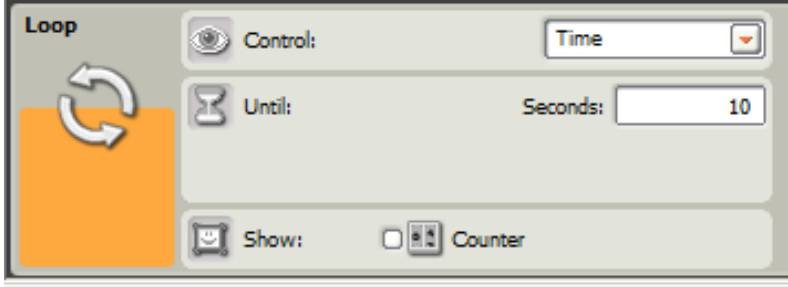
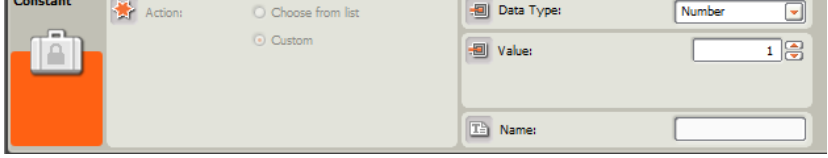


Εικόνα 16 Πίνακας ροής εργαστηριακής άσκησης.




Εικόνα 17 Υλοποίηση πίνακα ροής στο Lego Mindstorms Education NXT

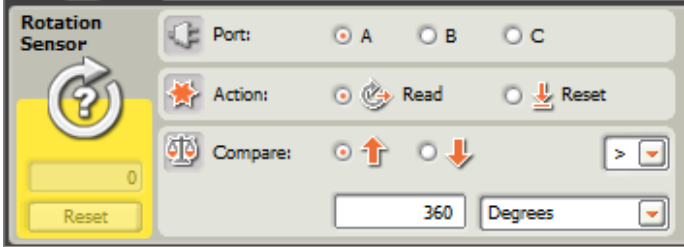
Η υλοποίηση του λογισμικού πραγματοποιήθηκε στο Lego Mindstorms Education NXT όπως φαίνεται στην Εικόνα 17. Χρησιμοποιήθηκαν εννιά (9) μπλοκ από τα οποία το πρώτο [(α)] εκτελεί τη δομή επανάληψης, μέσα στο οποίο εκτελούνται τα επόμενα έξι [(β)-(ζ)]. Τέλος εκτός δομής επανάληψης εκτελούνται άλλα δύο μπλοκ [(η), (θ)] για το κλείσιμο των αρχείων συλλογής δεδομένων ώστε να επιτραπεί η προσπέλασή τους από το χρήστη. Οι ρυθμίσεις των εννέα μπλοκ που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίησή του φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

<p>(α)</p> <p>Δομή Επανάληψης (Loop)</p>	
<p>Το συγκεκριμένο μπλοκ εκτελεί τη δομή επανάληψης έως ότου ικανοποιηθεί η συνθήκη τερματισμού.</p> <p>Στον έλεγχο (Control) επιλέγεται ο χρόνος (Time) ώστε να ενεργοποιηθεί η συνθήκη με την οποία θα τερματιστεί η εκτέλεση του προγράμματος. Επιλέγονται 10 secs.</p>	
<p>(β)</p> <p>Μπλοκ σταθεράς (Constant)</p>	
<p>Το μπλοκ αυτό είναι υπεύθυνο για τη μεταβολή της τιμής αναφοράς στον κινητήριο σερβοκινητήρα. Επιλέγεται ο τύπος δεδομένων (Data Type) να είναι αριθμός (Number) και η</p>	

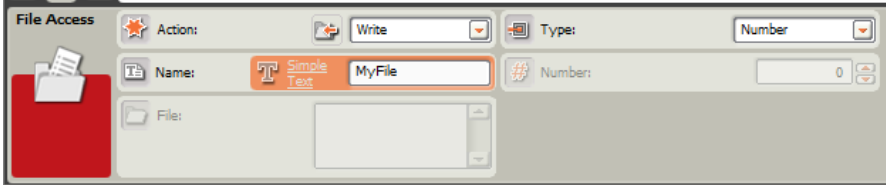
τιμή (Value) να είναι ίση με 1.

(γ)	
Μπλοκ κίνησης (Motor)	

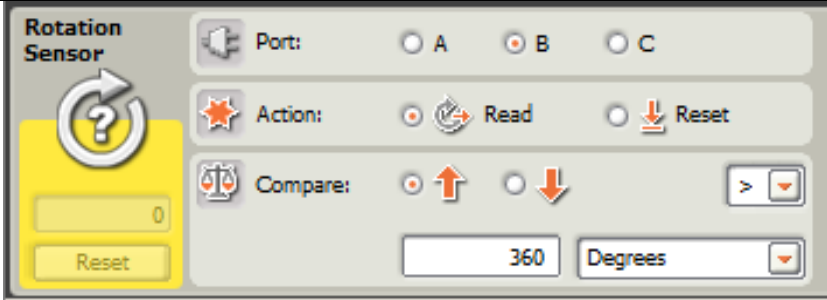
Το μπλοκ αυτό είναι υπεύθυνο για την παραμετροποίηση του σερβοκινητήρα. Επιλέγεται η θύρα (Port) "Α". Η ρύθμιση της ισχύος (Power) θα πρέπει να καθοριστεί ανάλογα με τις συναρμογές των αρθρώσεων. Εάν η συναρμογή είναι αρκετά σφικτή απαιτείται πιο πολύ ισχύς, ενώ εάν η συναρμογή είναι χαλαρή πιο λίγη (η τιμή καθορίστηκε με δοκιμή και λάθος στο 55). Όσον αφορά τη διάρκεια (Duration) καθορίζεται να είναι σε μοίρες (degrees) με τιμή 0 μιας και θα αποδίδεται από το μπλοκ (β). Επίσης στο πεδίο της επόμενης ενέργειας (Next Action) επιλέγεται επιβράδυνση (Coast) ώστε η κίνηση να είναι πιο ομαλή.

(δ)	
Μπλοκ περιστροφής (Rotation Sensor)	

Αυτό το μπλοκ διαβάζει τη θύρα "Α" όπου είναι συνδεδεμένος ο κινητήριος σερβοκινητήρας.

(ε)	
Μπλοκ προσπέλασης αρχείου (File Access)	

Με αυτό το μπλοκ μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα σε προκαθορισμένο αρχείο, το οποίο βρίσκεται στο Brick NXT. Η ενέργεια (Action) που επιλέγεται είναι η εγγραφή (Write) με τύπο (Type) δεδομένων αριθμητικό (Number) στο αρχείο με όνομα (Name) "MyFile". Θα αποθηκευτούν οι μετρήσεις του μπλοκ (δ).

(στ)	
Μπλοκ περιστροφής (Rotation Sensor)	

Αυτό το μπλοκ διαβάζει τη θύρα "Β" όπου είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας.

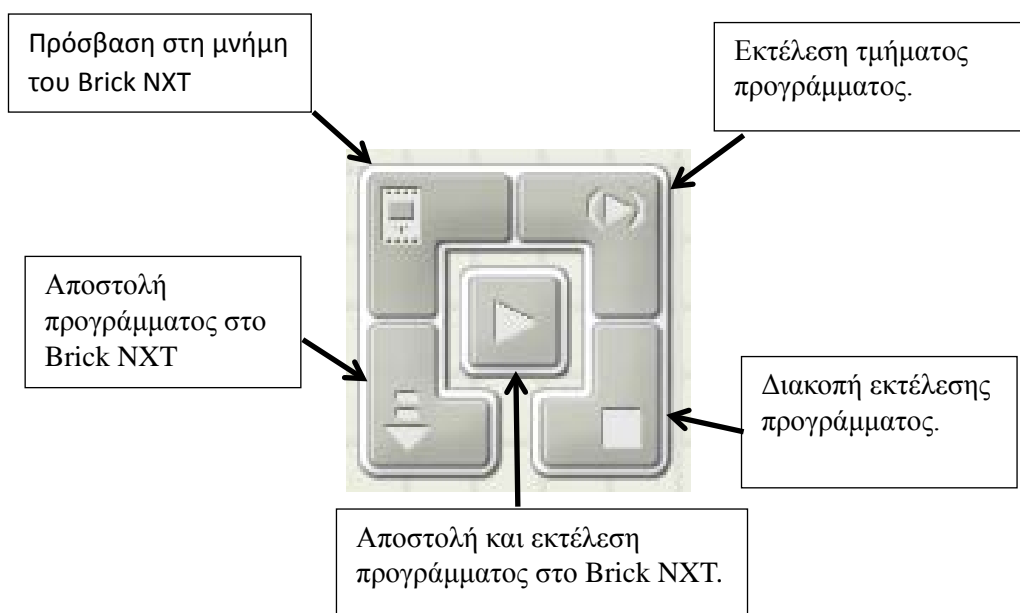
<p>(ζ)</p> <p>Μπλοκ προσπέλασης αρχείου (File Access)</p>	
<p>Με αυτό το μπλοκ μπορούν να αποθηκευτούν οι μετρήσεις του μπλοκ (στ). Έχει τις ίδιες ρυθμίσεις με το μπλοκ (ε) με τη μόνη διαφορά ότι το όνομα του αρχείου που αποθηκεύονται τα δεδομένα έχει όνομα "MyFile1".</p>	
<p>(η)</p> <p>Μπλοκ προσπέλασης αρχείου (File Access)</p>	
<p>Επιλέγεται η ενέργεια κλείσιμο (Close) για το αρχείο με όνομα (Name) "MyFile".</p>	
<p>(θ)</p> <p>Μπλοκ προσπέλασης αρχείου (File Access)</p>	
<p>Επιλέγεται η ενέργεια κλείσιμο (Close) για το αρχείο με όνομα (Name) "MyFile1".</p>	

Εκτέλεση προγράμματος.

Για να εκτελεστεί σωστά το πρόγραμμα θα πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

1. Αποστολή του προγράμματος στο Brick NXT.
2. Αρχικοποίηση των αρχείων αποθήκευσης.
3. Αρχικοποίηση σερβοκινητήρων.
4. Εκτέλεση του προγράμματος
5. Αποθήκευση των δεδομένων στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή.

Οι ενέργειες αυτές εκτελούνται με την βοήθεια του «Ελεγκτή» που βρίσκεται στο κάτω δεξιά μέρος του παραθύρου Lego Mindstorms Education NXT και έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 18. Η αποστολή του προγράμματος πραγματοποιείται με την πάτημα του κάτω αριστερά κουμπιού (Εικόνα 18).



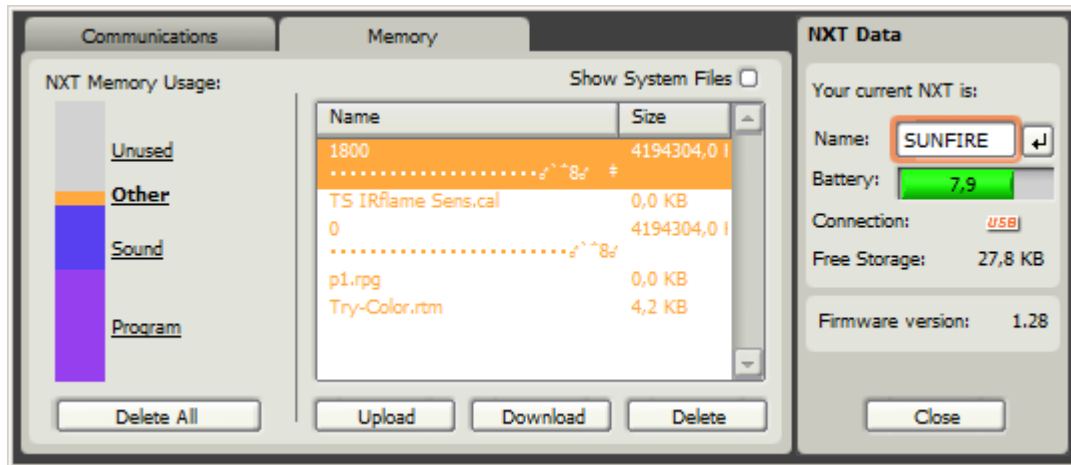
Εικόνα 18. Ελεγκτής

Ο αισθητήρας των σερβοκινητήρων δεν κωδικοποιεί απόλυτα την πληροφορία (και οι δύο μετρήσει ξεκινούν από το μηδέν). Για να μετρηθεί σωστά η γωνία θα πρέπει να αρχικοποιηθούν με την παρακάτω διαδικασία:

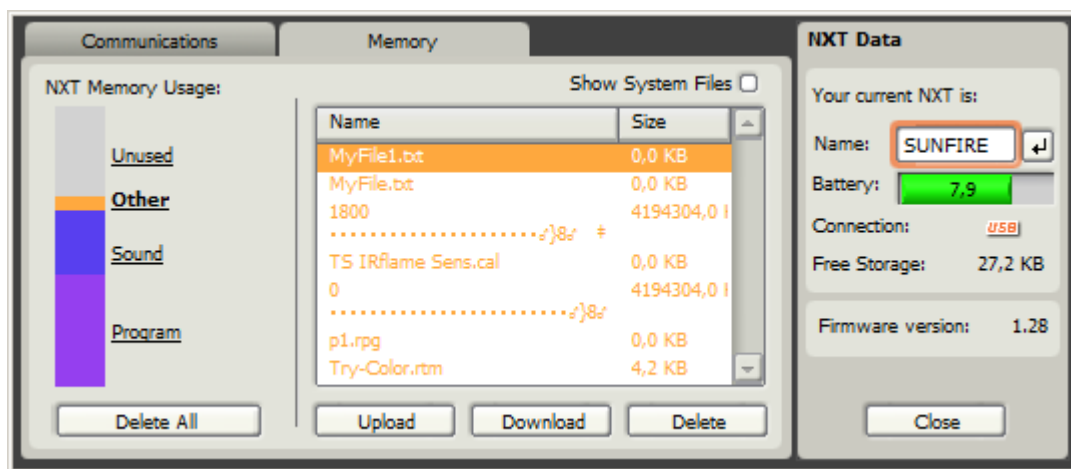
- Τοποθετείται το μέλος που είναι πακτωμένο στον κινητήριο σερβοκινητήρα σε οριζόντια θέση.
- Μέτρηση της θέσης του σερβοκινητήρα που είναι πακτωμένο το μέλος εξόδου μέσω του μπλοκ (στ).
- Τοποθετείται το μέλος εξόδου σε οριζόντια θέση.
- Δεύτερη μέτρηση της θέσης του σερβοκινητήρα που είναι πακτωμένο το μέλος εξόδου μέσω του μπλοκ (στ).
- Αφαίρεση των δύο μετρήσεων. (Στην Εικόνα 15 η διαφορά αυτή είναι 54°).

Για την αρχικοποίηση των αρχείων αποθήκευσης θα πρέπει να γίνει έλεγχος εάν τα αρχεία είναι ήδη δημιουργημένα στη μνήμη του Brick NXT αποκτώντας πρόσβαση στη μνήμη του Brick NXT πατώντας το πάνω αριστερά κουμπί (Εικόνα 18). Τα αρχεία δεδομένων βρίσκονται στην ετικέτα μνήμη (“Memory”) στην θέση άλλο (“Other”) όπως φαίνεται στην Εικόνα 19. Εάν τα αρχεία υπάρχουν, όπως φαίνεται στην Εικόνα 19 (β), θα πρέπει να διαγραφούν. Εάν δεν υπάρχουν τότε θα πρέπει να δημιουργηθούν με την τμηματική εκτέλεση του προγράμματος. Αυτό πραγματοποιείται με την επιλογή του μπλοκ (ε) και το πάτημα του πάνω δεξιά κουμπιού που φαίνεται στην Εικόνα 18, και επανάληψη της διαδικασίας για το μπλοκ (ζ). Θα δημιουργηθούν δύο αρχεία με μηδενικό μέγεθος όπως φαίνεται στην Εικόνα 19 (β).

Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης του προγράμματος, η οποία ξεκινά πατώντας το κεντρικό κουμπί στην εικόνα Εικόνα 18, με την επιλογή μεταφόρτωση (Upload) που φαίνεται στην Εικόνα 19 δύναται να αποθηκευτούν τα δεδομένα στο σκληρό δίσκο του υπολογιστή.



(α)



(β)

Εικόνα 19. Περιβάλλον πρόσβασης της μνήμης του Brick NXT. (α) Πριν τη δημιουργία των αρχείων δεδομένων (β) Μετά τη δημιουργία των αρχείων δεδομένων.

3.6 Επεξεργασία δεδομένων.

Στην ενότητα αυτή θα πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων και των θεωρητικών δεδομένων.

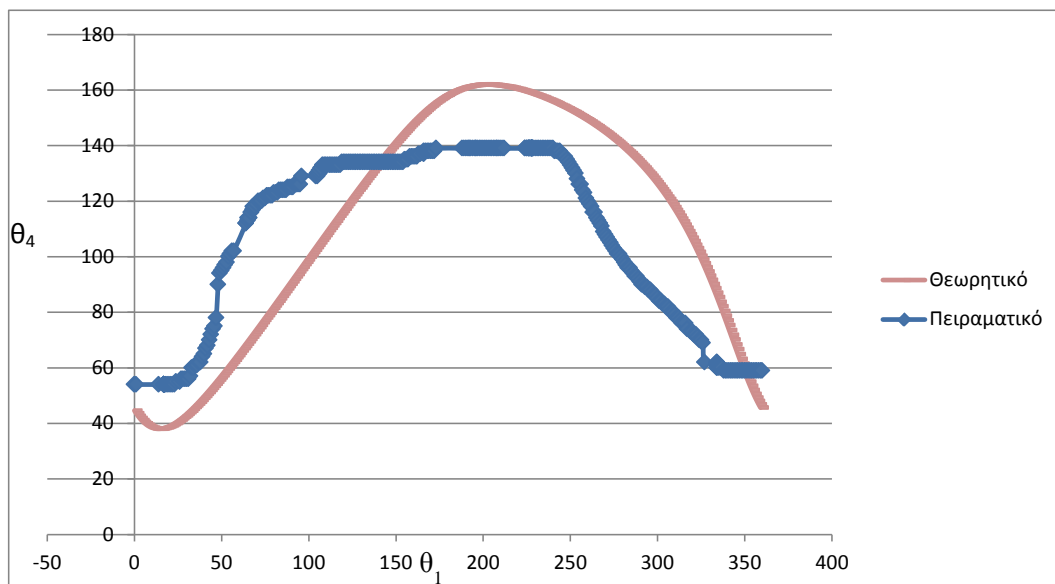
Όσον αφορά τα πειραματικά δεδομένα, στις τιμές της γωνίας θ_4 προστέθηκε η τιμή των 54° όπως αυτή βρέθηκε στην αρχικοποίηση που πραγματοποιήθηκε πριν την εκτέλεση του πειράματος (Πίνακας 3). Όσον αφορά τα θεωρητικά δεδομένα μετρήθηκαν οι διαστάσεις του μηχανισμού ($l_1 = 5.7cm, l_2 = 11.2cm, l_3 = 6.5cm$ και $l_4 = 11.3cm$) και βρέθηκε η γωνία θ_4 με επαναληπτική χρήση της σχέσης (7) για $\theta_1 = 0^\circ - 360^\circ$ με βήμα 1° .

Τα πειραματικά και θεωρητικά δεδομένα προβάλλονται στην Εικόνα 20. Παρατηρείται ότι οι μορφές των δύο καμπυλών είναι περίπου όμοιες. Όποιες διαφορές παρουσιάζονται οφείλονται κυρίως στον «τζόγο» που υπάρχει στην κατασκευή.

Πίνακας 3 Τμήμα από τα πειραματικά δεδομένα

θ_1	θ_4 (Από αρχείο)	θ_4 (Μετα την επεξεργασία)
...		

34	6	60
35	7	61
36	7	61
37	8	62
38	8	62
39	10	64
40	11	65
41	13	67
42	14	68
43	16	70
44	18	72
45	20	74
46	21	75
47	24	78
...		



Εικόνα 20 Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων.

4 Μηχανισμοί με οδοντωτούς τροχούς

4.1 Σκοπός

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η μελέτη μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς. Θα διερευνηθούν οι σχέσεις μετάδοσης σε ζεύγη οδοντωτών τροχών με εξωτερική οδόντωση σε κιβώτια με περισσότερες από μία βαθμίδες. Επίσης, θα παρθούν μετρήσεις από τους αισθητήρες και θα διαπιστωθεί κατά πόσο η πραγματική κατασκευή ανταποκρίνεται στο μαθηματικό μοντέλο όπως αυτό θα παρουσιαστεί στη θεωρία.

4.2 Εισαγωγή στους μηχανισμούς με οδοντωτούς τροχούς.

Οι μηχανισμοί με οδοντωτούς τροχούς χρησιμοποιούνται ευρέως για τη μετάδοση κίνησης και ισχύος από άξονα σε άξονα. Ένας οδοντωτός τροχός (γρανάζι) είναι ένα περιστρεφόμενο στοιχείο μηχανών που έχει κατάλληλα διαμορφωμένα δόντια και εμπλέκεται με άλλο οδοντωτό τροχό με σκοπό τη μετάδοση της κίνησης.

Οι οδοντωτοί τροχοί χωρίζονται στα παρακάτω είδη:

- Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί
 - Με ευθεία οδόντωση (Εικόνα 21α)
 - Με ελικοειδή οδόντωση (Εικόνα 21β)
 - Με τοξοειδή οδόντωση (Εικόνα 21γ)
- Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί
 - Με ευθεία οδόντωση (Εικόνα 21δ)
 - Με ελικοειδή οδόντωση
 - Με τοξοειδή οδόντωση (και υποειδής).
- Ατέρμονας κοιλίας, οδοντωτός τροχός. (Εικόνα 21ε)



(α)



(β)



(γ)



(δ)

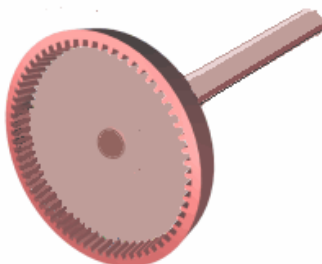


(ε)

Εικόνα 21 Είδη οδοντωτών τροχών

Τα διάφορα είδη των οδοντωτών τροχών επιτρέπουν τη μετάδοση της κίνησης σε άξονες οι οποίοι μπορεί να είναι παράλληλοι να τέμνονται ή και να είναι ασύμβατοι.

Επίσης, η οδόντωση μπορεί να είναι εξωτερική είτε εσωτερική όπως φαίνεται στην Εικόνα 22.

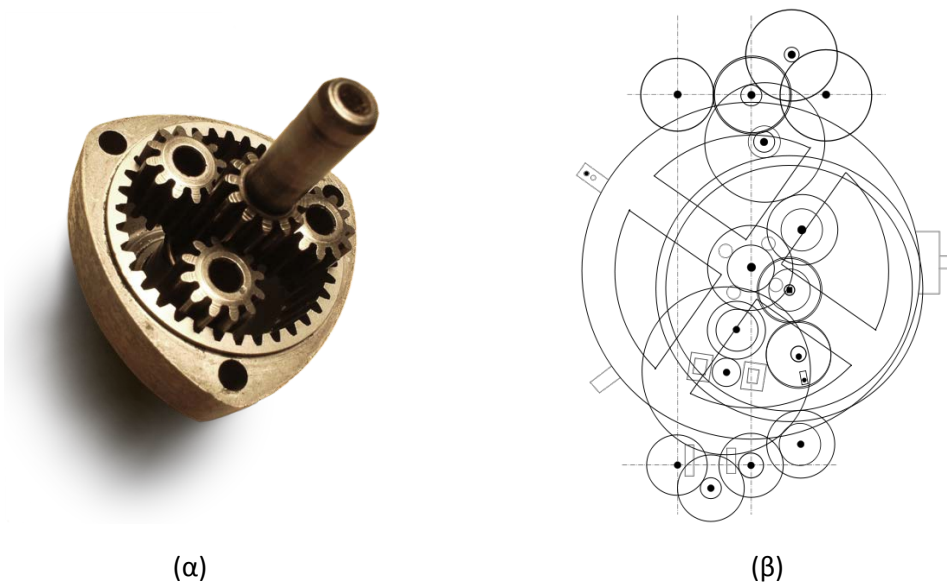


Εικόνα 22 Οδοντωτός τροχός με εσωτερική οδόντωση.

Ανάλογα με τον τύπο του κιβωτίου (ως κιβώτιο ορίζεται το μέλος του μηχανισμού στο οποίο εδράζονται όλοι οι άξονες που φέρουν τους οδοντωτούς τροχούς) διακρίνονται δύο τύποι μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς:

- Μηχανισμοί με πακτωμένο (ακίνητο) κιβώτιο, όπως φαίνονται στην Εικόνα 21(δ) και (ε).
- Μηχανισμοί με περιστροφικά κινούμενο κιβώτιο (πλανητικοί μηχανισμοί), όπως φαίνονται στην Εικόνα 23. Στην Εικόνα 23(β) φαίνεται ο μηχανισμός των Αντικυθήρων, ο αρχαιότερος μέχρι τώρα γνωστός μηχανισμός με τέτοια πολυπλοκότητα.

Οι μηχανισμοί ακίνητου κιβωτίου μπορούν να έχουν μία ή περισσότερες βαθμίδες, οι οποίες ορίζονται από τον αριθμό των ζευγών οδοντωτών τροχών. Όταν υπάρχουν περισσότερες από μία βαθμίδες τότε κάθε ενδιάμεση βαθμίδα, αποτελεί την κινητήρια (είσοδος) της επόμενης και την κινούμενη (έξοδος) της προηγούμενης. Οι μηχανισμοί αυτού του τύπου έχουν βαθμό ελευθερίας ίσο με τη μονάδα.



Εικόνα 23 Πλανητικοί μηχανισμοί

Οι πλανητικοί μηχανισμοί έχουν άξονες περιστροφής ομοκεντρικά διατεταγμένους με τον άξονα περιστροφής του κιβωτίου. Σ' αυτούς τους μηχανισμούς υπάρχουν οδοντωτοί τροχοί όπου τα κέντρα τους εκτελούν περιστροφικές τροχιές γύρω ως προς την άρθρωση του κιβωτίου με το πλαίσιο.

Αναλυτικός υπολογισμός σχέσης μετάδοσης σε μηχανισμούς με πακτωμένο κιβώτιο.

Υποθέτοντας ότι ένας μηχανισμός έχει κινητήριο άξονα (2) και κινούμενο (3) τότε η σχέση μετάδοσης ως προς το κιβώτιο το οποίο ταυτίζεται με το πλαίσιο (0) χαρακτηρίζεται από τις γωνιακές των αξόνων και είναι:

$$i_{30/20} = \frac{\omega_{30}}{\omega_{20}} \quad (8)$$

Η σχέση αυτή μπορεί να οριστεί και από τις ακτίνες ή των αριθμό οδόντων των τροχών:

$$i_{30/20} = \pm \frac{r_2}{r_3} = \pm \frac{z_2}{z_3} \quad (9)$$

Όπου το + αναφέρεται σε εμπλοκή εξωτερικής-εσωτερικής οδόντωσης ενώ το – σε εμπλοκή εξωτερικής-εξωτερικής οδόντωσης.

Στην περίπτωση πολλαπλών βαθμίδων τότε η συνολική σχέση μετάδοσης είναι το γινόμενο των επιμέρους:

$$i_{40/20} = i_{30/20} \cdot i_{40/30} \quad (10)$$

Εάν θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχουν τριβές τότε η ισχύς στον κινητήριο άξονα ισούται με την ισχύ στον κινούμενο άξονα και η παρακάτω σχέση ισχύει για τις ροπές:

$$i_{30/20} = \frac{\omega_{30}}{\omega_{20}} = \frac{T_{20}}{T_{30}} \quad (11)$$

Αναλυτικός υπολογισμός σχέσης μετάδοσης σε πλανητικούς μηχανισμούς.

Υποθέτοντας ότι ένας μηχανισμός έχει ενδιάμεσους τροχούς (2) και (3) τότε η σχέση μετάδοσης ως προς το κιβώτιο (1) είναι:

$$i_{31/21} = \frac{\omega_{31}}{\omega_{21}} \quad (12)$$

Για τις απόλυτες, ως προς το πλαίσιο (0), γωνιακές ταχύτητες των τροχών (2) και (3) ισχύει:

$$\omega_{20} = \omega_{10} + \omega_{21} \quad (13)$$

$$\omega_{30} = \omega_{10} + \omega_{31} \quad (14)$$

Από τις σχέσεις (12)-(14) προκύπτει η βασική εξίσωση WILLIS:

$$\omega_{30} = i_{31/21} \cdot \omega_{20} + (1 - i_{31/21}) \cdot \omega_{10} \quad (15)$$

Όσον αφορά τις ροπές θα πρέπει το άθροισμα των ροπών στους άξονες να ισούται με το μηδέν. Οπότε προκύπτει:

$$\frac{T_1}{T_3} = i_{31/21} - 1 \quad (16)$$

$$\frac{T_2}{T_3} = i_{31/21} \quad (17)$$

4.3 Εργαστηριακή άσκηση μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς με τη χρήση LEGO Mindstorms.

Η εργαστηριακή άσκηση θα υλοποιηθεί στις ίδιες φάσεις όπως η εργαστηριακή άσκηση 1. Στην Εικόνα 14 φαίνεται το πρότυπο της εργαστηριακής άσκησης.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

2^ο Εργαστήριο

Θέμα: Μηχανισμοί με οδοντωτούς τροχούς.

Σκοπός: Μελέτη μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς.

Υποδομή: Προβολικό, υπολογιστής, lego mindstorms nxt.

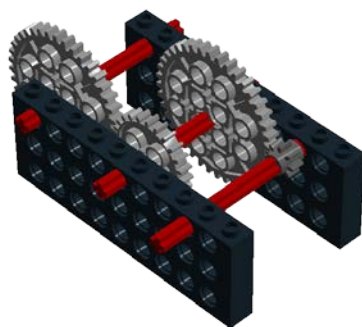
Προαπαιτούμενα: Γνώση της θεωρίας περί μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς.

Μέθοδος: Εργαστήριο τριών ομάδων.

Διάρκεια: Δύο ώρες.

Να υλοποιηθούν τα παρακάτω

1. Κατασκευάστε το μηχανισμό δύο βαθμίδων που φαίνεται παρακάτω.





2. Υλοποιήστε λογισμικό στο οποίο θα δίνεται ροπή σε έναν άξονα και θα μετράτε την γωνία περιστροφής σε άλλο άξονα για 10 sec. Αποθηκεύστε τις τιμές των γωνιών. Επαναλάβεται για όλους τους συνδυασμούς αξόνων.
3. Προβάλλεται τη σχέση μεταξύ των δύο γωνιών θεωρητικά και πρακτικά. Βρείτε τις σχέσεις μετάδοσης
4. Κατασκευάστε ένα μίξερ με πλανητικό μηχανισμό. (Ελεύθερη κατασκευή)





Εικόνα 24 Πρότυπο εργαστηριακής άσκησης για τους μηχανισμούς με οδοντωτούς τροχούς.

4.4 Υλοποίηση Υλικού εργαστηρίου

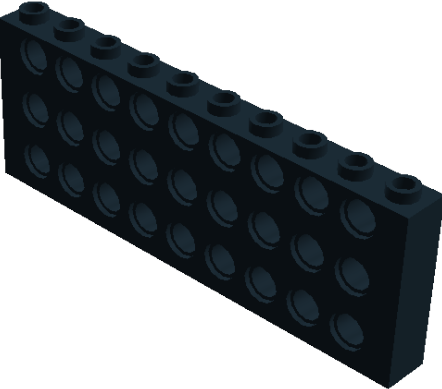
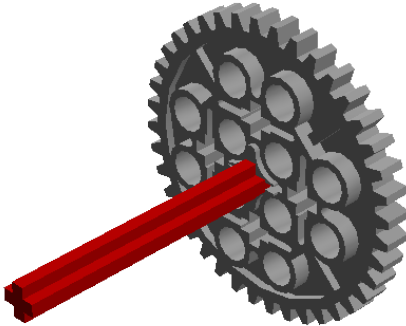
Για την κατασκευή του μηχανισμού απαιτούνται τουλάχιστον τα υλικά που φαίνονται στον Πίνακα 2. Για την ολοκλήρωση της άσκησης απαιτούνται επίσης καλώδια και ένα Brick NXT.

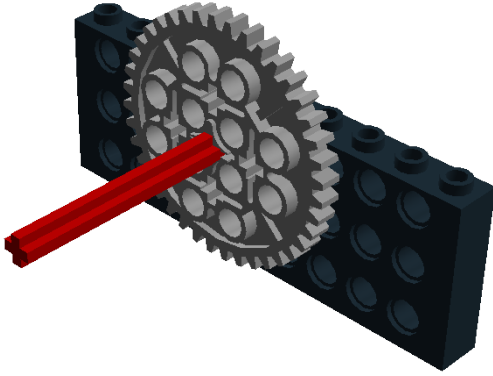
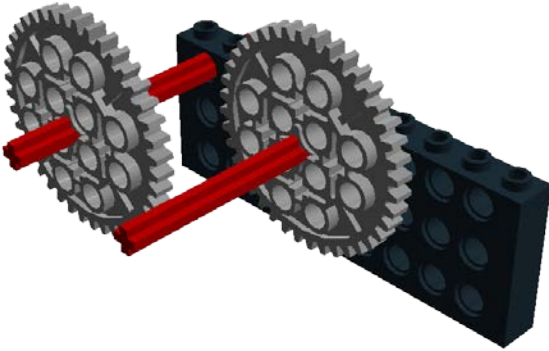
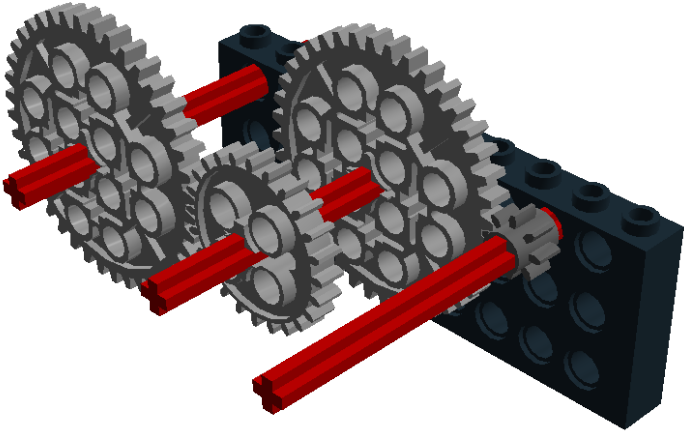

Πίνακας 4. Εξαρτήματα για την υλοποίηση της δεύτερης εργαστηριακής άσκησης.

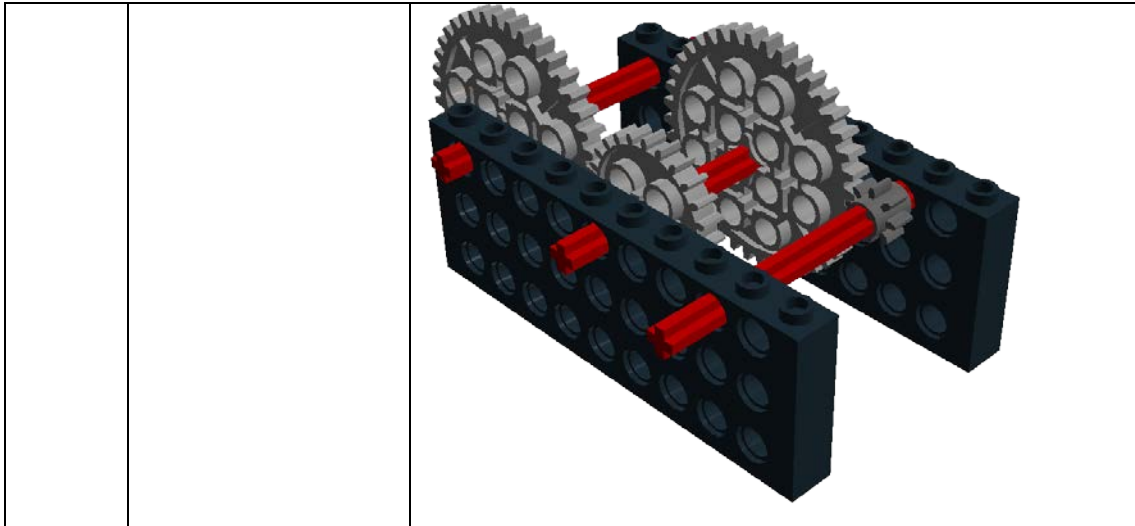
#	Περιγραφή	Κωδικός	Φωτογραφία	Αριθμός
1	Σερβοκινητήρας	53787		2
2	Τούβλο τύπου TECHNIC 1X10 Φ4.9	273026		6

3	Άξονας τύπου σταυρού	4267859		3
3	Οδοντωτός τροχός T=8, M=1	4514559		1
4	Οδοντωτός τροχός Z24	4211565		1
5	Οδοντωτός τροχός 40T	4211433		2

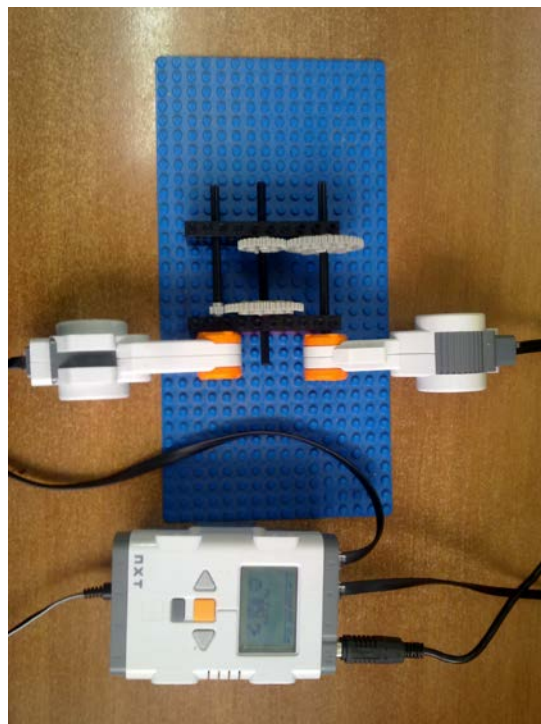
Η συναρμολόγηση επιτυγχάνεται στα παρακάτω βήματα ως εξής:

Βήμα 1°:	Σύνδεση τριών εξαρτημάτων (2), ώστε να δημιουργηθεί το πλαίσιο που θα στηριχθούν οι άξονες. Το βήμα επαναλαμβάνεται για τα υπόλοιπα (3).	
Βήμα 2°:	Σύνδεση του εξαρτήματος (3) με το εξάρτημα (5). Το βήμα αυτό επαναλαμβάνεται.	

<p>Βήμα 3^ο</p>	<p>Σύνδεση ενός εκ των αποτελεσμάτων των βημάτων (1) και (2) στην 5^η οπή της πάνω σειράς.</p>	
<p>Βήμα 4^ο</p>	<p>Σύνδεση με την αντίστροφη φορά του δεύτερου αποτελέσματος του βήματος (2) στην 9^η οπή της πάνω σειράς του αποτελέσματος του βήματος (3)</p>	
<p>Βήμα 5^ο</p>	<p>Σύνδεση του εξαρτήματος (4) με το αποτέλεσμα του βήματος 4 στον άξονα που εδράζεται στην 5^η οπή και να έρθει σε εμπλοκή με τον οδοντωτό τροχό του άξονα που εδράζεται στην ένατη οπή. Σύνδεση του εξαρτήματος (3) με το αποτέλεσμα του βήματος (4) μέσω του εξαρτήματος (3) στην 3^η οπή (οι οδοντωτοί τροχοί να έρθουν σε εμπλοκή).</p>	
<p>Βήμα 6^ο</p>	<p>Σύνδεση των αποτελεσμάτων των βημάτων (1) και (5).</p>	

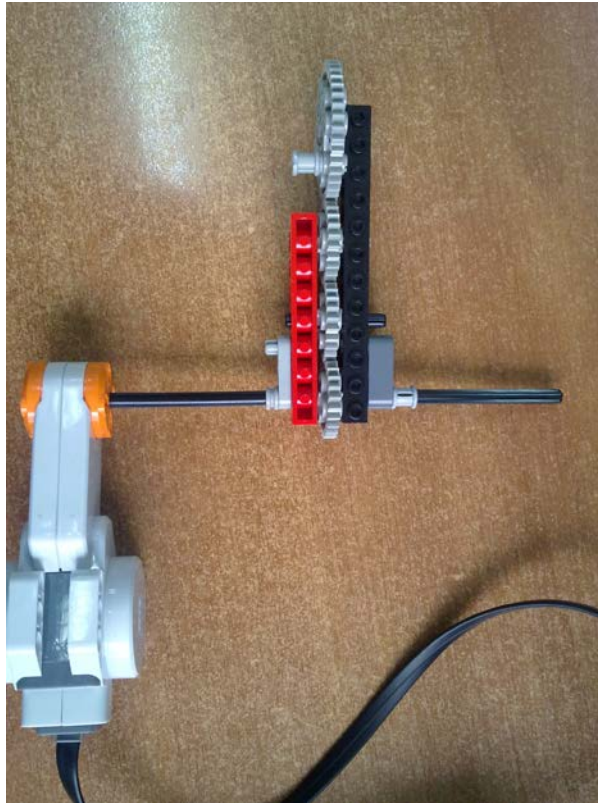


Αφού ολοκληρωθούν τα ανωτέρω βήματα γίνεται η τοποθέτηση και πάκτωση του τελικού αποτελέσματος όπως αυτή φαίνεται στην Εικόνα 25. Οι σερβοκινητήρες θα πρέπει να βρίσκονται από την ίδια πλευρά και με την ίδια φορά. Οι συνδέσεις είναι ακριβώς οι ίδιες όπως στην εργαστηριακή άσκηση 1.



Εικόνα 25 Εργαστηριακή άσκηση με οδοντωτούς τροχούς

Όσον αφορά το 4^ο τμήμα της άσκησης ο μηχανισμός μπορεί να έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 26.



Εικόνα 26 Προσομοιωτής μίξερ με πλανητικό μηχανισμό

4.5 Λογισμικό και εκτέλεση προγράμματος

Το λογισμικό είναι το ίδιο με την εργαστηριακή άσκηση 1, όπως και η εκτέλεση του προγράμματος. Εδώ δεν απαιτείται αρχικοποίηση των σερβοκινητήρων μιας και δεν παίζει ρόλο η αρχική θέση του οδοντωτού τροχού. Το πρόγραμμα εκτελείται τρεις φορές ανάλογα με το ποιος άξονας είναι κινητήριος και ποιος κινούμενος ως εξής:

- 1^ο άξονας κινητήριος, 3^ο άξονας κινούμενος (Ολική σχέση μετάδοσης)
- 1^ο άξονας κινητήριος, 2^ο άξονας κινούμενος (1^η βαθμίδα)
- 2^ο άξονας κινητήριος, 3^ο άξονας κινούμενος (2^η βαθμίδα).

Κάθε φορά που εκτελείται το πρόγραμμα θα πρέπει οι τιμές να μεταφέρονται στο σκληρό δίσκο και να γίνεται αρχικοποίηση των αρχείων στο Brick NXT.

4.6 Επεξεργασία δεδομένων

Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των οδοντωτών τροχών που χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις μετάδοσης είναι οι εξής:

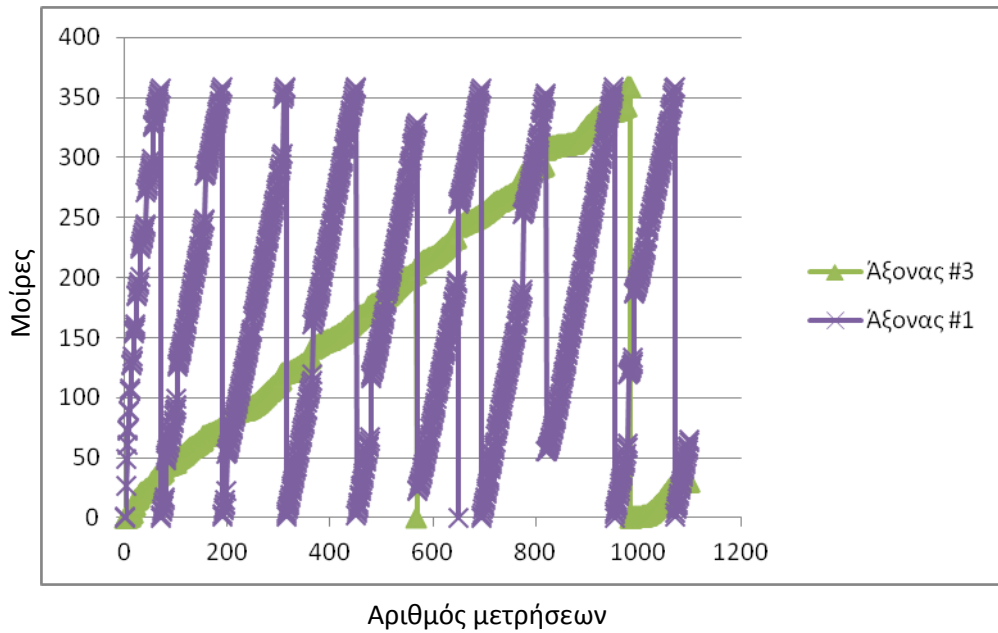
$$1^{\text{η}} \text{ Βαθμίδα: } i_{2/1} = -8/40 = -1/5$$

$$2^{\text{η}} \text{ Βαθμίδα: } i_{3/2} = -24/40 = -3/5$$

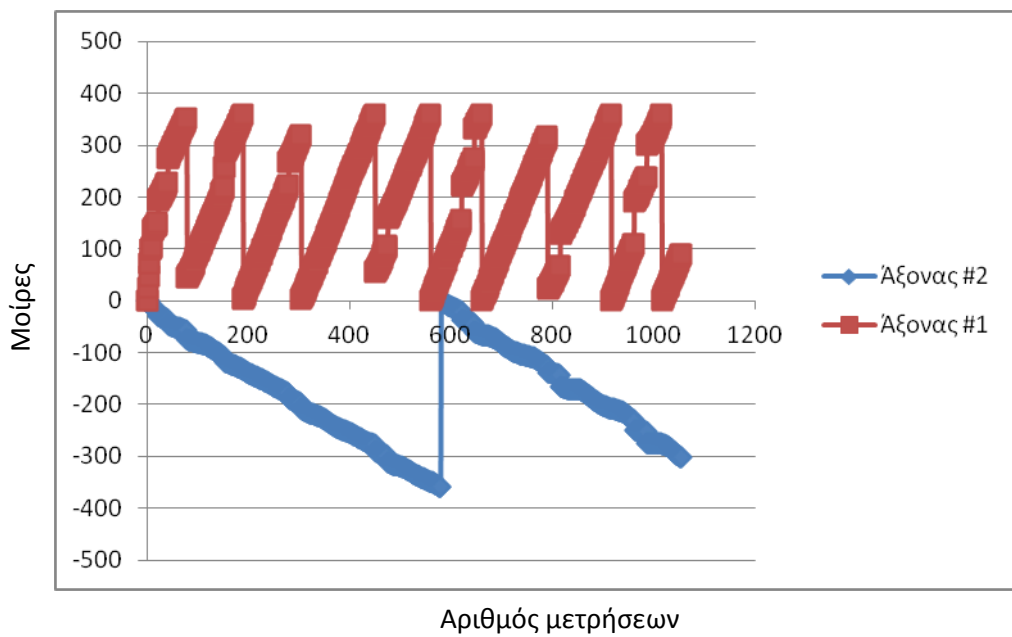
$$\text{Συνολική σχέση μετάδοσης: } i_{3/1} = -1/5 \times (-3/5) = 3/25$$

Ύστερα από επεξεργασία των δεδομένων προβάλλεται η γωνία του κινούμενου άξονα σε σχέση με τη γωνία του κινητήριου άξονα για κάθε δυνατό ζεύγος αξόνων. Στην Εικόνα 27 προβάλλεται η σχέση της γωνίας του άξονα #1 με τον άξονα #3. Ουσιαστικά επιβεβαιώνει τη συνολική σχέση μετάδοσης $i_{3/1}$. Στην Εικόνα 28 η σχέση της γωνίας του άξονα #1 με τον άξονα #2. Ουσιαστικά επιβεβαιώνει τη συνολική σχέση μετάδοσης $i_{2/1}$. Στην Εικόνα 29 η

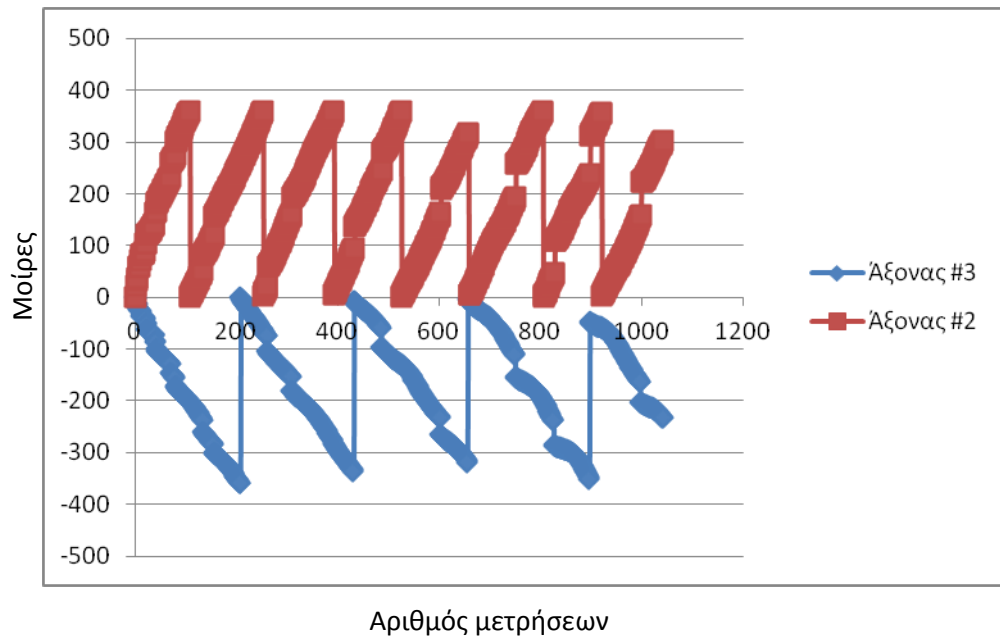
σχέση της γωνίας του άξονα #2 με τον άξονα #3. Ουσιαστικά επιβεβαιώνει τη συνολική σχέση μετάδοσης $i_{3/2}$.



Εικόνα 27. Σχέση μεταξύ των γωνιών περιστροφής μεταξύ άξονα #1 και άξονα #3



Εικόνα 28. Σχέση μεταξύ των γωνιών περιστροφής μεταξύ άξονα #1 και άξονα #2



Εικόνα 29. Σχέση μεταξύ των γωνιών περιστροφής μεταξύ άξονα #2 και άξονα #3

5 Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες

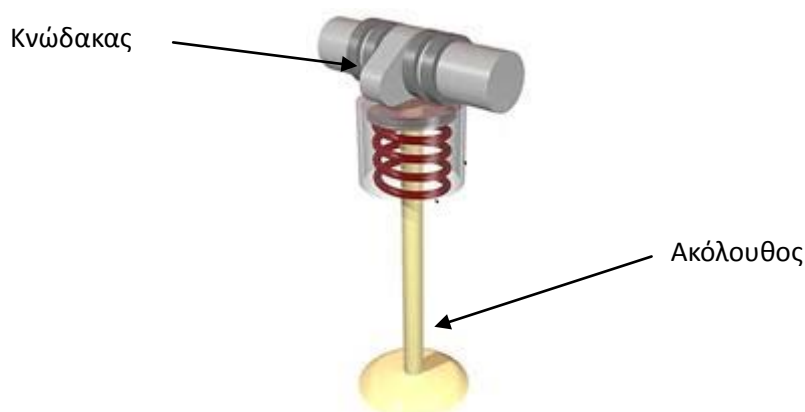
Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η μελέτη μηχανισμών με οδηγητικές. Θα κατασκευαστεί χωρίς οδηγίες ένας μηχανισμός με περιστροφικό κνώδακα και γραμμικό ακόλουθο και θα παρθούν μετρήσεις από τους αισθητήρες και θα διαπιστωθεί κατά πόσο η πραγματική κατασκευή ανταποκρίνεται στο μαθηματικό μοντέλο όπως αυτό θα παρουσιαστεί στη θεωρία.

5.1 Εισαγωγή στους μηχανισμούς με οδηγητικές καμπύλες

Οι μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες αποτελούνται από δύο μέρη:

- Το κινητήριο μέλος που φέρει την οδηγητική καμπύλη και ονομάζεται κνώδακας.
- Το κινούμενο μέλος που ακολουθεί την οδηγητική καμπύλη και ονομάζεται ακόλουθος.

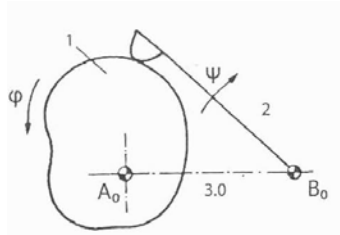
Ο πιο κοινά χρησιμοποιούμενος τέτοιος μηχανισμός είναι στα αυτοκίνητα και αφορά την κίνηση των βαλβίδων στον κινητήρα όπως φαίνεται στην Εικόνα 30.



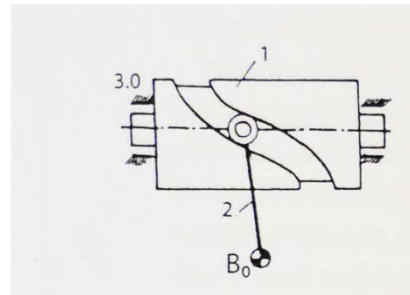
Εικόνα 30 Έκκεντρο (κάμα) βαλβίδα ως παράδειγμα μηχανισμού με οδηγητική καμπύλη

Οι μηχανισμοί αυτοί χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Επίπεδος, εάν οι άξονες περιστροφής του κνώδακα και του ακόλουθου είναι παράλληλες (Εικόνα 31α)
2. Χωρικός, εάν οι άξονες περιστροφής του κνώδακα και του ακόλουθου είναι ασύμβατες (Εικόνα 31β).
3. Σφαιρικός, εάν οι άξονες περιστροφής του κνώδακα και του ακόλουθου τέμνονται.



(α)



(β)

Εικόνα 31 Κατηγορίες μηχανισμών με οδηγητική καμπύλη

Ο κνώδακας μπορεί περιστρέφεται, εάν έχει τη μορφή ενός δίσκου, ή να μεταφέρεται παλινδρομικά εάν έχει τη μορφή κανόνα. Ο ακόλουθος μπορεί να μεταφέρεται ή να περιστρέφεται γύρω από σταθερό σημείο, αλλά θα πρέπει πάντα να είναι σε επαφή με τον κνώδακα.

Κινηματική ανάλυση μηχανισμού με οδηγητικές καμπύλες

Η μορφή της οδηγητικής καμπύλης έχει σχεδιασθεί να ικανοποιεί συγκεκριμένες προδιαγραφές θέσης, ταχύτητας και επιτάχυνσης μεταξύ κνώδακα και ακόλουθου. Η μορφή των συναρτήσεων μετάδοσης κίνησης μπορεί να έχει πολυωνυμική, τριγωνομετρική ή άλλη μορφή όπως φαίνεται στις παρακάτω εξισώσεις:

$$y = \sum_{i=1}^n A_i x^i \quad (18)$$

$$y = A_0 + A_1 \sin(A_2 x - A_3) \quad (19)$$

Οι συντελεστές A_i προσδιορίζονται βάσει των συνθηκών που υπάρχουν στα οριακά σημεία των περιοχών της συναρτήσεως μετάδοσης της κίνησης που περιγράφουν.

5.2 Εργαστηριακή άσκηση μηχανισμών με οδοντωτούς τροχούς με τη χρήση LEGO Mindstorms.

Η εργαστηριακή άσκηση θα υλοποιηθεί στις ίδιες φάσεις όπως η εργαστηριακή άσκηση 1. Στην Εικόνα 14 φαίνεται το πρότυπο της εργαστηριακής άσκησης.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ

3^ο Εργαστήριο

Θέμα: Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες.

Σκοπός: Μελέτη μηχανισμών με οδηγητικές καμπύλες.

Υποδομή: Προβολικό, υπολογιστής, lego mindstorms nxt.

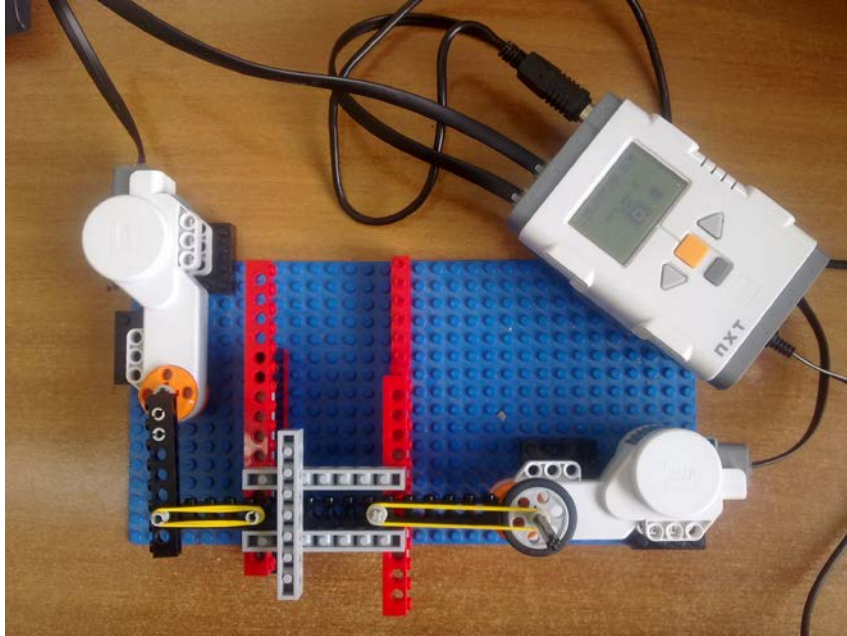
Προαπαιτούμενα: Γνώση της θεωρίας περί μηχανισμών με οδηγητικές καμπύλες.

Μέθοδος: Εργαστήριο τριών ομάδων.

Διάρκεια: Δύο ώρες.

Να υλοποιηθούν τα παρακάτω

1. Κατασκευάστε το μηχανισμό που φαίνεται παρακάτω.



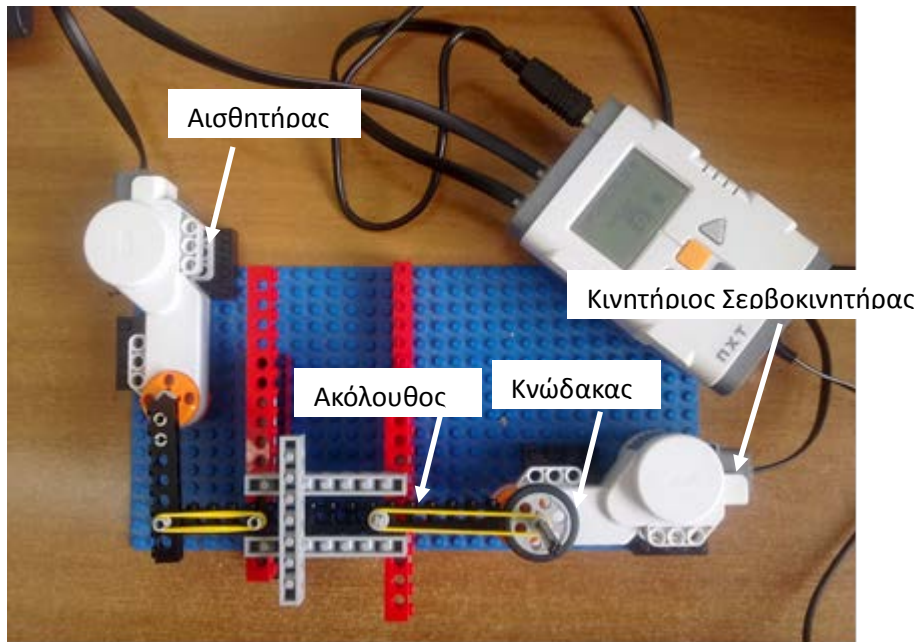
2. Υλοποιήστε λογισμικό στο οποίο θα δίνεται ροπή σε έναν άξονα και θα μετράτε την γωνία περιστροφής σε άλλο άξονα για 10 sec. Αποθηκεύστε τις τιμές των γωνιών. Επαναλάβεται για όλους τους συνδυασμούς αξόνων.
3. Προβάλλεται τη σχέση μεταξύ των δύο γωνιών θεωρητικά και πρακτικά.
4. Κατασκευάστε ένα μηχανισμό στον οποίο ο ακόλουθος θα αρθρώνεται περιστροφικά

Εικόνα 32 Πρότυπο εργαστηριακής άσκησης για τους μηχανισμούς με οδηγητικές καμπύλες.

5.3 Υλοποίηση, Λογισμικό και εκτέλεση προγράμματος

Η υλοποίηση του 3^{ου} εργαστηρίου θα επιτευχθεί χωρίς τη χρήση οδηγίων. Το λογισμικό είναι το ίδιο με την εργαστηριακή άσκηση 1, όπως και η εκτέλεση του προγράμματος. Εδώ δεν απαιτείται αρχικοποίηση των σερβοκινητήρων μιας και δεν παίζει ρόλο η αρχική θέση του σερβοκινητήρα.

Για να υπάρχει συνεχώς επαφή μεταξύ κνώδακα και ακόλουθου χρησιμοποιείται ένα λάστιχο (Εικόνα 33). Η παραμόρφωση του ελαστικού ρυθμίζεται με δοκιμή και λάθος καθώς επίσης και η ισχύς του κινητήριου σερβοκινητήρα ώστε να μπορεί να υπερνικήσει την αντίδραση από το λάστιχο. Αντίστοιχα υπάρχει ένα λάστιχο στο ελεύθερο άκρο του ακόλουθου όπου το συνδέει μέσω μια ράβδου με τον αισθητήρα. Στην αρχική θέση, η ράβδος και ο ακόλουθος είναι κάθετες μεταξύ τους.



Εικόνα 33 Μηχανισμός με οδηγητική καμπύλη

5.4 Επεξεργασία δεδομένων.

Στην ενότητα αυτή θα πραγματοποιηθεί σύγκριση μεταξύ των πειραματικών αποτελεσμάτων και των θεωρητικών δεδομένων.

Για τα θεωρητικά δεδομένα απαιτείται η εύρεση των συντελεστών A_i της σχέσης (19). Έστω R η ακτίνα του τροχού και r η θέση του άξονα στήριξης του τροχού του κνώδακα από το κέντρο περιστροφής. Μεταξύ ακόλουθου και κνώδακα ισχύουν τα εξής:

Εάν $\phi=0$ τότε $y=R+r$.

Εάν $\phi=180^\circ$ τότε $y=R-r$.

Για λόγους απλοποίησης οι συντελεστές A_2, A_3 επιλέγονται να είναι $A_2 = 1$ και $A_3 = -90^\circ$. Οπότε οι συντελεστές A_0, A_1 προκύπτουν να είναι ίση με $A_0 = R$ και $A_1 = r$. Άρα η σχέση που συνδέει τον ακόλουθο με τον κνώδακα δίνεται από τη σχέση:

$$y = R + r \sin(x + 90^\circ) \quad (20)$$

Το ελεύθερο άκρο του ακόλουθου μετακινεί μια ράβδο η οποία περιστρέφει το δεύτερο σερβοκινητήρα και ισχύει ότι:

$$y = -(l \cdot \tan\theta + r) \quad (21)$$

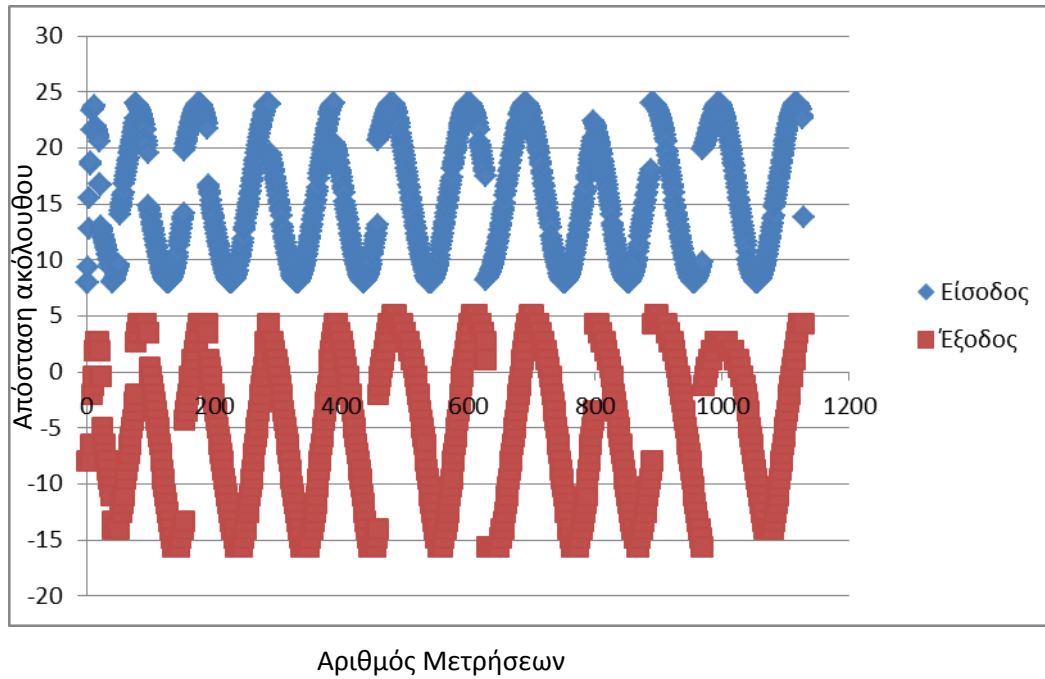
Όπου l το μήκος της ράβδου και θ η γωνία όπως μετρείται από το σερβοκινητήρα. Στην Εικόνα 34 φαίνεται η μεταβολή του μήκους του ακόλουθου σε σχέση με τη γωνία ϕ όπως αυτή παράγεται από την οδηγητική καμπύλη (σχ. (20)) σε σχέση με αυτή που διαβάζεται από την ελεύθερη άκρη του ακόλουθου (σχ. (21)). Για την παραγωγή του διαγράμματος μετρήθηκαν τα μήκη με χάρακα και βρέθηκαν οι τιμές:

$$R = 16 \text{ mm} \quad (22)$$

$$r = 8 \text{ mm}$$

$$l = 43 \text{ mm}$$

Παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στα μήκη οι οποίες οφείλονται στις κατασκευαστικές ανοχές που υπάρχουν. Παρόλα αυτά, το μέσο σφάλμα είναι σταθερό ενώ ο ρυθμός μεταβολής είναι παρόμοιος.



Εικόνα 34 Σύγκριση θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων.

6 Συμπεράσματα-Μελλοντική εργασία.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία υλοποιήθηκαν τρία σχέδια εργαστηρίων για το μάθημα της «Σχεδίασης και Ανάλυσης Μηχανισμών» με τη χρήση του εκπαιδευτικού πακέτου Lego Mindstorms NXT.

Τα σχέδια εργαστηρίων καλύπτουν τις ενότητες του μαθήματος που αφορούν:

1. Μηχανισμούς με τέσσερις αρθρωτούς ράβδους.
2. Μηχανισμούς με οδοντωτούς τροχούς.
3. Μηχανισμούς με οδηγητικές καμπύλες.

Σε κάθε ενότητα παρουσιάζεται η θεωρία και η εκτέλεση των εργαστηριακών ασκήσεων καθώς και σύγκριση των θεωρητικών και πειραματικών δεδομένων. Οι εργαστηριακές ασκήσεις (1) και (2) κρίνονται πολύ επιτυχημένες διότι τα πειραματικά και τα θεωρητικά δεδομένα είναι πάρα πολύ κοντά. Η άσκηση (3) είναι λιγότερο επιτυχημένη στο κομμάτι της εκμείευσης των πειραματικών μετρήσεων λόγω των κατασκευαστικών ανοχών που υπάρχουν στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται.

Αν και δεν αποτελεί σκοπό αυτής της διπλωματικής εργασίας, τα εργαστήρια προσφέρουν εργαστηριακή εξάσκηση και για το μάθημα της «Μηχανοτρονικής» μέσω της συνεργατικής ολοκλήρωσης του λογισμικού, ηλεκτρονικών και μηχανολογικών συστημάτων τα οποία χρησιμοποιούνται.

Ως μελλοντική εργασία μπορεί να γίνουν τα εξής:

- Αξιολόγηση των εργαστηριακών ασκήσεων από τους φοιτητές ενός έτους που θα παρακολουθήσουν το μάθημα. Ανάλογα με το αποτέλεσμα της αξιολόγησης, βελτίωση των εργαστηριακών ασκήσεων.
- Προσθήκη 4^{ης} εργαστηριακής άσκησης με ελεύθερο θέμα, όπως ο μηχανισμός του προσομοιωτή μίξερ στην εργαστηριακή άσκηση (2), όπου οι φοιτητές θα ετοιμάσουν μια κατασκευή με τη χρήση των Lego.
- Προσθήκη συνθετικής εργασίας τύπου project στο μάθημα όπου θα κατασκευαστούν κομμάτια που δεν υπάρχουν στο εκπαιδευτικό πακέτο (ή θα βελτιώσουν τις κατασκευαστικές αστοχίες που είναι εγγενείς) με τη χρήση τρισδιάστατου εκτυπωτή και λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Τέτοια παραδείγματα συνθετικών εργασιών μπορεί να είναι:
 - Σχεδιασμός και κατασκευή ράβδων για μηχανισμούς τεσσάρων αρθρωτών ράβδων όταν δίνονται προδιαγραφές σχετικές με θέσεις που πρέπει να καταλάβει το ενδιάμεσο μέλος.
 - Σχεδιασμός και κατασκευή οδοντωτού τροχού με εσωτερική οδόντωση.
 - Σχεδιασμός οδηγητικής καμπύλης με τη μέθοδο του οδογράφου.
 - Σχεδιασμός μηχανισμού με απεριοδική μετάδοση κίνησης (π.χ. σταυρός της Μάλτας).

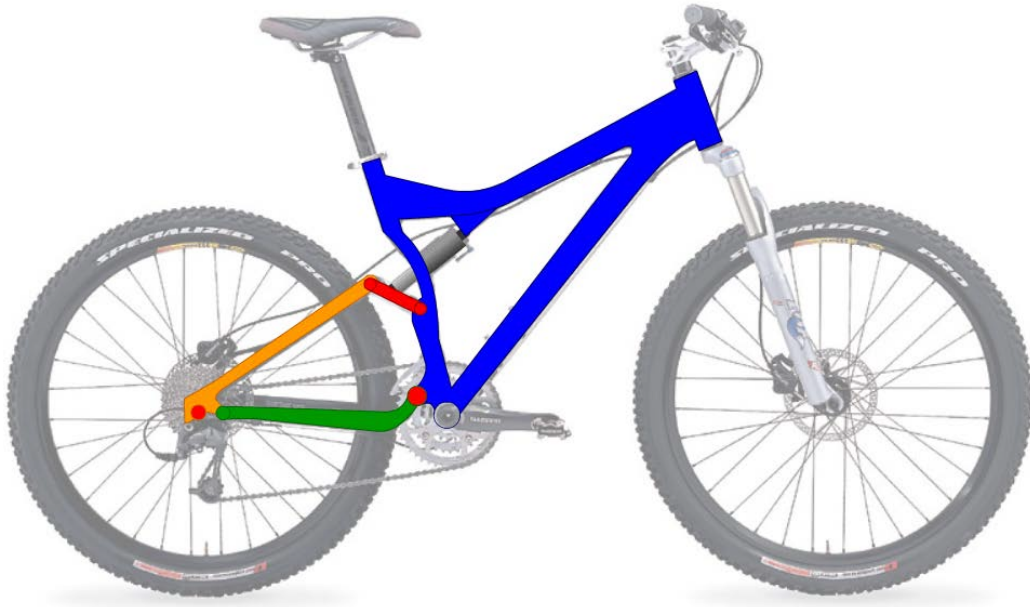
7 Βιβλιογραφία

1. Α. Καψάλης και Αδαμ. Παπασταμάτης Εκδόσεις πανεπιστημίου Μακεδονίας, 2002 - Εκπαίδευση ενηλίκων (Α και Β τόμος).
2. Robert L. Norton - An Introduction to the analysis and synthesis of mechanisms and machines (WCB - McGraw - Hill).
3. Κωνσταντίνος – Διονύσιος Ε. Μπουζάκης – ανάλυση και σύνθεση μηχανισμών – Εκδόσεις Ζήτη.
4. Κλειώ Γ. Βόσου - Στοιχεία μηχανολογίας
5. Unesco institute for lifelong learning- Global report on adult learning and education – United nations educational scientific and cultural organization
6. Mindstorms: Children, Computers and powerful ideas – Seymour Papert
7. Jean Piaget - Procedures and structures
8. Lego nxt user guide
9. Donald R. Woods - McMaster University , Richard M. Felder - North Carolina State University, Armando Rugarcia - Iberoamericana University, Puebla, Mexico , James E. Stice - University of Texas, Austin, TX , The future of engineering education III. Developing critical skills
10. Lisa Vaughn, Ph.D. and Raymond Baker, M.D. Children’s Hospital Medical Center , Division of General and Community Pediatrics Cincinnati, OH, USA ,Teaching in the medical setting: balancing teaching styles, learning styles and teaching methods
11. Sarah E. Bonner -USC Accounting Associates Professor of Accounting , Professor of Management and Organization -Marshall School of Business - University of Southern California - Choosing teaching methods based on learning objectives: An Integrative framework
12. Mark Hedley - Lisa Markowitz - Southern Illinois University – Edwardsville - Avoiding moral dichotomies: teaching controversial topics to resistant students
13. Andrew H. Van De Ven Wharton School – university of Pennsylvania Andre L. Delbecq – university of Wisconsin – Madison - Determinants of coordination modes within organizations.
14. Richard M. Felder – North Carolina state university Linda K. Silverman – Institute for the study of advanced development Learning and teaching styles in engineering education
15. Martha Cyr – College of engineering – Tufts university , V. Miragilla ,T. Nocera – The Berkeley Carroll school , C. Rogers – College of engineering – Tufts university ,A low-cost, innovative methodology for teaching engineering through experimentation
16. Charles Edwin Harris, JR. Department of philosophy Texas A&M University ,Michael Davis - Center for the Study of Ethics in the Professions Illinois institute of technology , Michael S. Pritchard - Department of Philosophy Western Michigan university , Michael J. Rabins - Department of Mechanical Engineering Texas A & M University ,Engineering ethics: What? Why? How? And when?
17. Feminist theory, habitus and social class: disrupting notions of classlessness Diane Reay – School of education – King’s college
18. http://en.wikipedia.org/wiki/Chebyshev%20%93Gr%C3%BCbler%20%93Kutzbach_criterion
19. http://www.oecd.org/document/48/0,2340,en_2649_201185_1876912_1_1_1_1,00.html
20. http://en.wikipedia.org/wiki/Four-bar_linkage
21. <http://en.wikipedia.org/wiki/Gear>

- 22.[http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission %28mechanics%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_%28mechanics%29)
- 23.[http://en.wikipedia.org/wiki/Planetary gear](http://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_gear)
- 24.[http://en.wikipedia.org/wiki/Sun and planet gear](http://en.wikipedia.org/wiki/Sun_and_planet_gear)
- 25.<http://en.wikipedia.org/wiki/Cam>
- 26.<http://en.wikipedia.org/wiki/Camshaft>
- 27.[http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic number](http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic_number)
- 28.[http://en.wikipedia.org/wiki/Pythagorean means](http://en.wikipedia.org/wiki/Pythagorean_means)
- 29.<http://en.wikipedia.org/wiki/Renaissance>
- 30.[http://en.wikipedia.org/wiki/Constructivism \(learning theory\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Constructivism_(learning_theory))
- 31.<http://www.scribd.com/doc/14554184/Models-of-Teaching-Methods>
- 32.<http://www.learning-theories.com/>
- 33.<http://faculty.coehd.utsa.edu/pmcgee/models.htm>
- 34.[http://en.wikipedia.org/wiki/Learning styles](http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_styles)
- 35.[http://en.wikipedia.org/wiki/Educational psychology](http://en.wikipedia.org/wiki/Educational_psychology)
- 36.<http://www.edtech.vt.edu/edtech/id/models/index.html>
- 37.<http://engineering.tufts.edu/about/news/2008/ceeolego.htm>
- 38.<http://en.wikipedia.org/wiki/University>
- 39.[http://en.wikipedia.org/wiki/University#Modern universities](http://en.wikipedia.org/wiki/University#Modern_universities)
- 40.[http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient Greeks](http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Greeks)
- 41.[http://en.wikipedia.org/wiki/Classical Greece](http://en.wikipedia.org/wiki/Classical_Greece)
- 42.[http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient Greeks#Classical Greece](http://en.wikipedia.org/wiki/Ancient_Greeks#Classical_Greece)

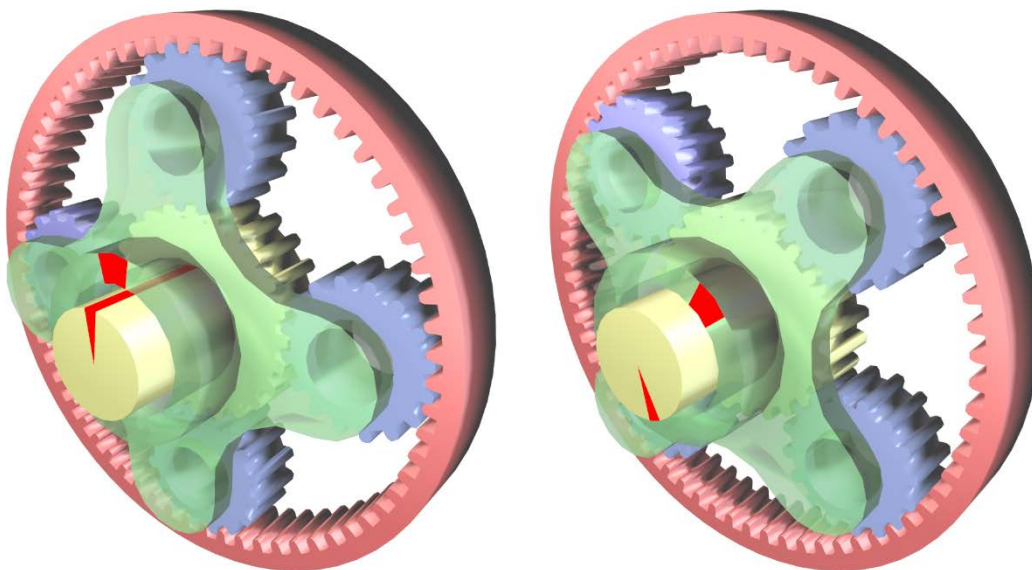
Ζ. Παράρτημα

1. Παράδειγμα μηχανισμού με τέσσερις ράβδους



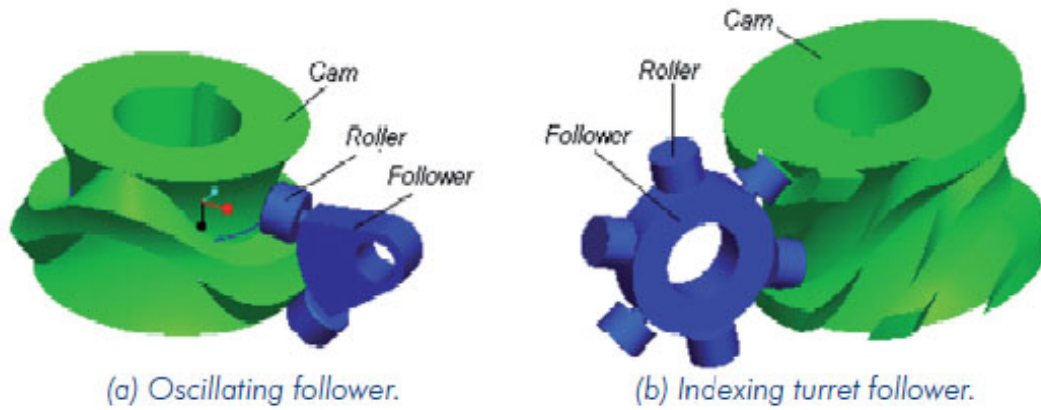
Εικόνα 53 – Ένα ποδήλατο όπου μπορεί να φανεί το τμήμα με τις τέσσερις ράβδους

2. ένας «πλανητικός» μηχανισμός – planetary / epicyclic gearing



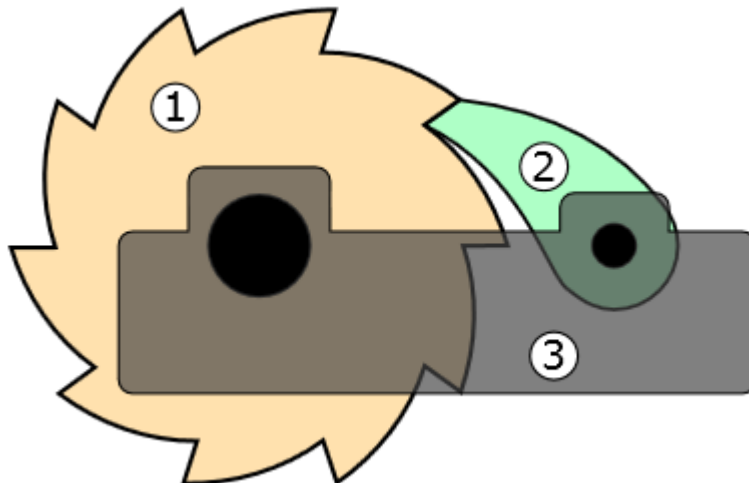
Εικόνα 54 - ένας πλανητικός μηχανισμός σε δύο φάσεις

3. Παράδειγμα μηχανισμού με οδηγτικές καμπύλες



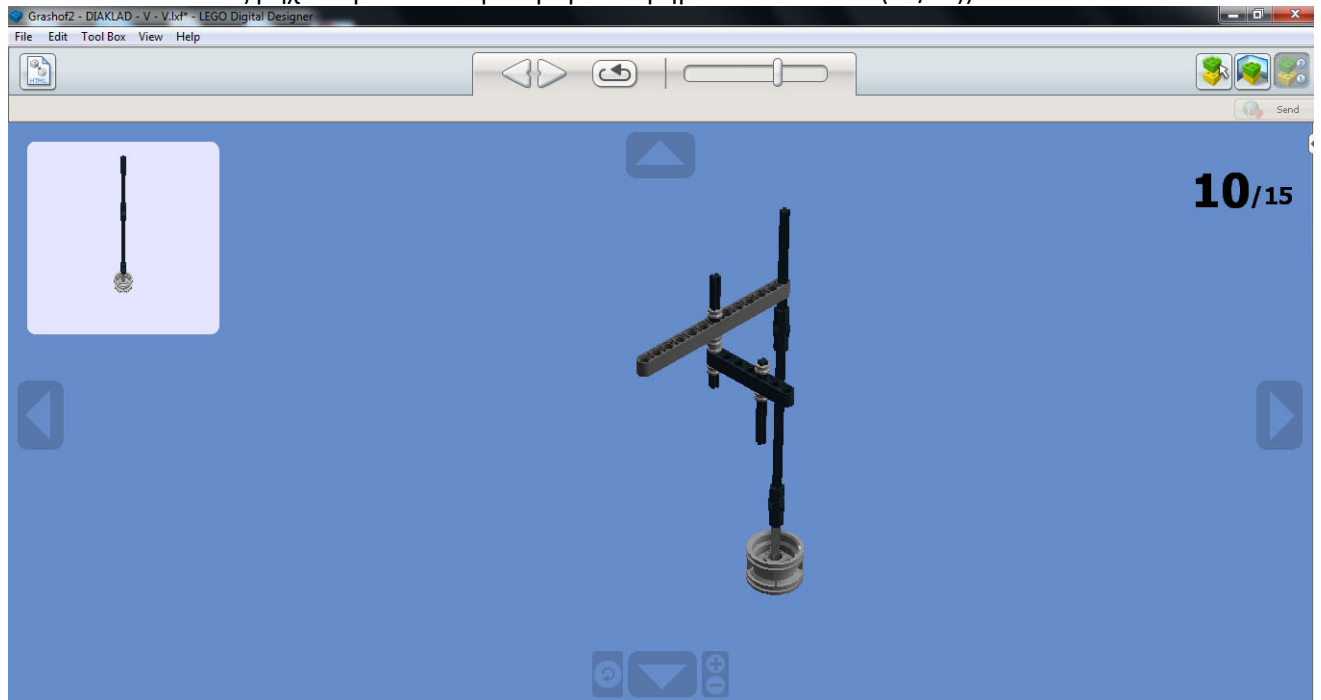
Εικόνα 55 – Δύο παραδείγματα μηχανισμών με οδηγτική καμπύλη

Ένας μηχανισμός μετάδοσης περιοδικούς ασυνεχούς κινήσεως, κασάνια (ratchet)



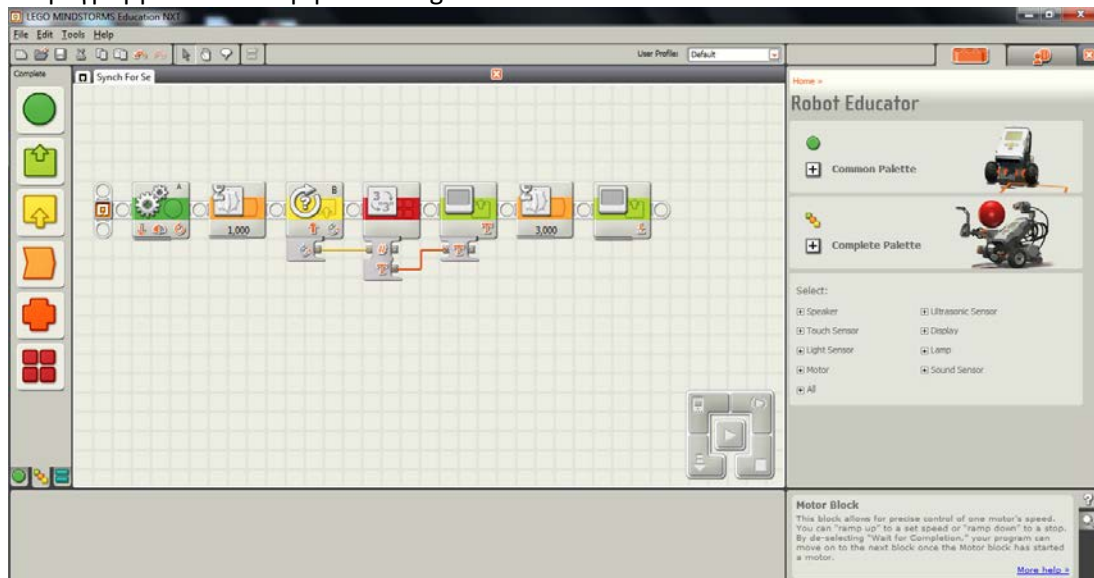
Εικόνα 56 - Κασάνια

3. Παράδειγμα του building guide mode στο Lego digital designer (Δωρεάν στην ιστοσελίδα της Lego) - (Κατασκευή οδηγού κατασκευής – Εδώ παρουσιάζεται πως μπορεί να κατασκευαστεί ένας μηχανισμών τεσσάρων ράβδων–βήμα 10 από τα 15 (10/15))



Εικόνα 57- Lego building guide mode

4. Προγραμματιστικό περιβάλλον lego mindstorms edu nxt



Εικόνα 58- Υλοποίηση προγράμματος στο περιβάλλον nxt – g

5. - Πως δουλεύει ένας κινητήρας τεσσάρων χρόνων

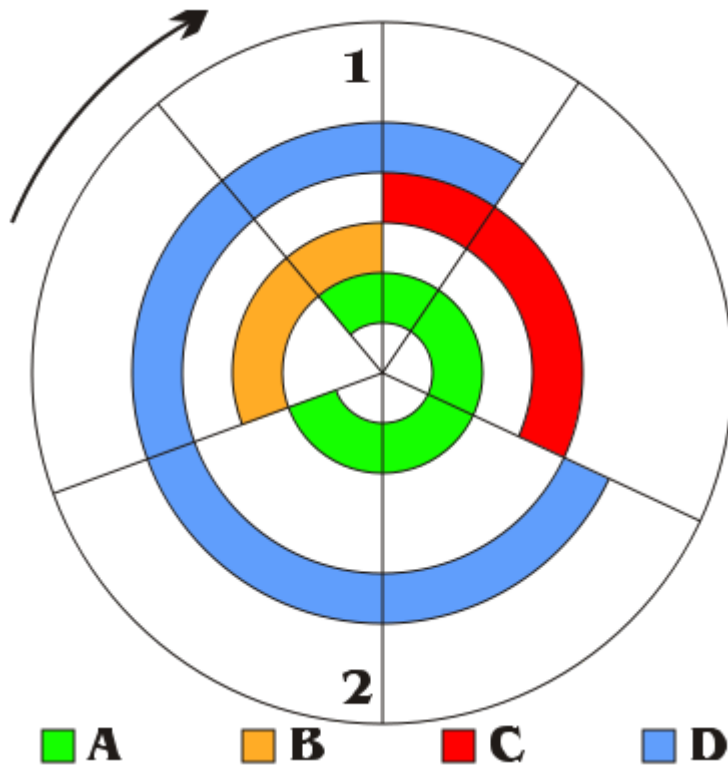
Οι τέσσερις χρόνοι :

A: Εισαγωγή

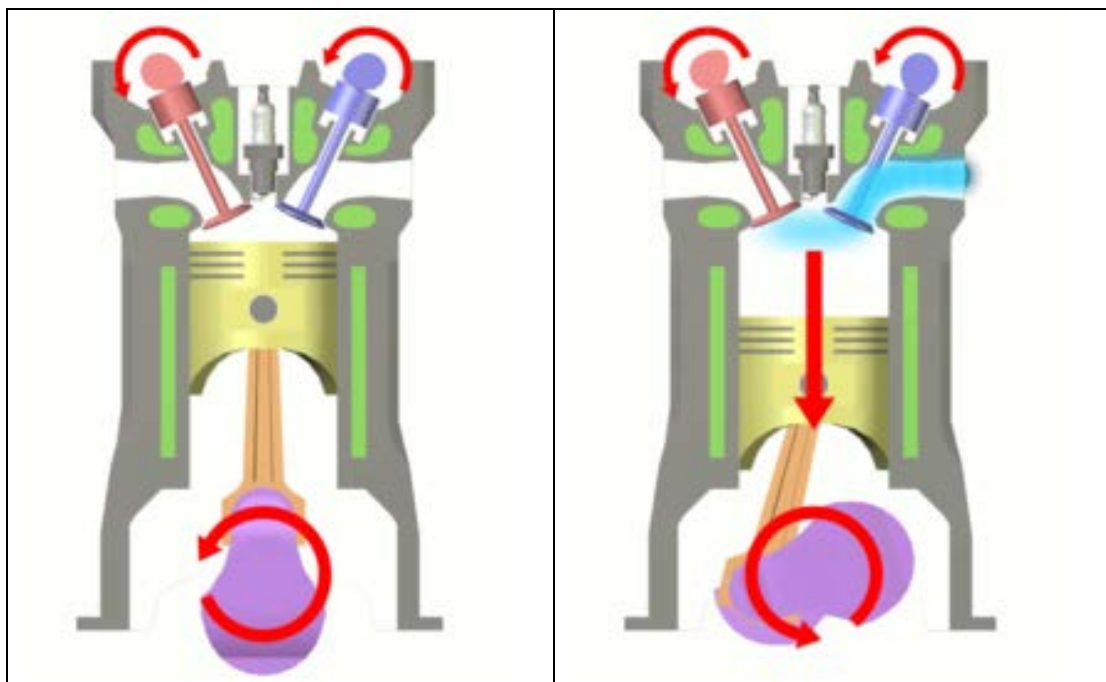
B: Συμπίεση (Καταπίεση) ->Έκρηξη

C: Εκτόνωση

D: Έξοδος

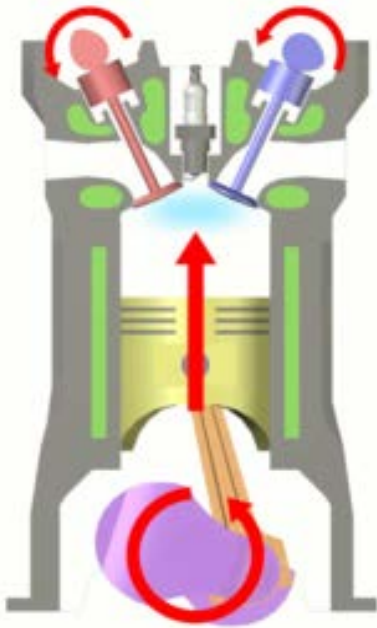


Εικόνα 59 – Διάγραμμα των τεσσάρων φάσεων

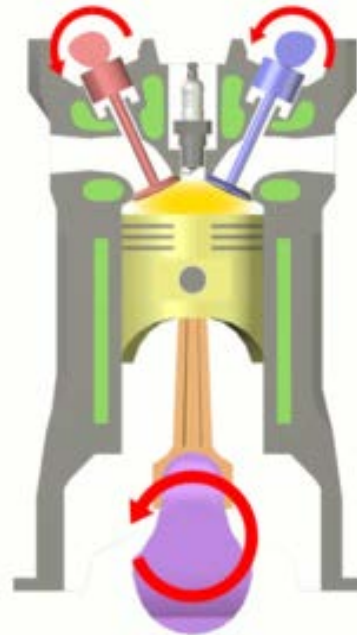


Εικόνα 60 – Α. Εκκίνηση.

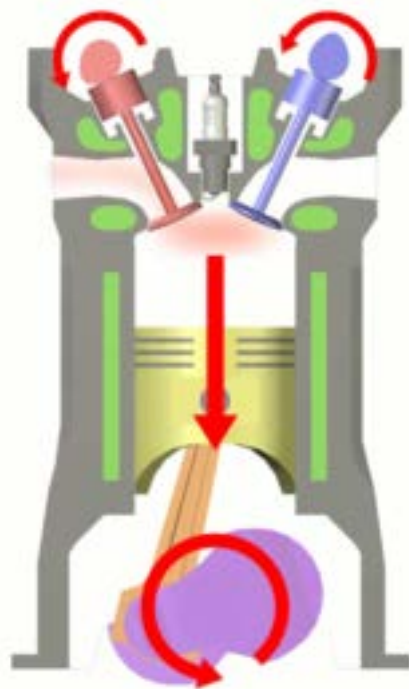
Εικόνα 61 - Α. Εισαγωγή.



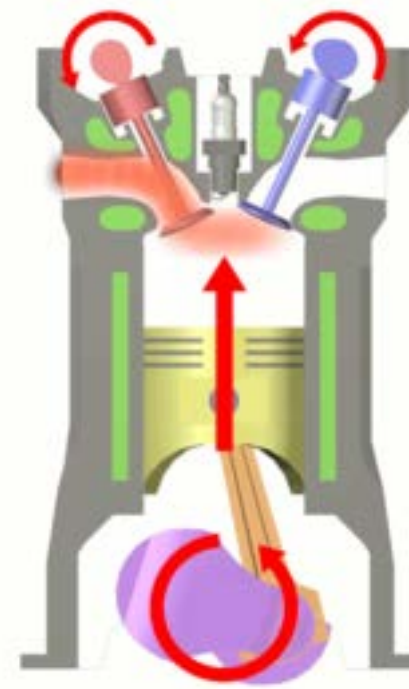
Εικόνα 62 – Β. Συμπύεση.



Εικόνα 63– C.Ανάφλεξη.



Εικόνα 64 - C. Εκτόνωση..



Εικόνα 65 - D6. Εξαγωγή καυσαερίων .

Επιπλέον θέματα για συζήτηση:

Τα άλλα ζητήματα που μπορούν να συζητηθούν στην τάξη :

Παραδείγματα /Ασκήσεις που μπορούν να συσχετιστούν με κάτι γνωστό:

λχ:

Πως θα μπορούσε να περιγραφεί η κίνηση :

Του καρπού ενός χεριού, της παλάμης ενός χεριού , ενός ώμου

Της κλασσικής λάμπας γραφείου (όπως στο σχήμα)

69



FIGURE P2-2

Problem 2-19

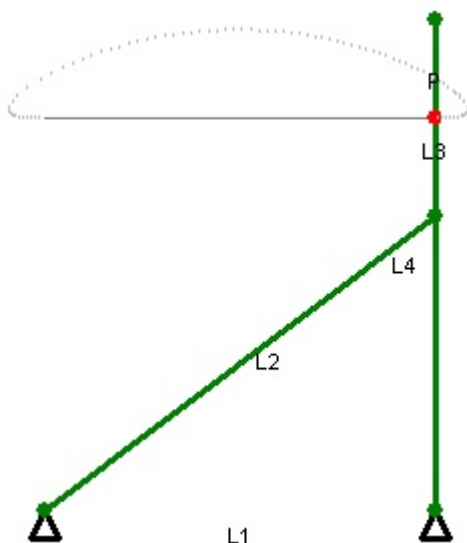
Εικόνα 83 -

Ή πορεία σε κάτι πιο αφηρημένο/γενικό:

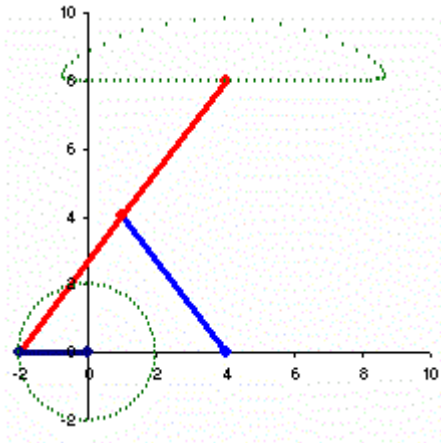
– Μπορεί να δημιουργηθεί ευκαιρία να κριθούν κάποιοι απλοί βασικοί μηχανισμοί λχ όπως «υαλοκαθαριστήρες στα τζάμια των οχημάτων» ή πόσο αποτελεσματικοί μπορεί να είναι αποτελεσματικότητα κάποιες κατασκευές «συρταριών» - Ποια η σχέση τους με τις υπάρχουσες θέσεις - λύσεις σε αυτά τα θέματα;

Και επίσης το για ποιές συνθήκες δημιουργήθηκε ο κάθε μηχανισμός: τι πέτυχε και τι – ίσως- δεν πέτυχε;

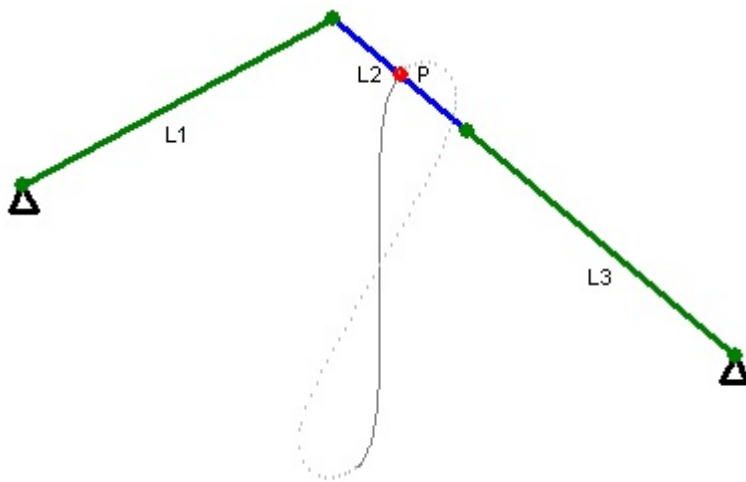
Κάποιοι σημαντικοί ιστορικοί μηχανισμοί – διαφορετικές απόπειρες – εναύσματα για σκέψη και έρευνα:



Εικόνα 84 - Ένας μηχανισμός από τον Chebyshev (1821 – 1894)

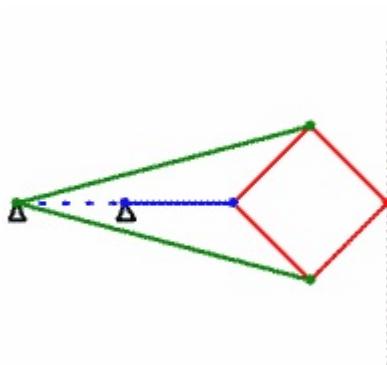


Εικόνα 85 - Ένας μηχανισμός από τον Hoekens



Εικόνα 86 - Ένας μηχανισμός από τον Τζέιμς Βατ (James Watt 1784)

Και



Εικόνα 87 - Από τους Peaucellier – Lipkin (1864)

Κάποιες άλλες ευκαιρίες για συζήτηση:

Παράδειγμα άλλου υλικού που μπορεί να παρουσιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να γίνει η μετάβαση μεταξύ των μεθόδων περιγραφής και ενός πιο ρεαλιστικού στοιχείου στην αίθουσα και η σύνδεση με κάτι πραγματικό :

Όπως και το να αναγνωριστεί κάποια κατασκευή αρκετά πιο πολύπλοκη. Εδώ η φωτογραφία παριστά ένα σύστημα ταχυτήτων εμπορικού οικογενειακού οχήματος σε σχέση με μία εικόνα – και ένα παριστάμενο διάγραμμα στην αρχή με την συμβολική αναπαράσταση:

Εικόνα 67 – Κομμάτια από το σύστημα ταχυτήτων εμπορικού οχήματος



Εικόνα 68 – Σχηματική – συμβολική αναπαράσταση

Επίσης ένα άλλο κομμάτι που μπορεί να περάσει απαρατήρητο:

Από τον σχεδιασμό ως την υλοποίηση

Η διαφορά από κάποιο υπολογιζόμενο μέγεθος σε (λχ με μαθηματικό) – σε σχέση με ένα

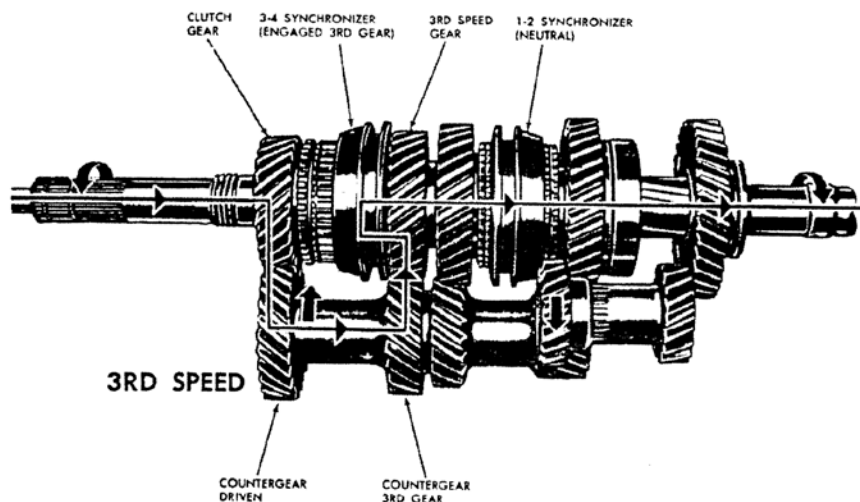


FIGURE 9-43

Four-speed manual synchronemesh automobile transmission From Crouse, W. H. (1980). *Automotive Mechanics*, 8th ed., McGraw-Hill, New York, NY, p. 480 Reprinted with permission.

καλύτερα προσεγγιζόμενο και η διαφορά στον φόρτο εργασίας που μπορεί να προκύψει από κάτι τέτοιο – όπως πόσους υπολογισμούς μπορεί να χρειαστεί μία τέτοια εργασία; Αλλά και στην ίδια την κρίση αυτού : Κατά πόσο αξίζει να γίνει κάτι τέτοιο; Μέχρι ποιού βαθμού; Τι θα το κρίνει αυτό;

Αλλά και η επίγνωση και οργάνωση των επιμέρους τμημάτων μεθοδολογιών και των τρόπων που δουλεύουν – των θετικών και των αρνητικών τμημάτων τους – των ισχυρών και των ασθενών τμημάτων τους :

Τα πραγματικά μεγέθη δεν είναι «τέλεια» (υπάρχουν ζητήματα όπως οι μικρότερες δομές (όπως οι κρύσταλλοι) και οι κατασκευαστικοί περιορισμοί κάθε φορά) . Έτσι πχ στην περίπτωση που δειγματοληπτικά λαμβάνεται ένα σύνολο σημείων για να καλύψει και τα σημεία που λείπουν συμπληρώνοντάς τα με κάποια μέθοδο.

*Βέβαια από μία τέτοια θεματολογία θα μπορούσε να φανεί και η συσχέτιση με άλλα στοιχεία χρήσιμα στον σχεδιασμό όπως και να και έννοιες όπως η οι αποκλίσεις και η προσπάθεια προσέγγισης τους και με άλλες μεθόδους όπως με την γραμμική παρεμβολή , πρώτου , δεύτερου , n – βαθμού , τα splines , ή τα non – uniform rational b – splines (nurbs).

Ένα πολύ απλό παράδειγμα διαφορών μεταξύ υπολογιζόμενων μεγεθών και μετρημένων στην πράξη σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις :

A. Παράδειγμα μετατόπισης και επιτάχυνση μίας κάμας που έχει σχεδιαστεί με πρώτου βαθμού γραμμική παρεμβολή (CNC : computer numerical control)

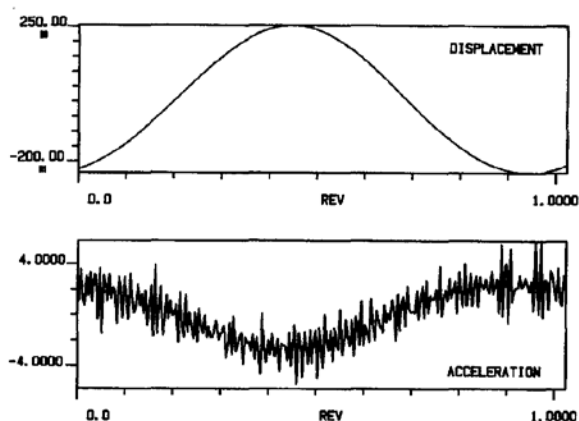


FIGURE 8-52

Displacement and acceleration of eccentric cam made with 1^o linear interpolation CNC

* These cams were about 8 in (200 mm) in diameter. If the cam diameter is larger, then smaller angular increments of digitization will be needed as the distance along the pitch curve between data points for any angular increment increases linearly with prime circle diameter.

Εικόνα 69 – μετατόπιση και επιτάχυνση σε κάμα που έχει σχεδιαστεί με γραμμική παρεμβολή πρώτου βαθμού

A.2 Διαφορά στο περίγραμμα μεταξύ μίας κάμας που έχει υποστεί τόνρευση και λείανση και μίας που κατασκευάστηκε με γραμμικές παρεμβολές πρώτου βαθμού.

B) Πάλι η μετατόπιση και η επιτάχυνση μίας κάμας που έχει τοποθετηθεί έκκεντρα αλλά

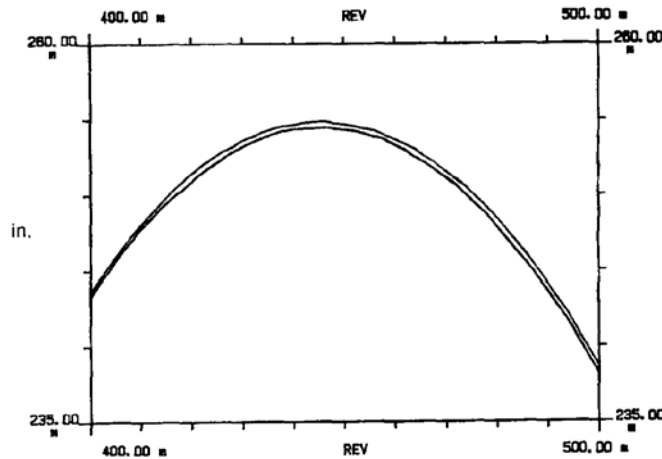


FIGURE 8-53
Contours of 2 cams: one turned and ground; one milled with 1° linear interpolation CNC

Εικόνα 70 – Η διαφορά στα περιγράμματα από δύο κάμες – η μία με πρώτου βαθμού γραμμική παρεμβολή και η δεύτερη με τόνρευση και λείανση

έχει κατασκευαστεί πάνω σε τόξα κύκλων (αντί για ευθείες όπως οι γραμμικές παρεμβολές)

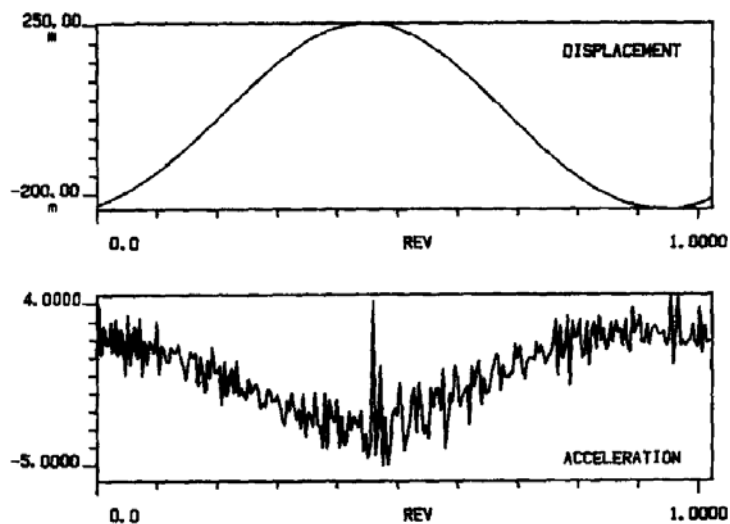


FIGURE 8-54
Displacement and acceleration of eccentric cam made with circular interpolation CNC

Εικόνα 71 – μετατόπιση και επιτάχυνση σε κάμα που έχει σχεδιαστεί με παρεμβολή σε τόξα κύκλων

Β.2 Και εδώ αντίστοιχα η διαφοροποίηση του περιγράμματος σε μία περίπτωση που έχει υποστεί τόννευση και λείανση και η άλλη έχει κατασκευαστεί με παρεμβολές πάνω σε τόξα κύκλων.

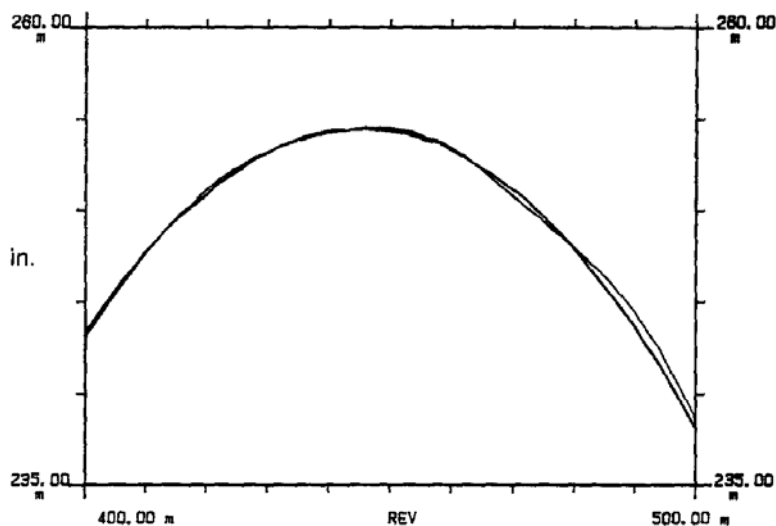


FIGURE 8-55

Contours of 2 cams: one turned and ground; one milled with circular interpolation CNC

Εικόνα 72 – μετατόπιση και επιτάχυνση σε δύο κάμες η μία έχει σχεδιαστεί με παρεμβολή σε τόξα κύκλων δεύτερη έχει παραχθεί με τόννευση και λείανση

Ένα τέτοιο παράδειγμα μπορεί να σταθεί σαν αφορμή για να κάνουν οι φοιτητές την προσπάθεια να υπολογίσουν τα μεγέθη που χρειάζονται περαιτέρω. Αλλά και να γίνει – ενδεχομένως - μία παραπάνω συζήτηση για το πώς μας βοηθούν αυτά τα μεγέθη στον υπολογισμό; (μπορεί να σχετιστεί με το παράδειγμα και με την μεθοδολογία για την οδηγητική καμπύλη).

Πώς μπορούν αξιοποιηθούν αυτά τα στοιχεία για τον σχεδιασμό;

Μπορεί να το γίνει σχέδιο CAM;

Και πρακτικά ζητήματα που μπορεί να αφορούν τον σχεδιασμό οδηγητικών καμπυλών:

Και πάλι: Αν έχουν αξιοποιηθεί οι διαθέσιμες επιστημονικές δυνατότητες;

Είναι το υλικό κατάλληλο;

Μήπως μπορεί να γίνει με άλλο μηχανισμό ή σύνολο άλλων μηχανισμών;

Πως θα κατασκευαστεί ένα εξάρτημα; μήπως το κόστος παραγωγής του λχ μέσω μίας διαδικασίας τόννευσης το καθιστά απαγορευτικό;

Ή πως θα αντιμετωπιστούν λειτουργικά ζητήματα και ζητήματα συντήρησης; Μπορεί ο μηχανισμός να λιπαίνεται επαρκώς και από ποιόν; Μήπως προκύψουν φαινόμενα πρόωρης είτε ανομοιόμορφης γήρανσης σε κάποια περιοχή;

Επίσης μπορεί να συζητηθήκε το αποφευκτέο των αιχμών ή των εσοχών σε μία κάμα – αλλά να ειδοθεί συναρτήσει και των πραγματικών δυνατοτήτων του υλικού.

Και αυτό μπορεί να σταθεί σαν ευκαιρία για να συζητηθούν τα διάφορα είδη αποκλίσεων – (από την αρχή – είτε κατά την διάρκεια διαδικασιών – όπως λχ η κατασκευή ή οι προσεγγίσεις που συζητήθηκαν παραπάνω) – πως μπορεί να το διαχειριστεί κάποιος αυτό; *Μπορεί να συζητηθεί και κατά πόσο – είναι γνωστή η ακρίβεια της προσέγγισης σε κάθε βήμα της κάθε διαδικασίας; – ποια η σχέση με τα πραγματικά μεγέθη – ποιες οι υπαρκτές δυνατότητες – ποιο το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Επίσης και κατά πόσο έχει μελετηθεί παραπέρα (περισσότερα στοιχεία) το αν υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας άλλων φαινομένων λχ κραδασμών.(πχ η γνώση των ιδιοσυχνοτήτων των υλικών;)

Η ποιότητα πως αθροίζεται και πως μεταφέρεται; Λχ στην αναλογική αντιγραφή , όσο καλό είναι το αρχικό (master) – μέχρι τόσο καλό μπορεί να γίνει και το αντίγραφο (copy)

Θα μπορούσε να πετύχει κάτι ενδεχομένως με άλλο τρόπο; Ακόμα και με πιο «πλάγιο» τρόπο – λχ μια κάμα από κάποιιο πιο εύκολο σχήμα , τοποθετημένο έκκεντρα. (Εικόνα 85)

Ή κατά πόσο έχουν εξεταστεί οι παραλλαγές; λχ ο ακόλουθος – Θα μπορούσε να παλινδρομεί(oscillate) η να μετακινείται (translate) (ή και να έχει κάποιο ελατήριο;)

Τι θα συμβεί από το σχέδιο καθώς κάποιος πορεύεται προς την υλοποίηση – μπορεί να επιτευχθεί η ζητούμενη ακρίβεια ; Με τι επιπτώσεις μπορούν να διορθωθούν; αξίζει; Να θυμόμαστε τι κερδίζουμε και τι χάνουμε σε αυτές τις διαδρομές.

Και ζητήματα όπως ποια η σχέση του με την παροχή ενέργειας; Έχει έννοια να γίνει κάποια παραλλαγή για να προσαρμοστεί στο περιβάλλον (και το ανθρωπογενές) . Μπορεί ο κινητήρας κάποιου τύπου να ανταποκριθεί στα φορτία και στα είδη των φορτίων που αντιμετωπίζει; Πως μπορεί να λυθεί αυτό;

Ή η κρίση – αξιολόγηση κάποιων παλιών και δουλεμένων σχεδίων : Το σχέδιο και βέβαια η συζήτηση γιατί μπορεί να πέτυχε αυτό το σχέδιο σε εκείνη την εποχή; Τι μπορεί να εξυπηρέτησε σε εκείνες τις συνθήκες;

Πχ. Μία υλοποίηση σε ένα σύστημα άλλο ταχυτήτων σε σχέση με τα γνωστά για ποδήλατα της εταιρείας Sturmey – Archer (1938)



Εικόνα 73 -

Και σε αναλυμένη (exploded) οπτική:
Κάποιες ενδεικτικοί άλλοι χώροι για να διευρυνθεί η θεματολογία χρήσης των μηχανισμών



Εικόνα 74 -

Από τον κινητήρα – πως μπορεί να διευρυνθεί σε μεγαλύτερες ενότητες μηχανισμών - εργαλείων από διάφορους χώρους λχ παραγωγή :



Εικόνα 75 - Ένας ελαφρώς πιο μοντέρνος γεωργικός ελκυστήρας (τρακτέρ - tractor)

Μεταφορές



Εικόνα 76 - Ένα όχημα

Πιο επιστημονικός



Εικόνα 77 - Μία κινούμενη κεραία (ραντάρ)

Στο χώρο της μαζικής παραγωγής :



Εικόνα 78 - Ένας ρομποτικός βραχίονας

Κοινωνική βοήθεια



Εικόνα 79 – όχημα μεταφοράς ασθενών

Ή η σημασία έννοια της κλίμακας :



Εικόνα 80 - Γερανοί στο Λευκό Όρος

(Mont Blanc)



Εικόνα 81 - Γερανοί στο λιμάνι του Ρότερνταμ

Και κάτι πιο ενδιαφέρον :



Εικόνα 82 –Τα οχήματα : (Αριστερά : Spirit / Opportunity «Πνεύμα / Ευκαιρία» (2004))Δεξιά : Curiosity«Περιέργεια» (2012) ,Κέντρο :Sojourner «Διερχόμενος» (1997)
*Το curiosityζυγίζει περίπου 900 κιλά και (σε μέτρα) έχει διαστάσεις μήκος 2.9 πλάτος 2.7 και ύψος 2.2

Και βέβαια αυτά είναι ενδεικτικά!

Και σε σχέση με το μάθημα:

Μπορεί κάποιο ζήτημα να το λυθεί με κάποια γνωστή μορφή μηχανισμών;

Μπορούν σε αυτό να βρεθούν τα κρίσιμα σημεία – τις περιοχές με την πιο ενδιαφέρουσα συμπεριφορά;

*Αλλά και ότι κάθε ευκαιρία συσχέτισής με κάθε παράμετρο μπορεί να είναι και μια ευκαιρία για εκμάθηση από αυτή

Κάποια άλλα εμπειρικά ζητήματα – σχέση με τη διαχείριση:

Καλό εδώ είναι να υπενθυμίζονται οι αποφάσεις που παίρνονται σε κάθε βήμα ότι τα ζητήματα που θα αναπτυχθούν εδώ είναι πολύ απλά και βασικά και μπορούν να λυθούν και με άλλους τρόπους. Αυτό που παρουσιάζεται αποτελεί μία μεθοδολογία – υπάρχουν και άλλοι δρόμοι.

Τα θέματα που ακολουθούν είναι τοποθετημένα σαν τροφή για σκέψη καθώς καλό είναι να υπάρχει κάποια εξοικείωση με τις πραγματικές συνθήκες που υπάρχουν – για να μπορούν να γίνουν κατανοητά τα θέματα αυτά — και ο αναγνώστης θα πρέπει να αποδεσμευτεί από αυτά και σε καμία περίπτωση δεν είναι υποκατάστατο της πραγματικότητας.

Αρχικά κάποια γενικά πρακτικά ζητήματα που μπορεί να υπενθυμιστούν:

Επικοινωνία – Μπορεί να επικοινωνηθεί ο σχεδιασμός σε κάθε του τμήμα;

Τι έγινε;

Πως μπορεί να αξιολογηθεί το έργο;

Έχουν αξιοποιηθεί οι επιστημονικές δυνατότητες;

Μπορεί να αξιολογηθεί ευθέως κατά τη διάρκεια και αντιστρόφως το έργο;

Και προχωρώντας λίγο περισσότερο:

Ληφθήκαν υπ’ όψη οι ανθρώπινοι παράγοντες – οι δυνατότητες διαχείρισης των σχεδίων που υπάρχουν κάθε φορά και η εργονομία – μπορεί το σχέδιο να το χρησιμοποιηθεί από ανθρώπους κάθε φορά;

Περιβαλλοντικά ζητήματα:

Τι είδους ρύπους μπορεί να παράγει; – λχ Τι είδους και πόσο θόρυβο μπορεί να παράγει; τι κραδασμούς; πως επηρεάζει ηλεκτρομαγνητικά το περιβάλλον;

Επίσης μήπως αυτό το σχέδιο θα μπορούσε να γίνει με κάποιο άλλο - Ποια τα

πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα;

Έχουν εξεταστεί οι εναλλακτικές;

Μεθοδολογικά ζητήματα :

Υπάρχει ροή πληροφορίας στην αρχή αλλά και στο κάθε τμήμα της διαδικασίας;

Έχουν εξεταστεί οι υπάρχουσες λύσεις;

Έχουν αξιοποιηθεί όλες οι επιστημονικές δυνατότητες;

Για να διευκολυνθεί η κατασκευή – πως επιτυγχάνεται η ποιότητα; καθώς σε όλο και

πιο πολύπλοκες κατασκευές – πιθανώς αυξάνει και η πολυπλοκότητα κατασκευής

τους – πιθανώς συμπαρασύρονται και άλλοι παράμετροι πιθανώς ανεπιθύμητοι λχ

κόστος – πάντα συνυπολογίζουμε κέρδη και απώλειες είναι όντως έτσι;.

Χωρίς να αναιρούνται τα προηγούμενα ερωτήματα – έρχονται επιπλέον :

Γενικά πρακτικά ζητήματα σε σχέση με την συνδεσμολογία:

Το είδος των συνδέσμων μπορεί να επηρεάσει ζητήματα την δυνατότητα καλής και

συνεχούς λίπανσης κατά την διάρκεια της ζωής ενός μέλους ενός συστήματος. Έτσι

μπορεί κάποιες μορφές συνδέσμων να μπορούν να λιπανθούν ευκολότερα ή να είναι πολύ πιο οικονομικές αυτή τη στιγμή ή διαθέσιμες στο εμπόριο. Το πως θα διατηρούνται ή ενδεχομένως πώς θα γίνεται κάποια διαδικασία συντήρησης αν η συντήρηση θα γίνεται αυτόματα ή αν θα χρειάζεται κάποιος πράκτορας περιοδικά να πραγματοποιεί κάποια διαδικασία. Επίσης μπορεί να υπάρχει θέμα παραγωγής - παρουσίας σκόνης - ρύπων - που μπορεί να επιδεινώσει την διαδικασία φθοράς ενός σχεδίου. Όπως επίσης και η κατανομή της φθοράς ενός σχεδίου λχ από στρέβλωση ή από διατμητικές τάσεις, σχισμό - φαινόμενα κόπωσης - φθοράς των υλικών. - Που μπορεί να κατανέμονται ομοιόμορφα ή όχι στο σχέδιο. Φυσικά, όπως προειπώθηκε η επίγνωση ενδεχόμενα πλεονεκτήματα σε σχέση με μειονεκτήματα και αντιστρόφως που μπορεί να σχεδιαστούν - λχ με κάποιον σχεδιασμό στη φόρμα μπορεί να αποφευχθεί η φθορά από την τριβή αλλά μπορεί να χρειαστεί να αλλάξει κάποια διαδικασία λίπανσης - οπότε ή μήπως θα ήταν σκόπιμο κολυμπάει όλη η κατασκευή σε κάποιο λιπαντικό;

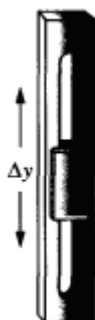
Τι θα μπορούσε να συμβεί σε περίπτωση αποτυχίας;

Αλλά και Ποια θα είναι η πηγή ενέργειας κάθε φορά; Ποια τα στοιχεία που θέλουμε; Σε τι περιβάλλον θα χρησιμοποιηθεί το σχέδιο - μας συμφέρει μήπως υπάρχει κάποιο στοιχείο του που θα μπορούσε να μας βοηθήσει; (Είτε κλιματολογικό, είτε ανθρωπογενές αλλά και μήπως αφθονία πεπιεσμένου αέρα;)

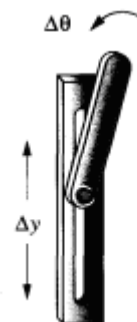
Έτσι, τι θα μπορούσε να μας συμφέρει σε κάθε περίπτωση - Ποιος θα μπορούσε να είναι ένας καλός συνδυασμός;



Pin joint



Slider joint



Half joint

Εικόνα 83 – Διάφοροι τύποι συνδέσμων

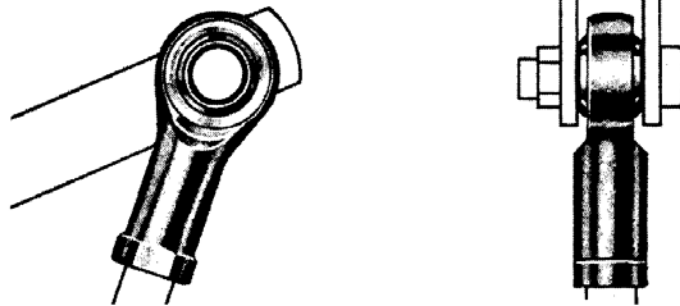


Cantilever mount – single shear

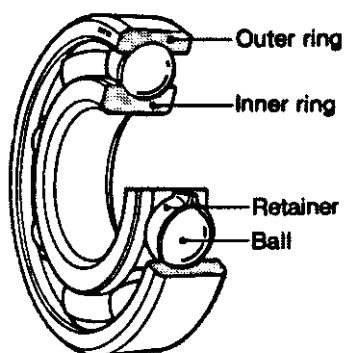


Straddle mount – double shear

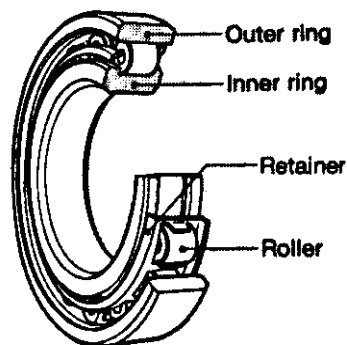
Εικόνα 86 – Διαφορές στη σύνδεση περιστρεφόμενων συνδέσμων.



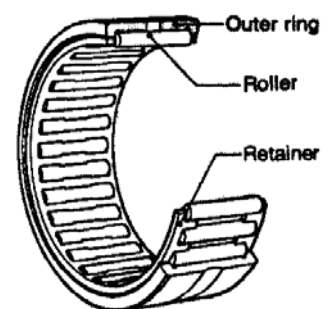
Εικόνα 84– Άλλο είδος άρθρωσης.



Ball bearing



Roller bearing



Needle bearing

Εικόνα 85 – Διάφορα είδη περιστρεφόμενων φορέων.

Η άλλες μορφές λύσεων :

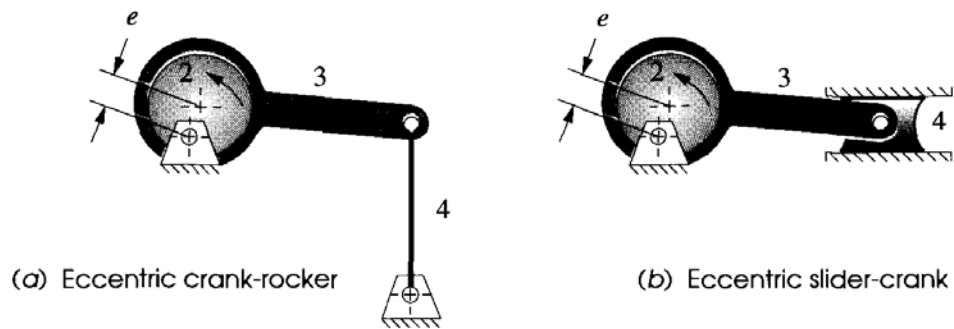


FIGURE 2-29

Eccentric cranks

Εικόνα 85 - Ένας στρόφαλος (*crank*), τοποθετημένος έκκεντρα