

Το θραύσμα του γραναζιού που βρέθηκε το 2006 στην Ολβία της Σαρδηνίας, χρονολογήθηκε στο δεύτερο μισό του γ' αι. π.Χ., την εποχή του Αρχιμήδη, τότε που ο Ελληνικός πολιτισμός είχε φθάσει στη μέγιστη ακμή του στην Κάτω Ιταλία. Πρόκειται για το αρχαιότερο γρανάτζι που έχει βρεθεί μέχρι σήμερα, το οποίο από την ημέρα της ανακάλυψής του προκάλεσε το τεράστιο ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας. Είναι κατασκευασμένο από κράμα χαλκού, έχει διάμετρο 43 χιλιοστά και διέθετε 55 δόντια σε όλη του την περιφέρεια.

XVIII Διεθνές Συνέδριο Μελετών «Roman Africa»
Φωτογραφία, σχέδιο: Τζιοβάνι Παστόρε

- **Οδοντώσεις**
- **Είδη οδοντωτών τροχών**
- **Αλυσοτροχοί**
- **Μηχανισμοί με οδηγητικές καμπύλες**

<http://www.m3.tuc.gr>



7^η Διάλεξη – Οδοντώσεις

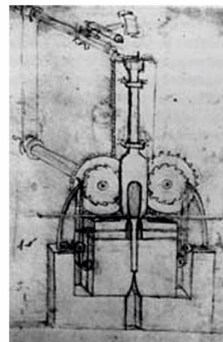
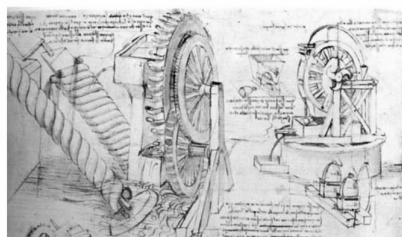
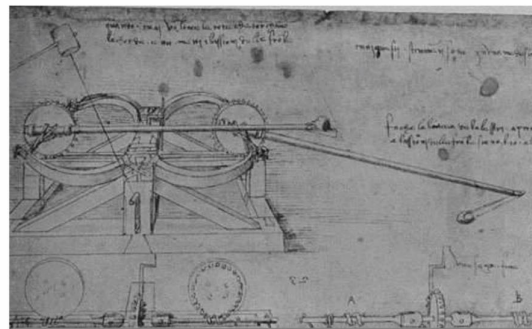
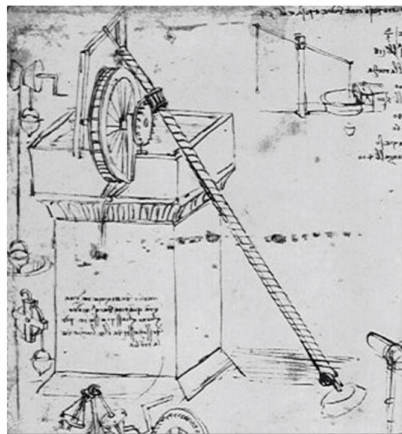


2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



Leonardo da Vinci
(1452-1519)



<http://www.m3.tuc.gr>



Σχέδια οδοντώσεων του Leonardo da Vinci

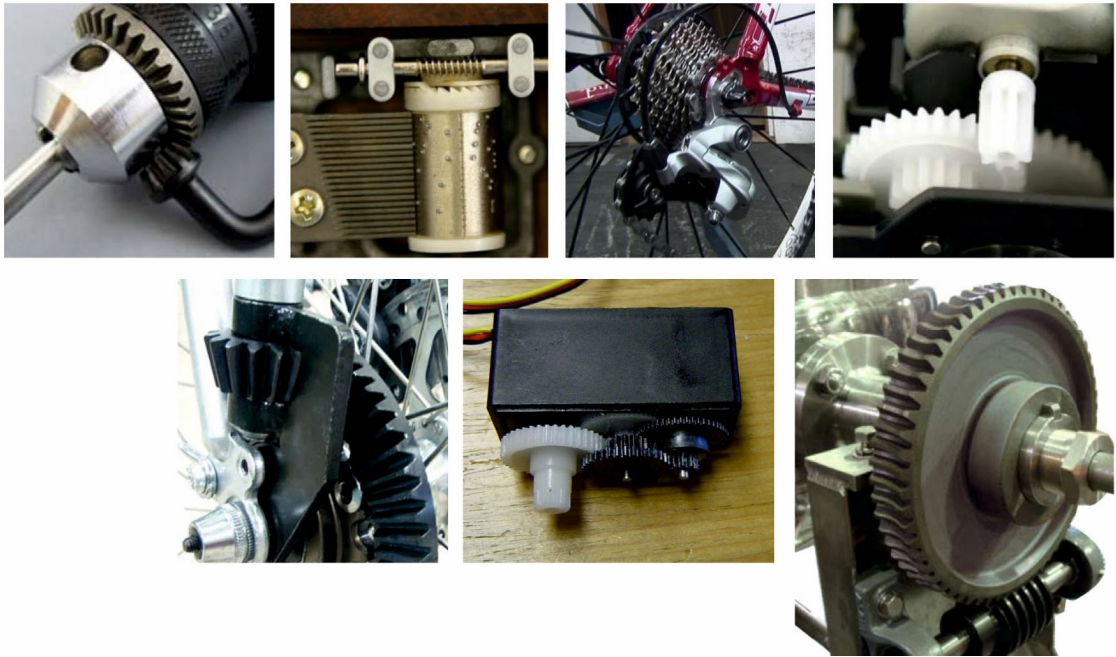


2022



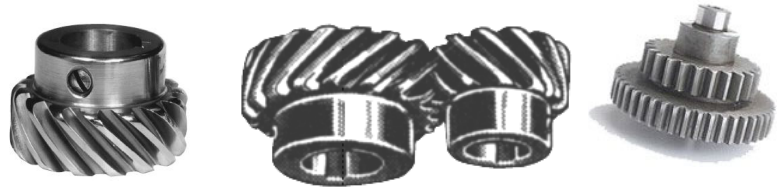
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



Οι οδοντωτοί τροχοί διακρίνονται σε:

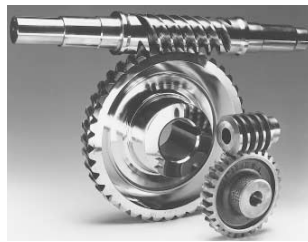
Μετωπικούς
οδοντωτούς τροχούς



Κωνικούς
οδοντωτούς τροχούς και



Ατέρμονες κοχλίες – κορώνες



<http://www.m3.tuc.gr>



Είδη οδοντωτών τροχών



m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr

Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί με
ευθεία οδόντωση



Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί με
ελικοειδή οδόντωση



Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί με
τοξοειδή οδόντωση



Οι **μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί** έχουν κυλινδρική μορφή με δόντια που βρίσκονται στην εξωτερική τους περιφέρεια

<http://www.m3.tuc.gr>



Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί



m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

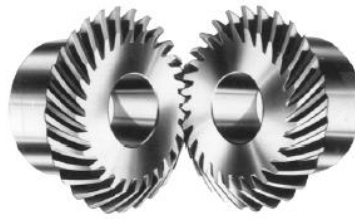
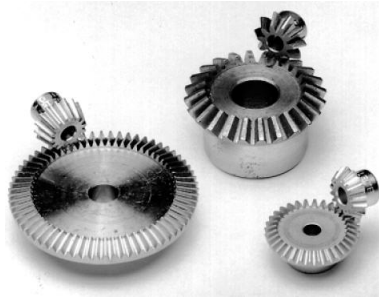
www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr

Οι **κωνικοί οδοντωτοί τροχοί** έχουν κωνική μορφή με δόντια που βρίσκονται στην εξωτερική τους παράπλευρη επιφάνεια και χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν ισχύ μεταξύ ατράκτων των οποίων οι άξονες τέμνονται. Οι άξονες αυτοί μπορούν να τέμνονται σε οποιαδήποτε γωνία αλλά συχνότερα παρουσιάζονται σε γωνία 90°.

Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ευθεία οδόντωση

Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ελικοειδή οδόντωση

Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με τοξοειδή οδόντωση



Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ευθεία οδόντωση που αποτελούν τον απλούστερο τύπο κωνικών οδοντωτών τροχών. Τα δόντια τους είναι ευθύγραμμα και αν επεκταθούν προς το εσωτερικό του τροχού θα συναντηθούν όλα με τον άξονα του τροχού στο ίδιο σημείο. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε κατασκευές με μικρές ταχύτητες και όταν η ομοιομορφία μετάδοσης κίνησης και φορτίου καθώς και η έλλειψη θορύβου δεν είναι βασικές απαιτήσεις.

Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με ελικοειδή ή λοξή οδόντωση που μοιάζουν με τους αντίστοιχους κωνικούς οδοντωτούς τροχούς με ευθεία οδόντωση με τη διαφορά ότι τα δόντια τους είναι λοξά με γωνία κλίσης.

Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί με τοξοειδή οδόντωση

<http://www.m3.tuc.gr>



Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί



m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr

Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά

m = μέτρο οδόντωσης (modul) = t/π

d_k = διάμετρος κεφαλής

d_o = αρχική διάμετρος

d_f = διάμετρος ποδιού

s = πάχος δοντιού

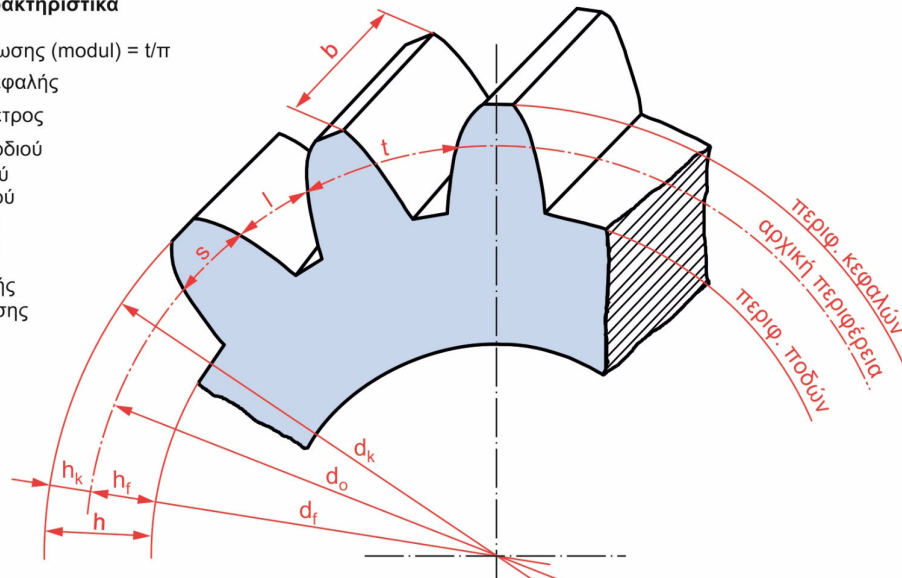
l = διάκενο δοντιού

h = ύψος δοντιού

h_f = ύψος ποδιού

h_k = ύψος κεφαλής

t = βήμα οδόντωσης



Ως **μέτρο οδόντωσης (modul) m** ορίζεται το πηλίκο της αρχικής διαμέτρου του οδοντωτού τροχού προς τον αριθμό των δοντιών του z .

$$m = d_o / z$$

<http://www.m3.tuc.gr>



Γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδοντώσεων



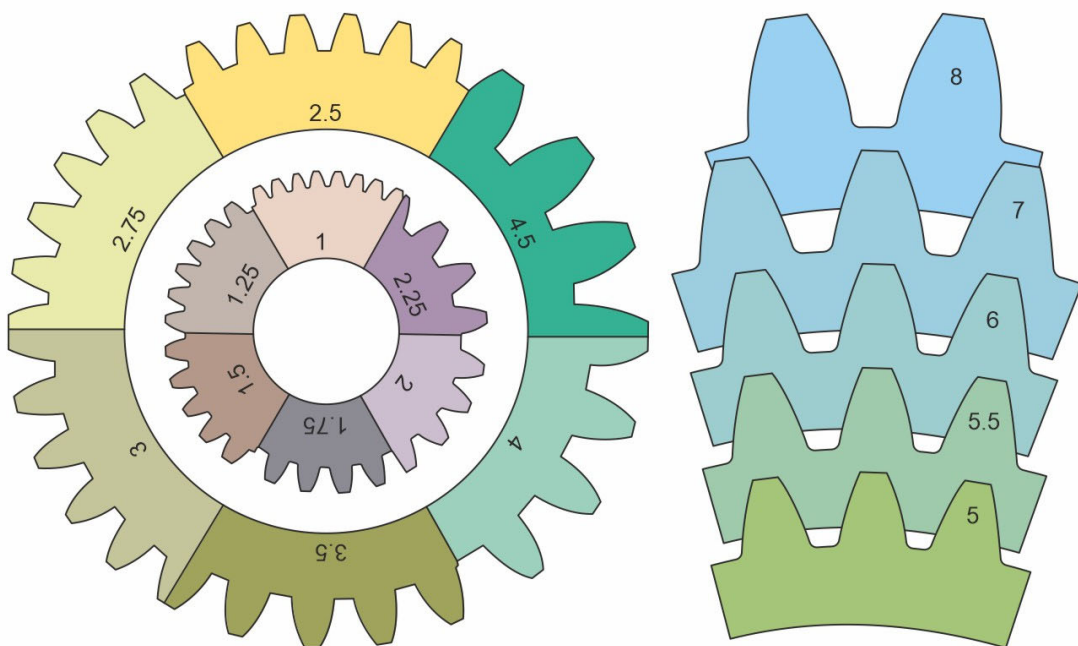
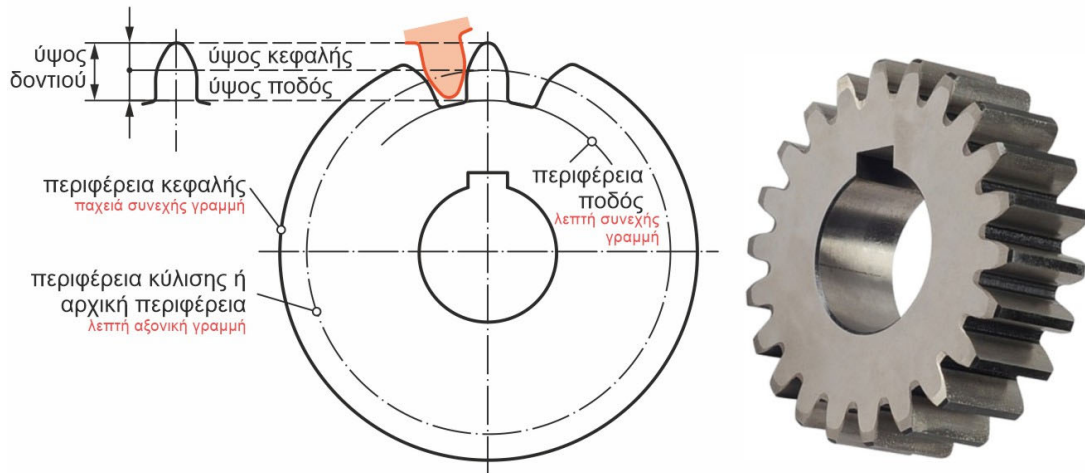
m3 TUC

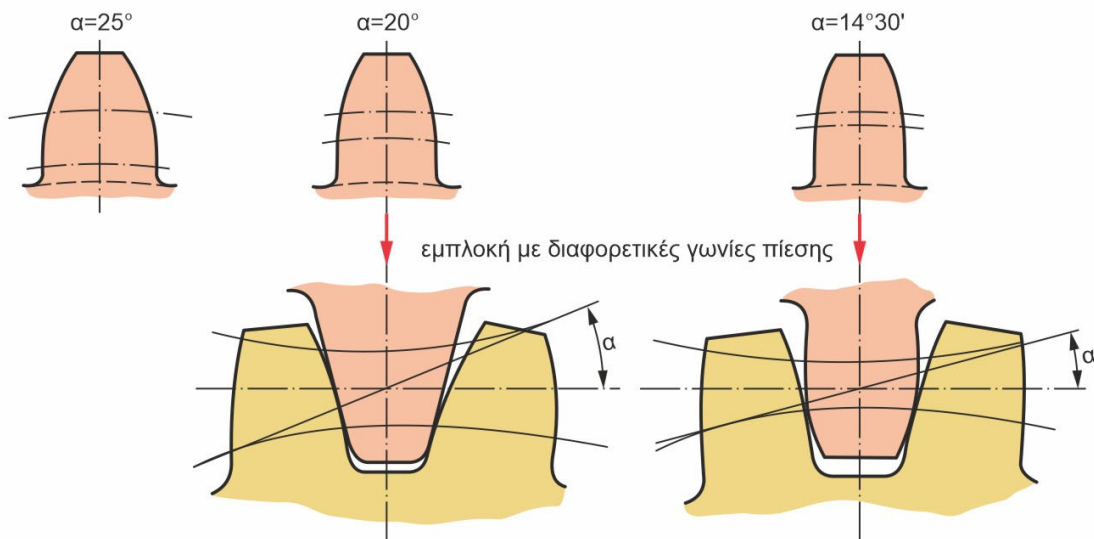
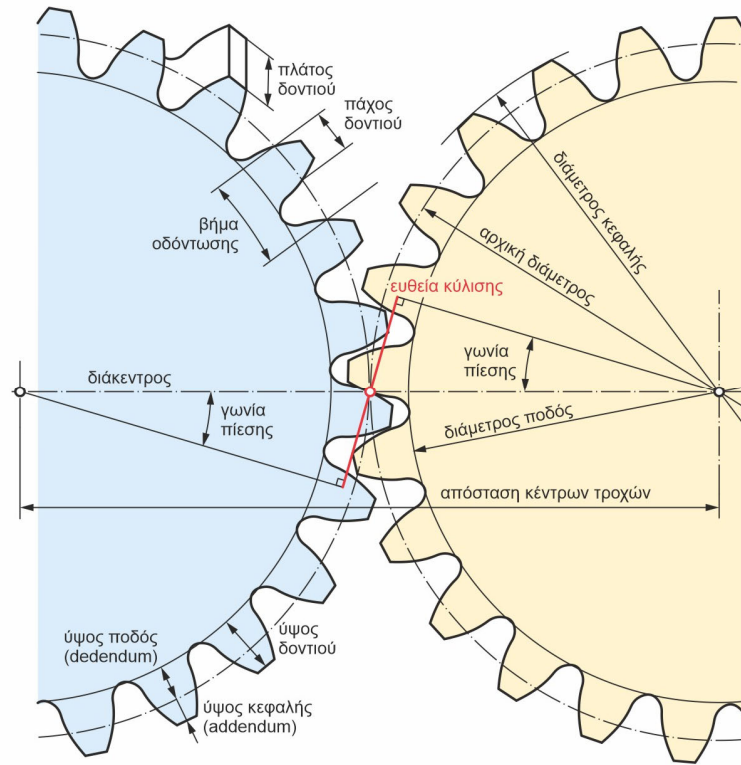
2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr





Με τους οδοντωτούς τροχούς μεταδίδεται περιστροφική κίνηση από μια άτρακτο που ονομάζεται **κινητήρια**, σε μian άλλη άτρακτο που ονομάζεται **κινούμενη**. Η σχέση ανάμεσα στις στροφές περιστροφής των δύο αυτών ατράκτων λέγεται **σχέση μετάδοσης** και συμβολίζεται με **i** .

Η **σχέση μετάδοσης** ισούται με το κλάσμα όπου ο αριθμητής είναι οι αρχικές στροφές n_a που έχει η κινητήρια άτρακτος και παρονομαστής οι τελικές στροφές n_b που έχει η κινούμενη άτρακτος.

$$i = n_b/n_a$$

Το μέτρο οδόντωσης είναι γεωμετρικό μέγεθος και λαμβάνει τυποποιημένες τιμές σε χιλιοστά [mm]. Δύο οδοντωτοί τροχοί προκειμένου να συνεργαστούν και να μεταδώσουν την κίνηση από τη μια άτρακτο στην άλλη θα πρέπει να έχουν το ίδιο βήμα και συνεπώς και το ίδιο μέτρο οδόντωσης.



<http://www.m3.tuc.gr>



Σχέση μετάδοσης και μέτρο οδόντωσης



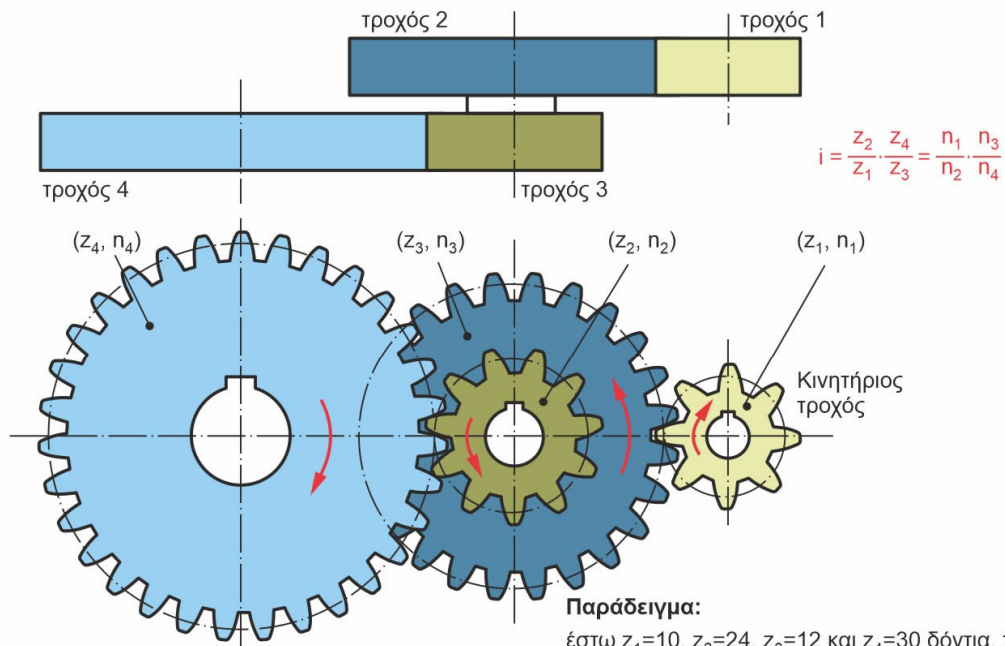
m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



Παράδειγμα:

έστω $z_1=10$, $z_2=24$, $z_3=12$ και $z_4=30$ δόντια, τότε:

η σχέση μετάδοσης είναι: $i = \frac{24 \cdot 30}{10 \cdot 12} = \frac{720}{120} = 6$

<http://www.m3.tuc.gr>



Σχέση μετάδοσης σειράς οδοντωτών τροχών σε εμπλοκή



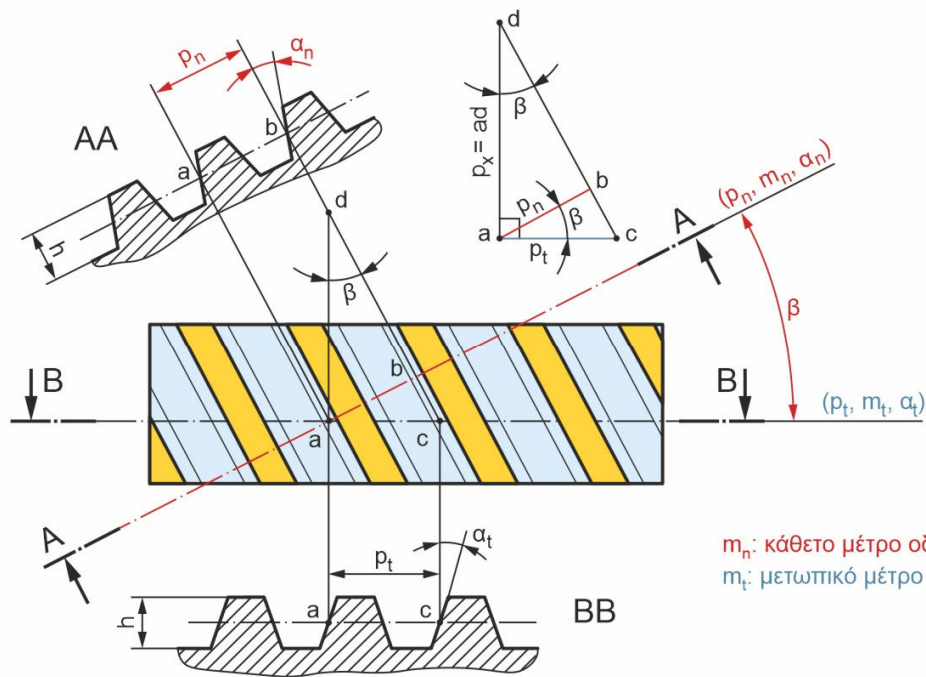
m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



m_n : κάθετο μέτρο οδόντωσης
 m_t : μετωπικό μέτρο οδόντωσης

<http://www.m3.tuc.gr>



Κάθετο και μετωπικό μέτρο οδόντωσης

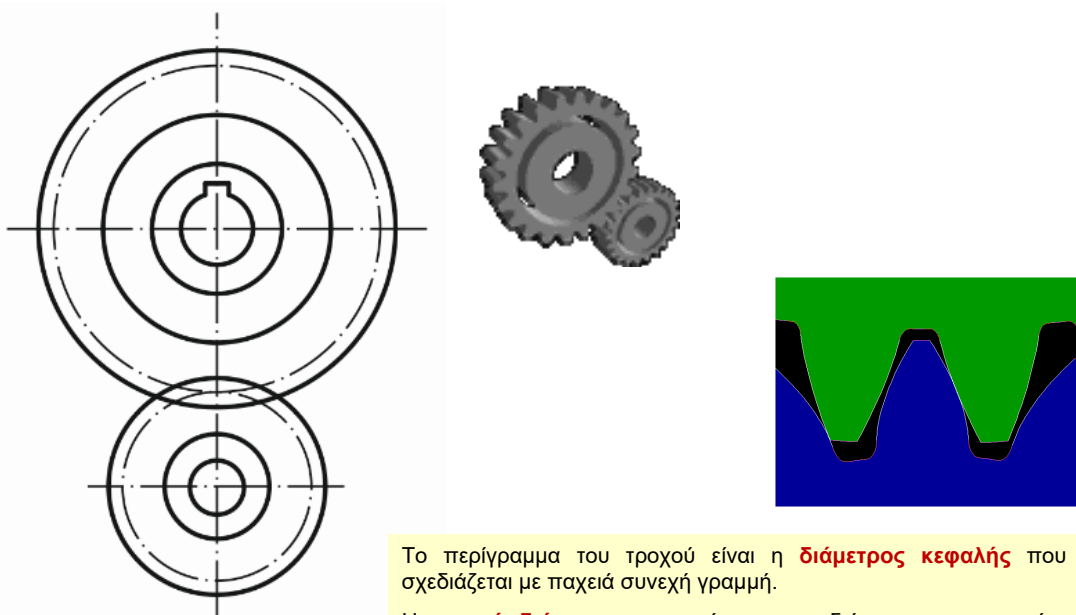
f m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
 Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
 Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
 aantoniadis@tuc.gr



Το περίγραμμα του τροχού είναι η **διάμετρος κεφαλής** που σχεδιάζεται με παχιά συνεχή γραμμή.

Η **αρχική διάμετρος**, που είναι και η διάμετρος συνεργασίας μεταξύ ζεύγους οδοντωτών τροχών σχεδιάζεται με αζονική γραμμή.

Η **διάμετρος ποδός** συνήθως δεν σχεδιάζεται καθόλου σε όψη

<http://www.m3.tuc.gr>



Κανόνες σχεδίασης οδοντωτών τροχών

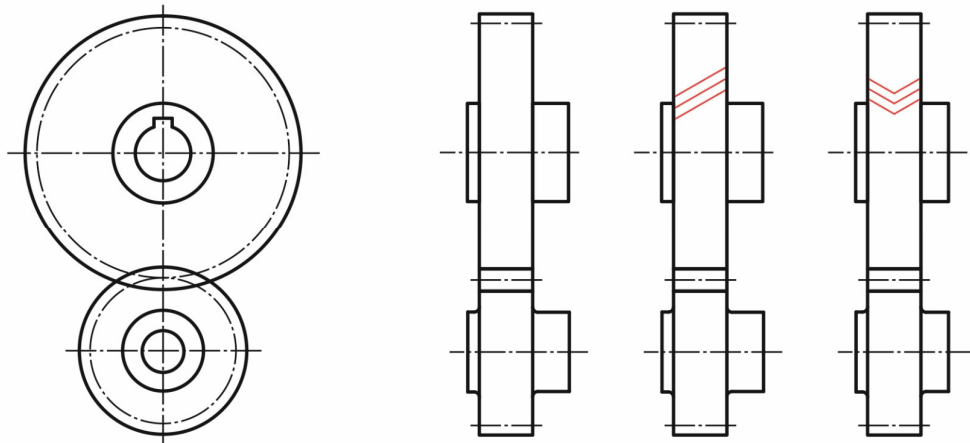
f m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
 Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
 Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
 aantoniadis@tuc.gr


<http://www.m3.tuc.gr>


Συμβολική σχεδίαση διεύθυνσης οδόντωσης

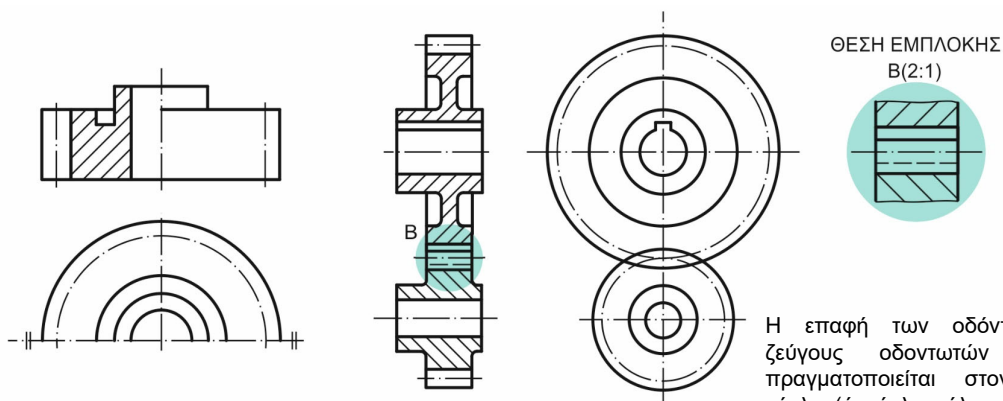


2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



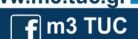
Ζεύγος
οδοντωτών
τροχών



Η επαφή των οδόντων ενός ζεύγους οδοντωτών τροχών, πραγματοποιείται στον αρχικό κύκλο (ή κύκλο κύλισης). Έτσι η αξονική γραμμή που παριστά τον αρχικό κύκλο, ταυτίζεται στα δύο συνεργαζόμενα γρανάζια.


<http://www.m3.tuc.gr>


Μετωπικός οδοντωτός τροχός με ευθεία οδόντωση

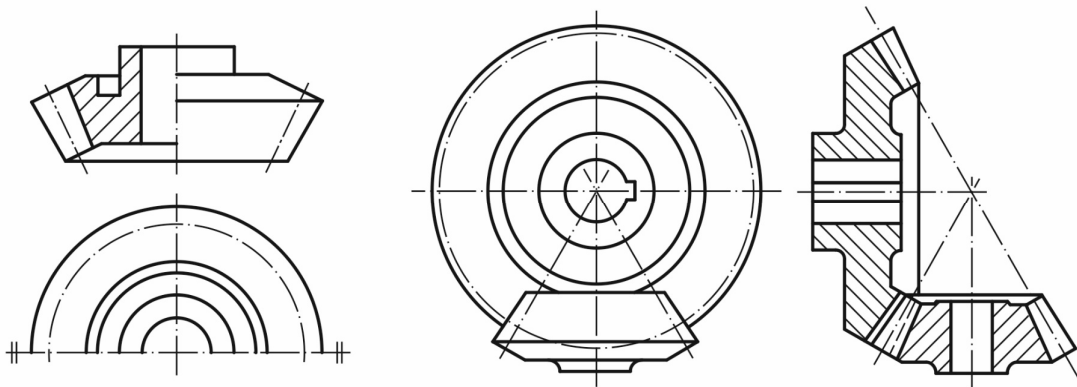
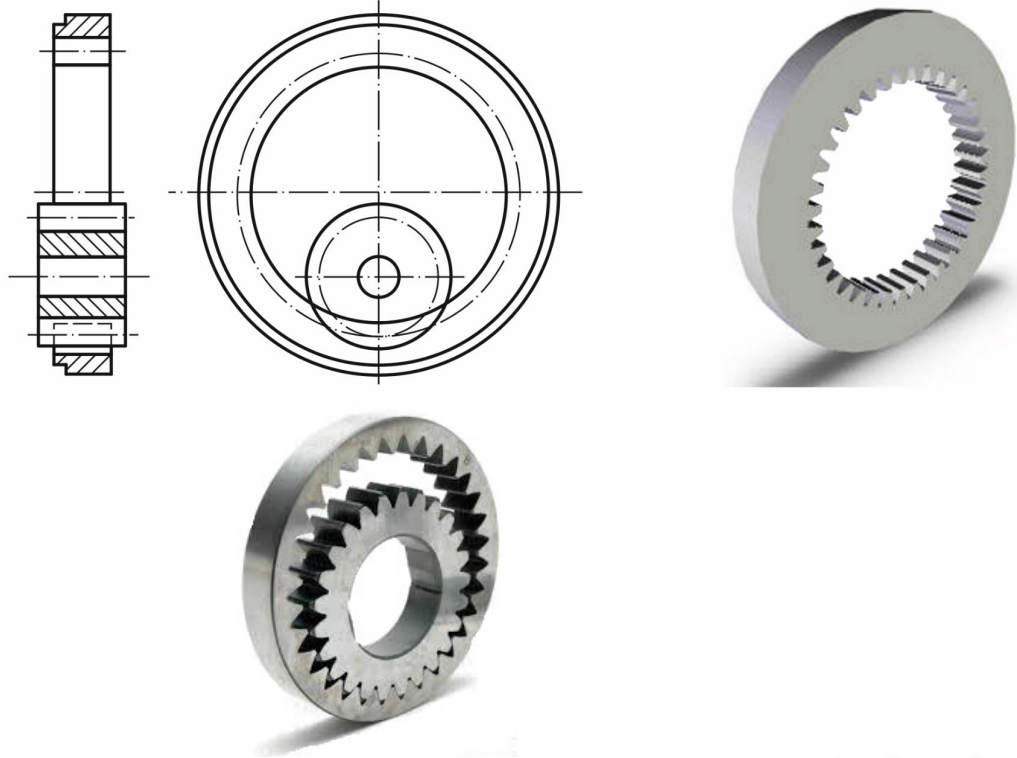


2022



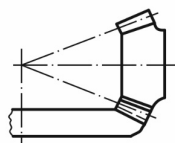
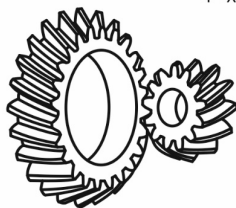
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr

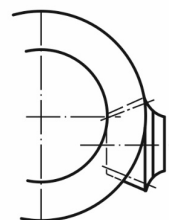
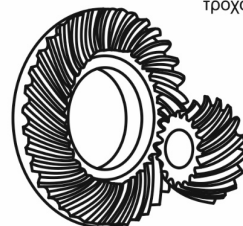


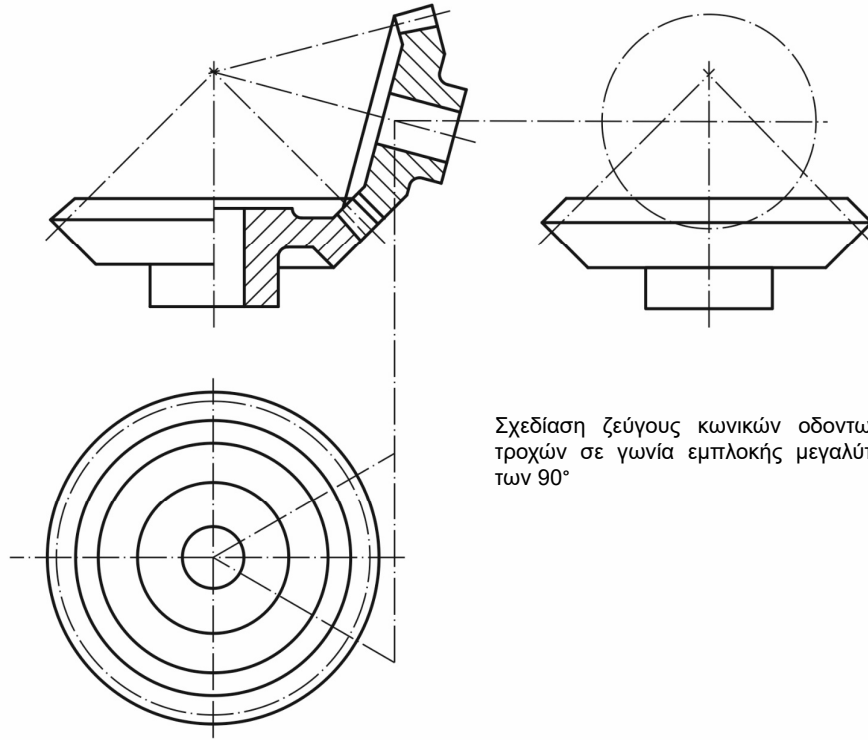
Τοξοειδείς κωνικοί οδοντωτοί τροχοί

Υποσειδείς κωνικοί οδοντωτοί τροχοί



προσφορά της VID





Σχεδίαση ζεύγους κωνικών οδοντωτών τροχών σε γωνία εμπλοκής μεγαλύτερη των 90°

<http://www.m3.tuc.gr>



Σχεδίαση σε τρεις όψεις ζεύγους κωνικών οδοντωτών τροχών



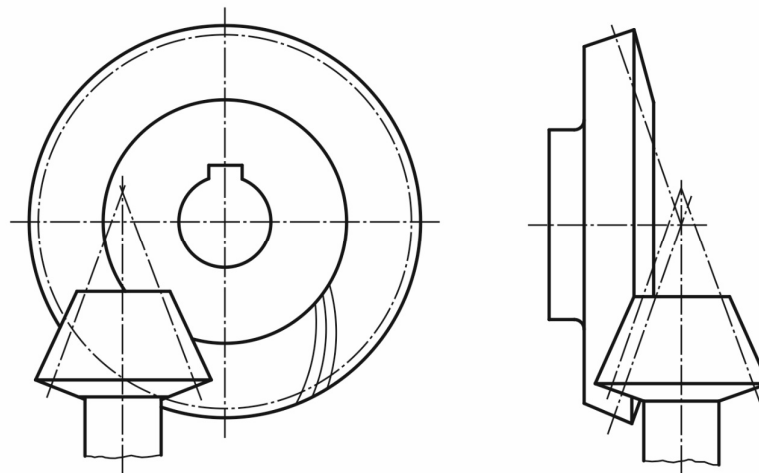
m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



<http://www.m3.tuc.gr>



Σχεδίαση ζεύγους υποειδών οδοντωτών τροχών



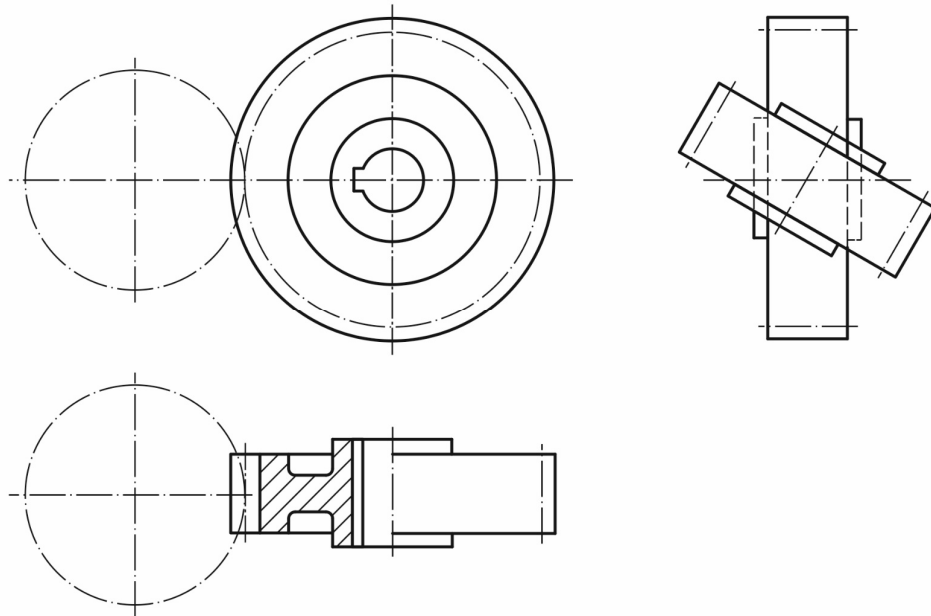
m3 TUC

2022

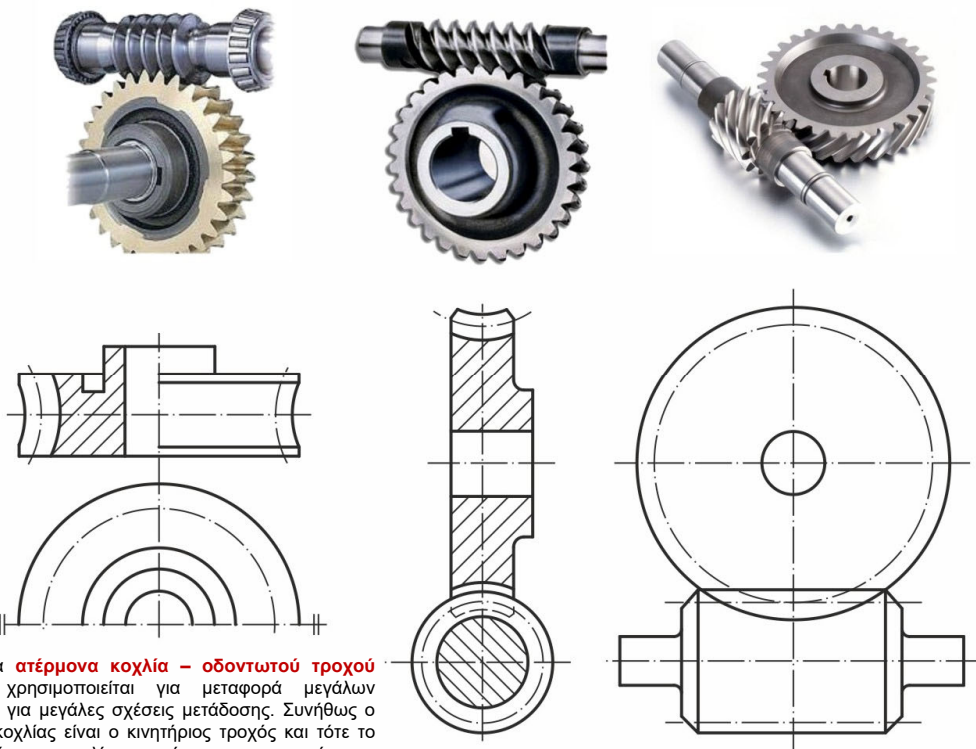


Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

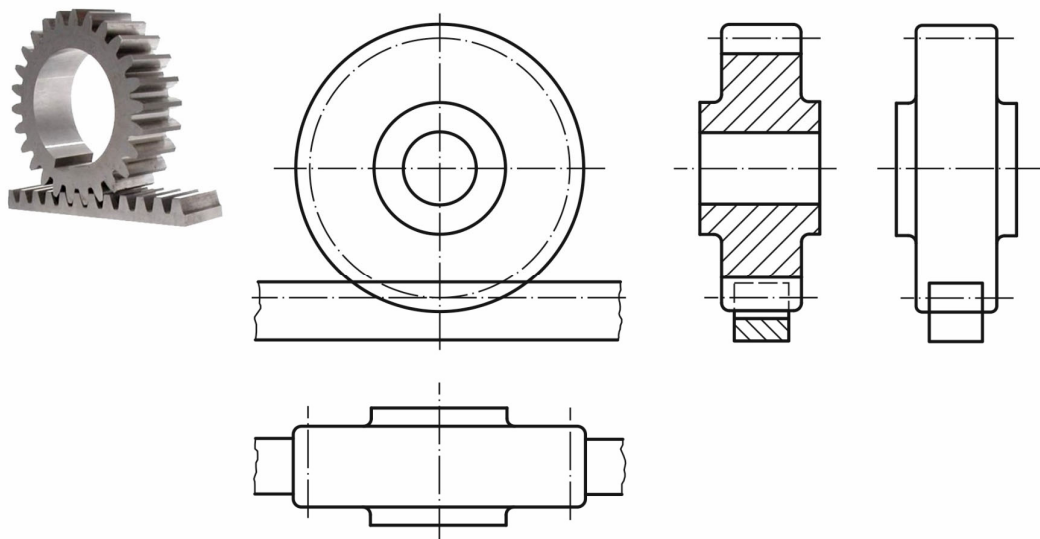
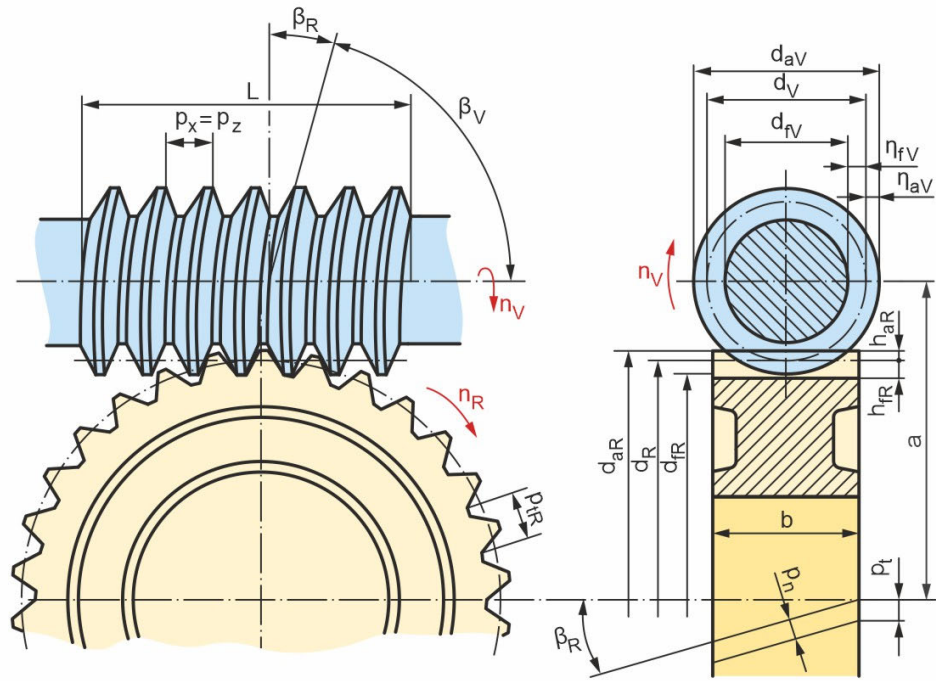
www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



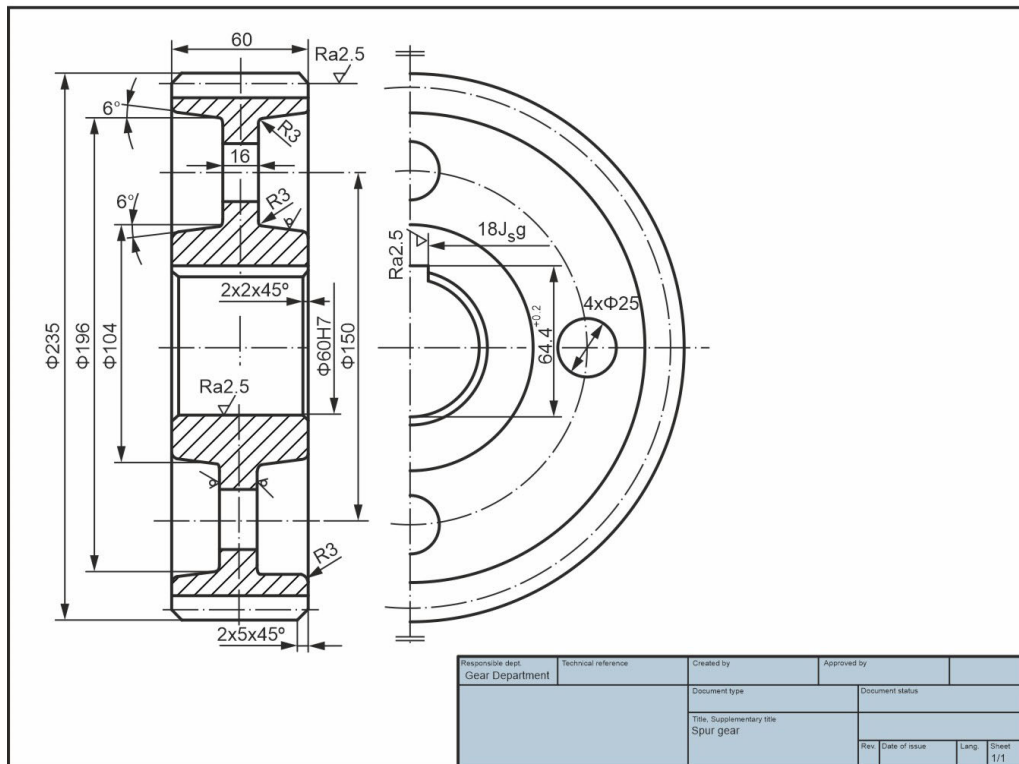
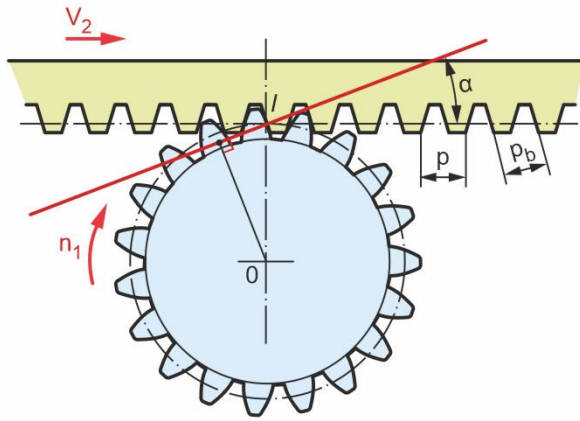
Στις παραστάσεις ζευγών οδοντωτών τροχών, τα συνεργαζόμενα γράναζια πολλές φορές **ΕΠΙΚΑΛΥΠΤΟΥΝ** το ένα το άλλο. Στις περιπτώσεις αυτές, όταν δηλαδή ένας οδοντωτός τροχός καλύπτει πλήρως ή κατά μεγάλο μέρος τον συνεργαζόμενο τροχό, τα περιγράμματα των τροχών που καλύπτονται μπορούν να μη σχεδιασθούν.



Το σύστημα **ατέρμονα κοχλία – οδοντωτού τροχού** (κορώνας) χρησιμοποιείται για μεταφορά μεγάλων φορτίων και για μεγάλες σχέσεις μετάδοσης. Συνήθως ο ατέρμονας κοχλίας είναι ο κινητήριος τροχός και τότε το σύστημα ατέρμονα κοχλία – κορώνας χρησιμοποιείται ως μειωτήρας στροφών.

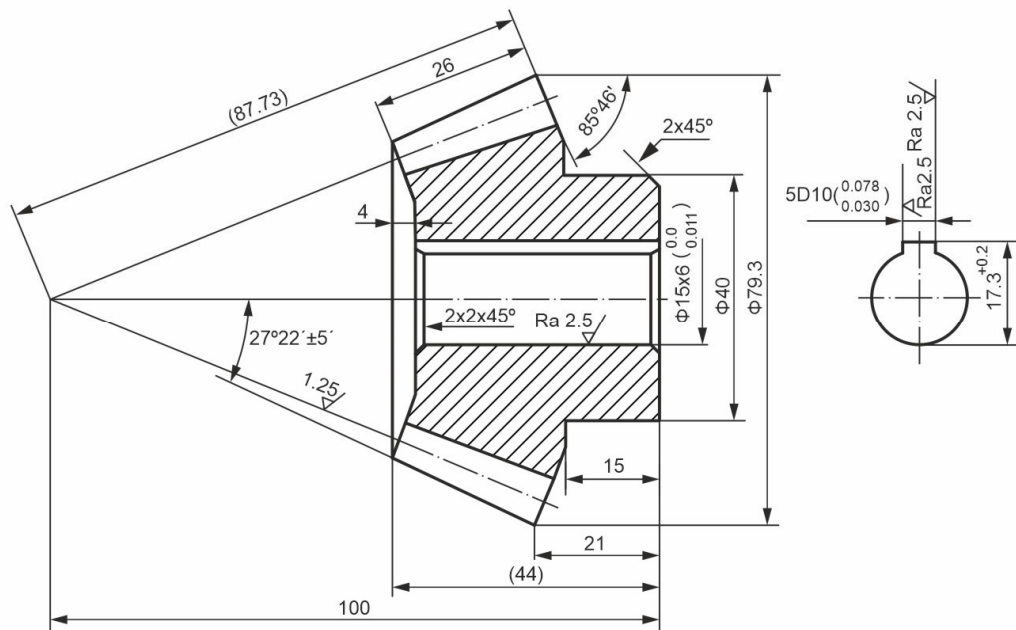
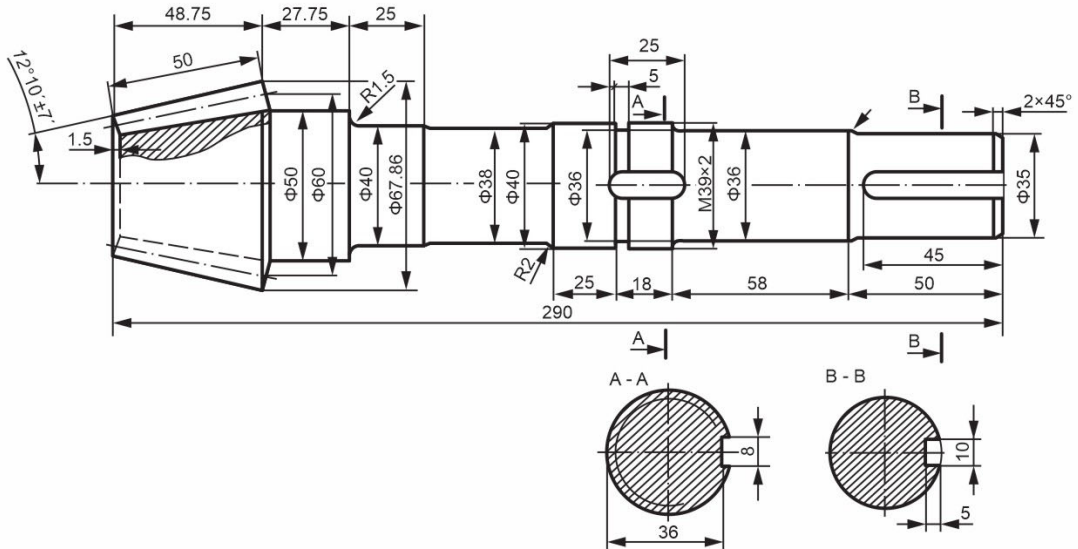


Η οδοντοκίνηση αυτή χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις μετατροπής της περιστροφικής κίνησης σε ευθύγραμμη μεταφορική κίνηση.



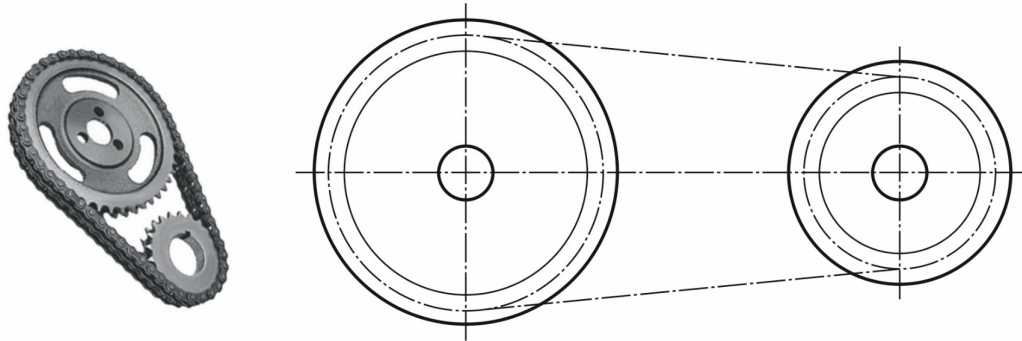
Responsible dept. Gear Department	Technical reference	Created by	Approved by
		Document type	Document status
		Title, Supplementary title Spur gear	
Rev.	Date of issue	Lang.	Sheet 1/1





Τα **μειονεκτήματα της αλυσοκίνησης** είναι:

- Η σύνδεση μόνο μεταξύ ατράκτων που είναι παράλληλες.
- Το υψηλό κόστος κατασκευής της.
- Ο υψηλός θόρυβος λειτουργίας της.
- Η φθορά της αλυσίδας που οδηγεί σε μείωση του χρόνου ζωής της αλυσοκίνησης.
- Η περιορισμένη ακρίβεια στην κίνηση.
- Το μικρότερο επιτρεπόμενο σφάλμα παραλληλότητας μεταξύ των ατράκτων σε σχέση με την ιμαντοκίνηση.



<http://www.m3.tuc.gr>



Ζεύγος αλυσοτροχών



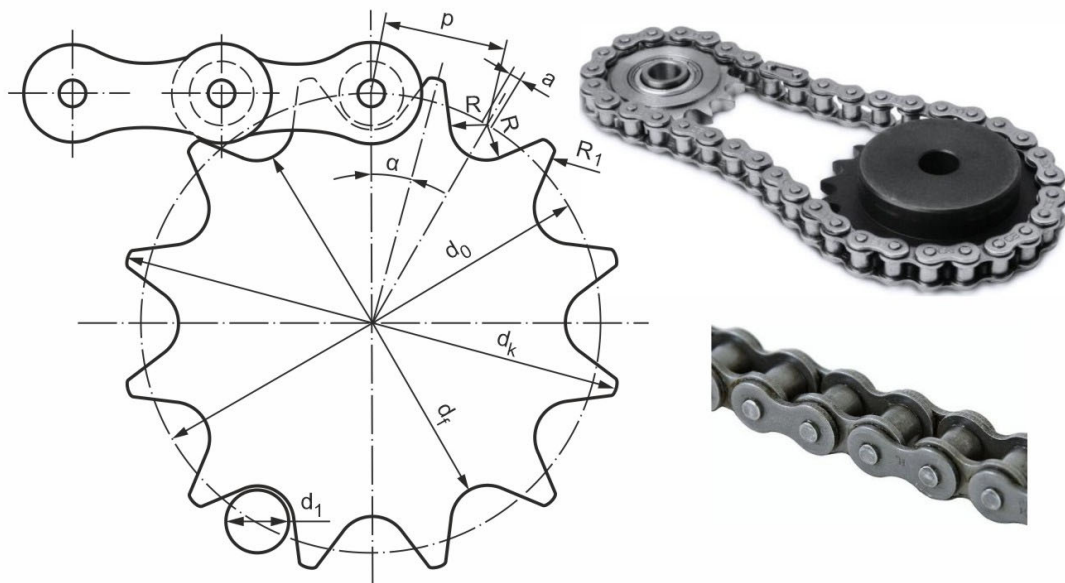
m3 TUC

2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



<http://www.m3.tuc.gr>



Γεωμετρικά χαρακτηριστικά αλυσοκίνησης



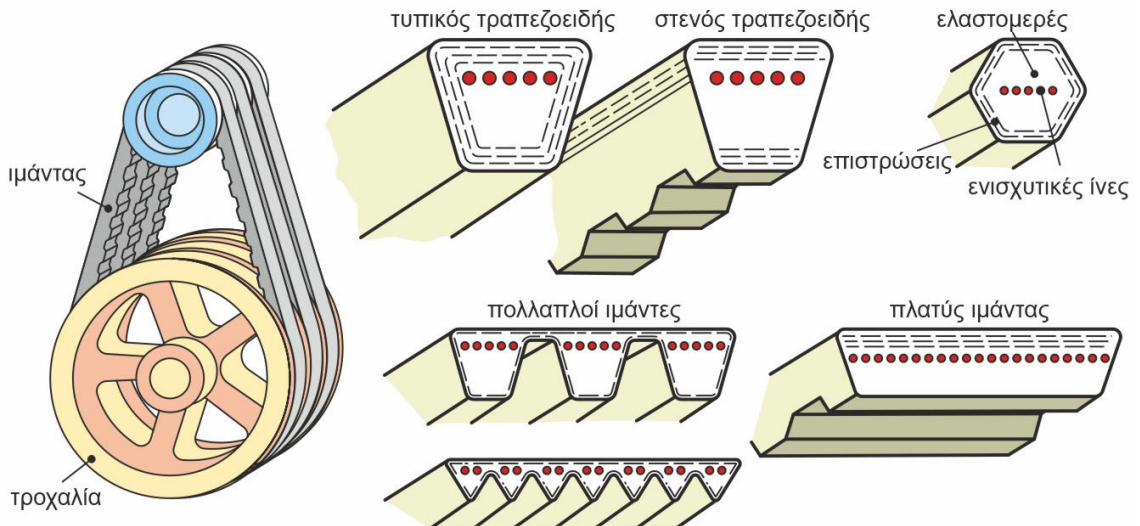
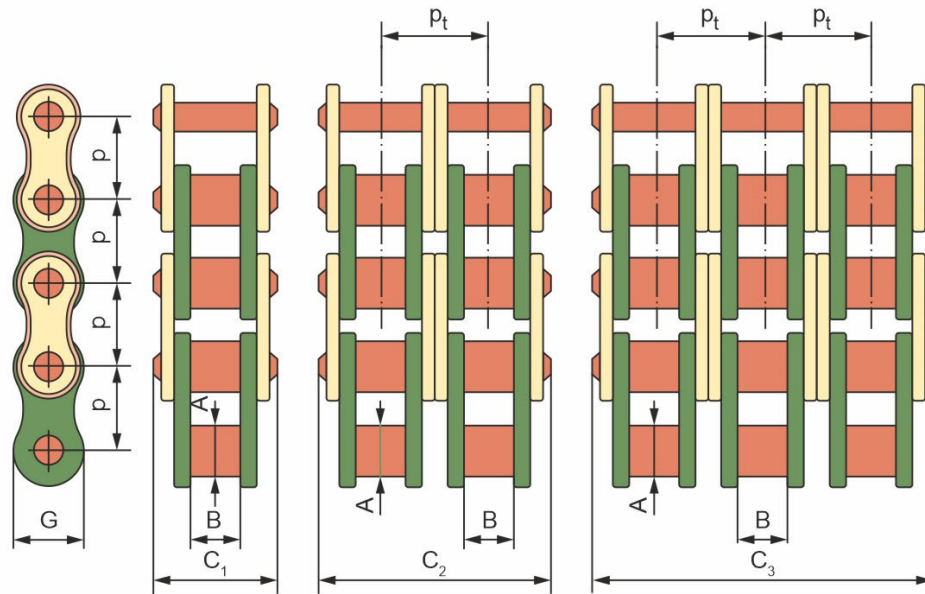
m3 TUC

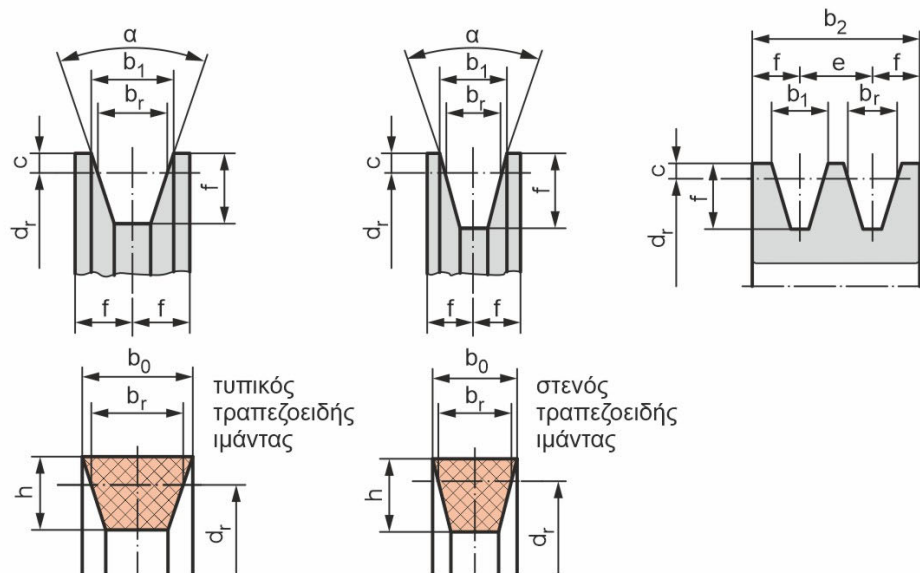
2022



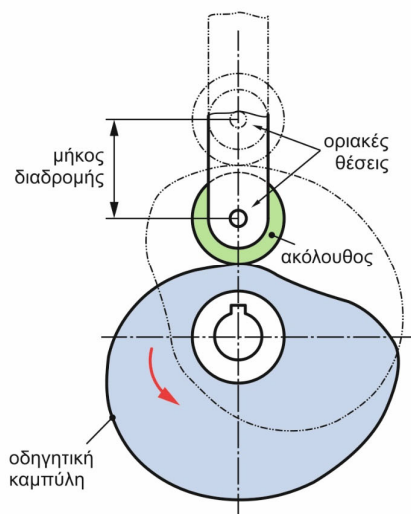
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

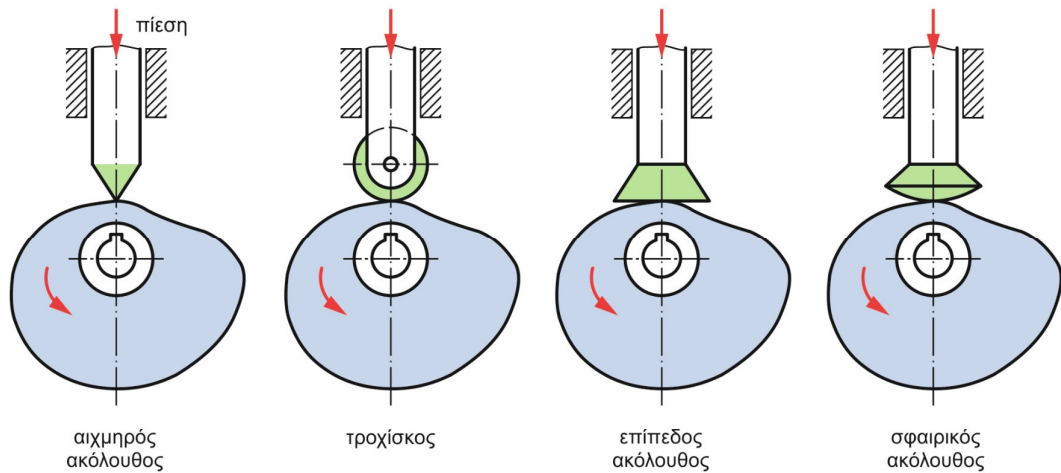
www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr



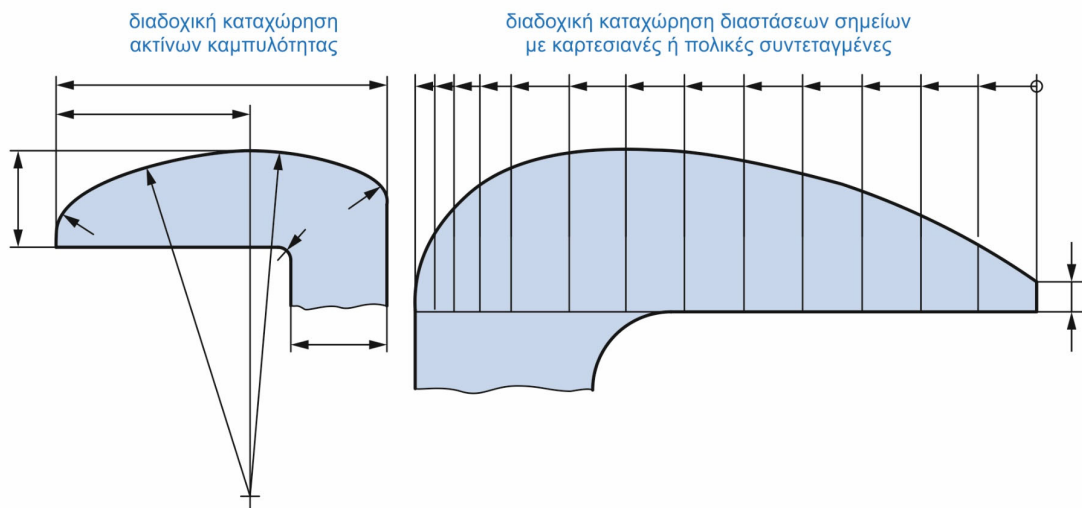


Οι **μηχανισμοί με οδηγτικές καμπύλες** είναι μηχανολογικές διατάξεις οι οποίες αποτελούνται από δύο μέλη και χρησιμοποιούνται για μετάδοση κίνησης. Το κινητήριο μέλος είναι συνήθως ένας δίσκος (**κνώδακας**) με συγκεκριμένη γεωμετρία στην εξωτερική του επιφάνεια ή αυλάκι, που είναι η **οδηγητική καμπύλη**. Η καμπύλη αυτή ελέγχει την κίνηση του δεύτερου μέλους της διάταξης που ονομάζεται **ακόλουθος**. Συνήθως οι μηχανισμοί με οδηγτικές καμπύλες χρησιμοποιούνται για να μετατρέψουν μια κυκλική κίνηση σε ευθύγραμμη.



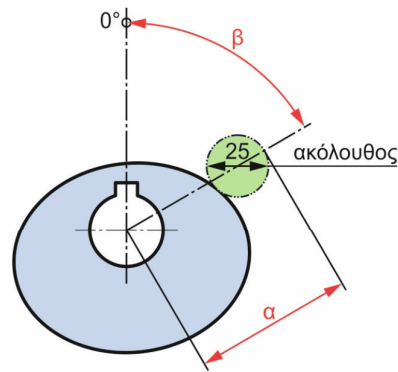
αιχμηρός
ακόλουθος

τροχίσκος

επίπεδος
ακόλουθοςσφαιρικός
ακόλουθος

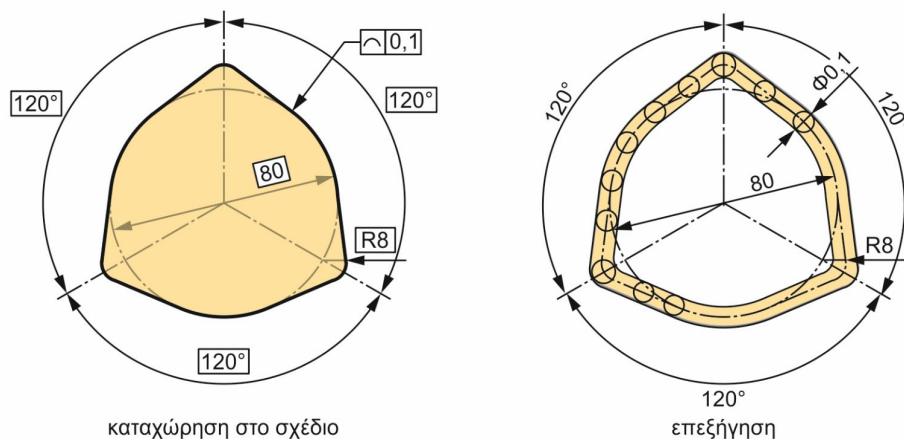
Στην πρώτη περίπτωση αριστερά στο σχήμα διαστάσεις του περιγράμματος αποτελούν οι διαδοχικές ακτίνες καμπυλότητας του περιγράμματος, ενώ στη δεύτερη περίπτωση δίνονται οι καρτεσιανές ή πολικές συντεταγμένες διαδοχικών σημείων του περιγράμματος.

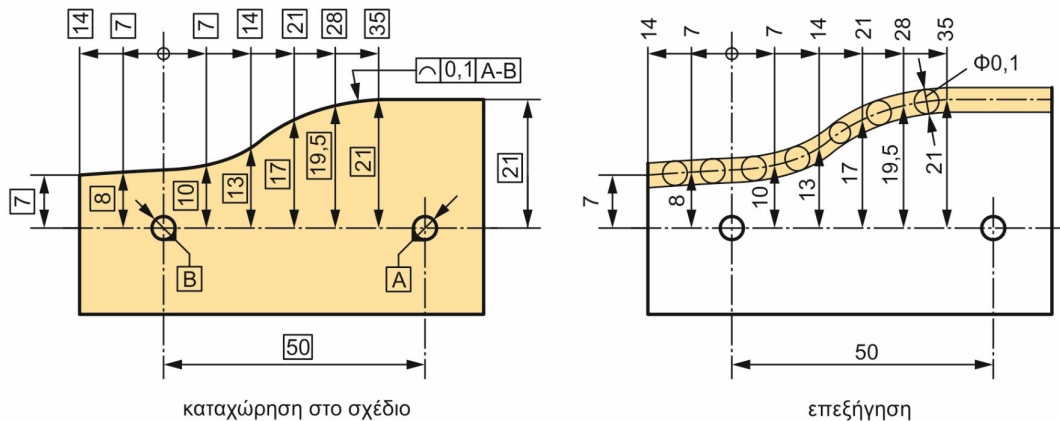




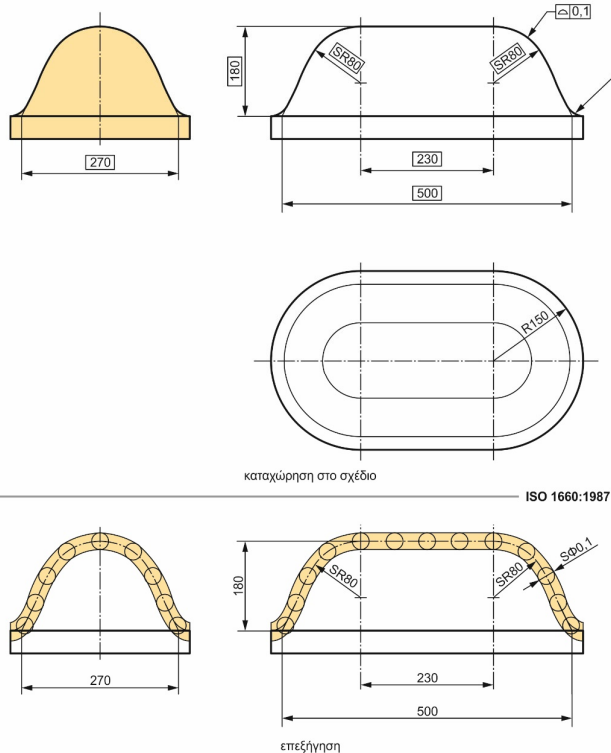
β	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120° έως 210°	230°	260°	280°	300°	320°	340°
α	50	52,5	57	63,5	70	74,5	76	75	70	65	59,5	55	52

Στις οδηγητικές καμπύλες, εάν είναι αναγκαία η καταχώρηση διαστάσεων σχετικά με τη θέση του ακολούθου, πρέπει να τοποθετείται στο σχέδιο η διάσταση α . Στο σχήμα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα καταχώρησης πολικών συντεταγμένων σε πίνακα, όπου η **γωνία β** είναι η πολική γωνία των διαδοχικών θέσεων του τροχίσκου και η **απόσταση α** είναι η απόσταση της εκάστοτε θέσης του εξωτερικού σημείου του τροχίσκου από το κέντρο περιστροφής της οδηγητικής καμπύλης.



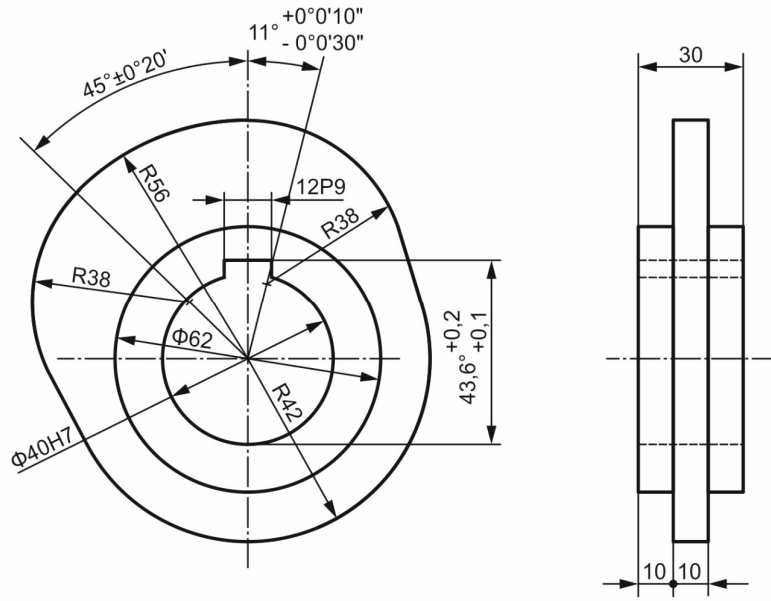


Όπως φαίνεται στο σχήμα, το πεδίο ανοχών καθορίζεται με βάση τις θεωρητικές διαστάσεις του γεωμετρικά ιδανικού περιγράμματος. Το πεδίο ανοχών στην περίπτωση αυτή οριοθετείται σε ίσες αποστάσεις εκατέρωθεν του γεωμετρικά ιδανικού περιγράμματος, όπως φαίνεται στο δεξί μέρος του σχήματος.



Αντίστοιχα με τα περιγράμματα, στις επιφάνειες στις οποίες καταχωρείται μία ανοχή μορφής, το πεδίο ανοχών καθορίζεται με βάση επίσης τις θεωρητικές διαστάσεις του γεωμετρικά ιδανικού περιγράμματος της μορφής αυτής. Όπως και στα περιγράμματα, το πεδίο ανοχών στην περίπτωση αυτή οριοθετείται σε ίσες αποστάσεις εκατέρωθεν της γεωμετρικά ιδανικής επιφάνειας.

- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1



<http://www.m3.tuc.gr>



Παράδειγμα καταχώρησης διαστάσεων σε οδηγτική καμπύλη

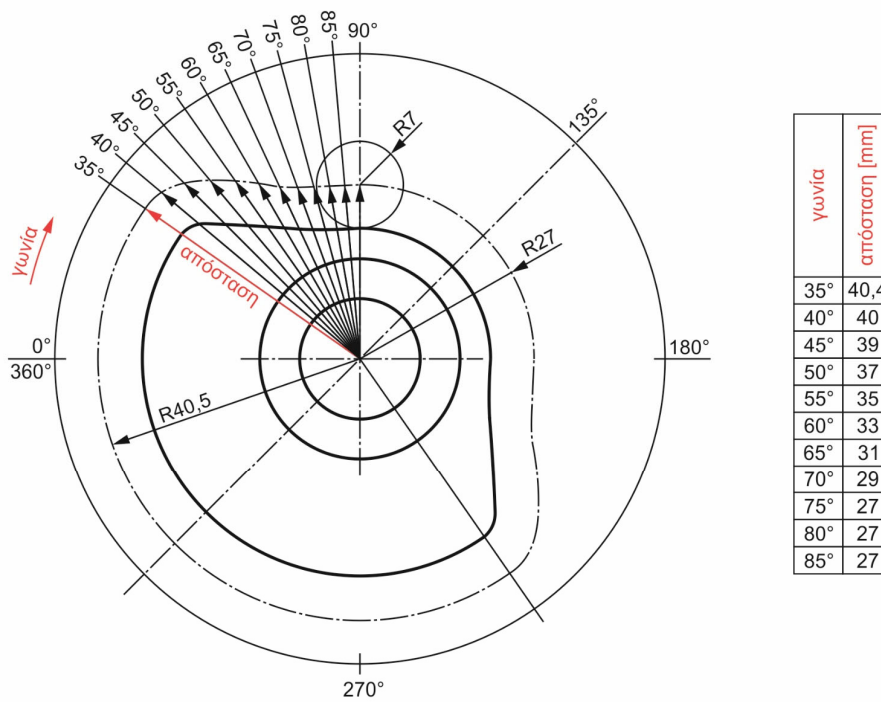
m3 TUC
2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr

- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1



<http://www.m3.tuc.gr>



Παράδειγμα καταχώρησης διαστάσεων σε οδηγτική καμπύλη

m3 TUC
2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr
aantoniadis@tuc.gr

