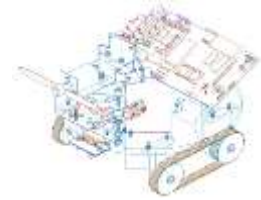


מדינת ישראל

משרד החינוך

המינהל למדע וטכנולוגיה
הפיקוח על הנדסת המכונות



מגמת הנדסת מכונות

תכנית לימודים בתהליכי ייצור התמחות בניית מכונות

מסלול טכנאים והנדסאים (כיתות י"ג-י"ד)

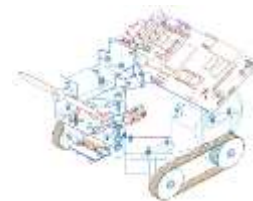
תשע"ה 2015

© כל הזכויות שמורות למשרד החינוך המינהל למדע וטכנולוגיה

מדינת ישראל

משרד החינוך

המינהל למדע וטכנולוגיה
הפיקוח על הנדסת המכונות



ועדת המקצוע

מפמ"ר / יו"ר הוועדה ד"ר ירון דופלט מפמ"ר מגמת הנדסת מכונות

עורך מדעי ויועץ אקדמי

חברי הוועדה אברהם בוקאי

מאיר מרדלר

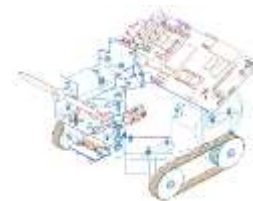
ניסים הילל

שמואל כהן

חיים קרופקו

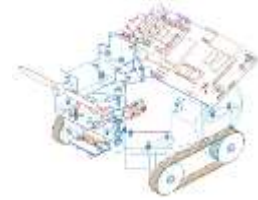
דר' אנטולי דוכובני

חיים דריבין



תוכן העניינים

1.....	רציונל ומטרות תכנית הלימודים
2.....	מערך שעות הוראה להנדסאי בהתמחות בניית מכונות
3.....	בחינות חיצוניות
3.....	מטרות הלימוד בתת-תכניות הלימוד
5	תכנית לימודים לכיתה י"ג טכנאים
14.....	תכנית לימודים לכיתה י"ד הנדסאים
29	רשימת מקורות מומלצים



התמחות בניית מכונות לימודי טכנאים והנדסאים כיתות יג'-יד'

רציונל ומטרות תכנית הלימודים

המערכות המתקדמות ביותר העומדות לשירותו של האדם, החל מחללית למאדים, מצלמה דיגיטלית משוכללת ועד למכשיר המיקרו לחימום האוכל, תוכננו, יוצרו ונבנו בעזרת הטכנולוגיות שאותן לומדים סטודנטים בתחום בנית מכונות.

תכנית הלימודים בבניית מכונות מייצגת קשת עשירה של מקצועות, החושפת את התלמידים למגוון רחב של נושאים ותחומים טכנולוגיים. מדובר בנושאים ובתחומים המהווים נדבך חשוב ויישומי בעולם של טכנולוגיה מתקדמת, המקנים לבוגר ראייה מערכתית מקיפה.

הנטייה כיום היא לאחד תחומי דעת המשלימים זה את זה. וכך ליצור אפוא אינטגרציה, המאפשרת ללומד הסתכלות רחבה ומעמיקה בתחומי הטכנולוגיה. פיתוח חשיבה יוצרת, טיפוח היכולת היצירתית בבניית מערכות אינטגרטיביות. המשלבות, תכן מערכות מכניות, הנדסת חומרים, מערכות בקרה, אוטומציה ותהליכי עיבוד ממוחשבים.

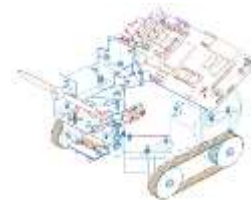
מקצועות הלימוד פרוסים באופן המאחד לימוד ובנייה של רובוטים, בחירת חומרים ויכולת המחשה ממוחשבת של מודלים ומערכות הנדסיות המוצגות במחשבים בראייה תלת ממדית. המידע מועבר מהמחשב למערכות המשלבות ידע טכנולוגי בתהליך הייצור וסופה בייצור ממוחשב במכונת ייצור מסוג מערכות CNC - מערכות ייצור מבוקרות מחשב (Computer Numerical Control).

תכני הלימוד:

1. הנדסה תעשייתית
2. חשמל, אלקטרוניקה ובקרה
3. עיבוד חומרים
4. תכנון תהליכי עיבוד שבבי: התכנית כוללת לימוד עיוני והתנסותי בייצור מתקדם.
5. עיבוד שבבי, בלתי שבבי ומדידות
6. תכן מערכות מכניות

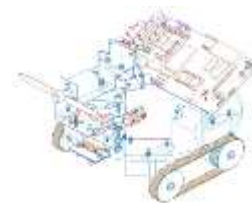
מטרות

שילוב תכני לימוד מדעיים וטכנולוגיים עיוניים בהתנסויות מעשיות.
הקניית מיומנויות של תכן הנדסי של מערכות ושימוש מושכל בתכנון תהליך ייצור.
הקניית מיומנויות לימוד ועבודה בצוות. על צוותי הלימוד יוטלו מטלות ויגישו יחד פתרונות מנומקים.
הקניית גישה והבנה רב-תחומית בפתרון בעיות במערכות היי טק.



מערך שעות הוראה לתואר הנדסאי מכונות בהתמחות בניית מכונות

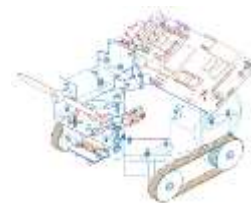
שם המקצוע		א		ב		ג		ג*		ד		ה		ו	
		ה	ע	ה	ע	ה	ע	ה	ע	ה	ע	ה	ע	ה	ע
מקצועות תשתית															
מתמטיקה		2		2											
אנגלית טכנית		2		2											
מכניקה הנדסית		5		5				5		3		3			
תכן מערכות הידרוליות		4		4											
תרמודינמיקה		1		1				4		3		3			
סרטוט הנדסי וממוחשב		3		3						2		2			
אוטומציה תעשייתית								4		2		2			
תכן מכני (פרקי מכונות)								5		5		5			
הנדסת החומרים		2		2											
סיכום תשתית		3	16	3	16			4	14	4	11	4	11		
מקצועות התמחות															
הכוונה (כלכלה)						5								5	
הנדסה תעשייתית		3		3											
חשמל ואלקטרוניקה ובקרה								4		3		3			
עיבוד חומרים		3		3											
תכנון תהליכי עיבוד שבבי ומתקני ייצור		6		6						4		4			
עיבוד בלתי שבבי ומדידות		3	3	3	3	2		4	4	3	3	3	3		
תכן מערכות מכניות										2		3	1	3	1
ע"ג / פ"ג						16									16
סיכום התמחות		3	15	3	15	5	3	18	8	6	11	6	11	2	16
סיכום כללי		6	31	6	31	5	6	18	22	10	22	10	22	7	16
סיכום			37		37		23		30		32		32		23



בחינות חיצוניות

בחינות בתום טרימסטר ב/ג				
שם הבחינה	סמל שאלון		שם הבחינה	סמל שאלון
מכניקה הנדסית ט	710001		מעבדה בבניית מכונות ט	710915
תהליכי ייצור ט	710911		הגנה על פרויקט גמר טכנאים באוטו-טק	710917

בחינות בתום טרימסטר ה/ו				
שם הבחינה	סמל שאלון		שם הבחינה	סמל שאלון
מכניקה הנדסית ה	710003		מעבדה בבניית מכונות ה	710916
תהליכי ייצור ה	710913		הגנה על פרויקט גמר הנדסאים בבנית מכונות	710918



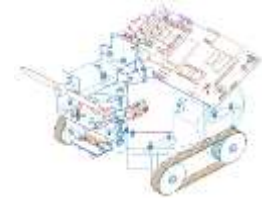
מגמת הנדסת מכונות

התמחות – בניית מכונות

תכנית לימודים לכיתה י"ג טכנאים

תוכן העניינים לתכנית הלימודים בכיתה י"ג

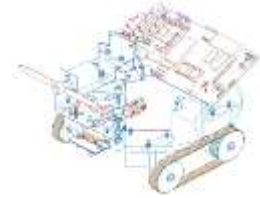
עמוד	סה"כ שעות	שעות	נושאי הלימוד	
5	84		הנדסה תעשייתית – 3 ש"ש	1
5		42	1.1 מבוא להנדסה תעשייתית – טרימסטר א	
5		42	1.2 ניהול ושיווק – טרימסטר ב'	
6	84		עיבוד חומרים – 3 ש"ש	2
8	168		תהליכי עיבוד שבבי ומתקני ייצור 6 ש"ש	3
8		60	3.1 עיבוד שבבי (ידני וממוחשב)	
9		48	3.2 שיטות ייצור	
10	84		עיבוד בלתי שבבי ומדידות – 3 ש"ש	4
10		24	4.1 מדידות ובקרת איכות	
11		18	4.2 מבוא לריתוך	
11		42	4.3 שיטות עיבוד בלתי שבבי טרימסטר ב' 3 ש"ש	
12	96		מעבדה בבניית מכונות ט	6



1 הנדסה תעשייתית יג'

טרימסטרים א' ו- ב' – 84 שעות

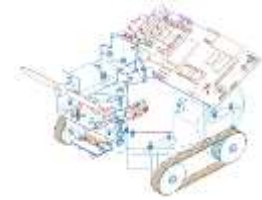
שעות	נושאי הלימוד	
42	מבוא להנדסה תעשייתית היקף: 3 ש"ש בטרימסטר א'	1.1
2	מבוא להנדסה תעשייתית • הצגת רקע • תפקיד העוסקים בנושא והבעיות העומדות בפניהם	1.1.1
4	מבנה ארגונים • העקרונות והסוגים של ארגונים • מבנה ותקשורת בתוך הארגונים וביניהם	1.1.2
12	חקר חלופות • תכנון לינארי • מציאת חלופה עדיפה לפי כמות ועלויות ייצור	1.1.3
12	תרשים אדם-מכונה • תרשים אדם – מכונה למצב נתון • שיפור נצילות ע"י ניצול משאבים קיימים	1.1.4
12	חקר זמן • מציאת זמן לפי נתוני זמנים והספקים • חישוב כמות אופטימלית	1.1.5
42	ניהול ושיווק היקף: 3 ש"ש בטרימסטר ב'	1.2
24	תכנון ויצור: תרשים PERT-GANT • כלל "פרט" • ביצוע תרשים PERT לפי זמנים נתונים • מציאת נתיב קריטי • ביצוע תרשים GANT	1.2.1
6	תפיסה שיווקית • הגדרת מונחים: שיווק, מכירות, מוצר • ההבדל בין שיווק למכירות ויחסי הגומלין ביניהם • חשיבות השיווק בעולם העסקים המודרני • מטרות ויעדים בניהול שיווק ומכירות לטווח הקצר, לטווח הבינוני, לטווח הארוך	1.2.2
12	ניהול מלאי • חישוב כמות אופטימלית להזמנה • מושגים: מלאי בטחון, עלות כוללת • חישובי רווח/הפסד של כמות נוכחית לעומת כמות אופטימלית	1.2.3



2 עיבוד חומרים יג

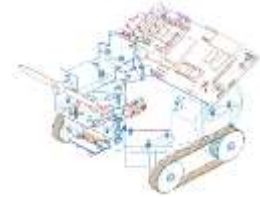
טרימסטרים א' ו-ב' – 84 שעות

שעות	נושאי הלימוד	
84	עיבוד חומרים היקף: 3 ש"ש בטרימסטר א' ו-ב'	2.
7	חקר מבנה המתכות וביקורת טיבן 2.1.1 מבנה האטום, הטבלה המחזורית וקשרים כימיים 2.1.2 מבנים גבישיים (BCC, FCC, CPH) 2.1.3 פגמים נקודתיים בסריג: היעדרויות וחדירות 2.1.4 מטלוגרפיה 2.1.5 קריסטלוגרפיה 2.1.6 המיקרוסקופ האלקטרוני החודר 2.1.7 מדידת גודל הגרעין לפי A	2.1
4	נקעים 2.2.1 סוגי נקעים (קצה, בורגי, מעורב) 2.2.2 תנועת נקעים 2.2.3 נקעים ודפורמציה פלסטית	2.2
5	בדיקת פגמים במבנה החומר 2.3.1 בדיקת אולטרה-סאונד 2.3.2 בדיקה בעזרת זרם מערבולת 2.3.3 בדיקה רדיו-גרפית 2.3.4 בדיקה מגנטית 2.3.5 בדיקת פגמים בעזרת נוזלים חודרים	2.3
6	מבחן המתיחה 2.4.1 נקודות אופייניות בגרף המתיחה 2.4.2 קשר בין צורת הגרף לתכונות המתכת 2.4.3 קביעת נקודות כניעה מוסכמות 2.4.4 התנהגות פלסטית של מתכת 2.4.5 סוגי השבר במבחן המתיחה 2.4.6 חישובים שונים במבחן המתיחה	2.4
6	מבחן הקשיות 2.5.1 בדיקת קשיות ברתיעה: שיטת שור, הדורסקוף 2.5.2 בדיקת הקשיות בחדירה: בדיקת ברינל, בדיקת ויקרס, בדיקת רוקוול.	2.5
4	מבחן הנגיפה 2.6.1 פלדות במבחן הנגיפה 2.6.2 חומרים פגומים במבחן הנגיפה 2.6.3 גודל הגרעינים וסיבי הערגול במבחן הנגיפה 2.6.4 אנרגיית השבר במבחן הנגיפה	2.6
6	התעייפות 2.7.1 עומס מחזורי 2.7.2 מנגנוני כשל בהתעייפות 2.7.3 בדיקת ההתעייפות 2.7.4 גבול התעייפות 2.7.5 שברים בגלים 2.7.6 צורת השבר	2.7
4	זחילה 2.8.1 ניסוי זחילה 2.8.2 עקומת זחילה 2.8.3 זחילה דיפוזיונית 2.8.4 זחילת נקעים	2.8
42	סה"כ לטרימסטר א'	



שעות	נושאי הלימוד	
84	עיבוד חומרים היקף: 3 ש"ש בטרימסטר א' ו-ב'	2.
6	פלדות 2.9.1 מיון פלדות פחמניות, תכונותיהן ושימושיהן 2.9.2 השפעת יסודות מסג על תכונותיהן של הפלדות	2.9
4	מתכות על-ברזליות 2.10.1 מתכות על-ברזליות כבדות 2.10.2 מתכות נדירות	2.10
8	תכונות טכנולוגיות 2.11.1 שביבות 2.11.2 רתיכות 2.11.3 כושר ליציקה 2.11.4 כושר לעיצוב פלסטי: חשילות, ערגול, משיכות, כפיפות	2.11
6	דיפוזיה 2.12.1 חוק פיק הראשון 2.12.2 חוק פיק השני	2.12
6	תהליך היציקה 2.13.1 תהליך ההתמצקות 2.13.2 יציקת חול 2.13.3 יציקה בקליפות 2.13.4 יציקת שווא נעלמת 2.13.5 יציקת לחץ ויציקה צנטריפוגלית 2.13.6 תהליכי יציקה מודרניים	2.13
6	תהליכי גימור וטיפול שטח 2.14.1 טיפולי שטח מכניים 2.14.2 התזה תרמית 2.14.3 שיקוע גזי (CVD, PVD) 2.14.4 תהליכי ציפוי המבוסס על פעולת תא גלווני- Electroplating 2.14.5 תהליכי ציפוי נטולי תא גלווני (טבילה חמה, אלגון, צמנוט)	2.14
6	תהליכים מתקדמים 2.15.1 איכול כימי 2.15.2 איכול פוטוכימי 2.15.3 איכול גיצי-EDM 2.15.4 עיבוד בלייזר 2.15.5 חיתוך באמצעות פלסמה ובאמצעות מים	2.15
42	סה"כ לטרימסטר ב'	

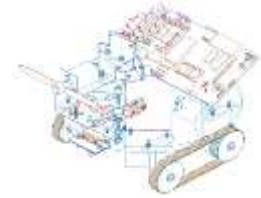
הערה: תכנית זו מהווה הרחבה משמעותית של לימודי נושא החומרים על בסיס לימודי התשתית.



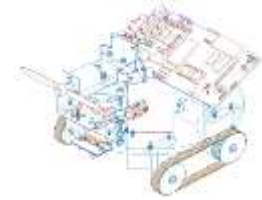
3 תהליכי עיבוד שבבי ומתקני ייצור יג

טרימסטרים א ו-ב' 168 שעות

שעות	נושאי הלימוד	
168	תהליכי עיבוד שבבי היקף: 3 ש"ש בטרימסטר א' ו-ב'	3.
10	דיוק העיבוד 3.1.1 טיב השטח (קביעת איכות העיבוד: גס, בינוני, גמר) 3.1.2 סבולת מידה 3.1.3 סבולת גיאומטרית (תלות בין שטחים כחלק משלבי העיבוד)	3.1
10	קריאה טכנולוגית של סרטוטי חלקים והרכבה 3.2.1 הבנת הצורה הגיאומטרית של מוצר 3.2.2 הבנת הדרישות הטכניות של הסרטוט. כגון: סבולת של מידה, סבולת גיאומטרית, דרגות טיב שטח, טיפול תרמי, הערות טכניות וכו'. 3.2.3 הסקת מסקנה ראשונית על קושי העיבוד של המוצר	3.2
10	עיבוד שבבי 3.3.1 עקרונות תורת השיבוב (חומר, כלי, קינמטיקה) 3.3.2 תהליך התהוות השבב 3.3.3 כוחות והספקים בשיבוב	3.3
8	קינמטיקה של כלי העיבוד/ חומר מעובד במכונות העיבוד השונות 3.4.1 תנועה ראשית 3.4.2 קידמה 3.4.3 היגש 3.4.4 הקשר שלהם לדיוק העיבוד	3.4
12	שיטות לעיבוד משטחים מסוגים שונים 3.5.1 קדיחה, חריטה, כרסום, השחזה 3.5.2 עיבוד במכונות CNC בעלות 3-5 צירים ומרכזי עיבוד 3.5.3 קביעת סדרי פעולות כולל עיבוד ממוחשב 3.5.4 אופטימיזציה של העיבוד בהתאם לדרישות הייצור 3.5.5 חישובי זמן עיבוד	3.5
8	אמצעי דפינה במכונות לעיבוד שבבי 3.6.1 מקדחה, מחרטה, כרסומת, משחזת וכו'	3.6
14	תכנון תהליכים טכנולוגיים שלב א 3.7.1 שימוש בגיליון פעולות בתהליך טכנולוגי 3.7.2 התכנון יכלול: פעולה, הצבה, שלב, תיאור, תרשים, מכונה, דפינה	3.7
12	כלי חיתוך 3.8.1 תכונות כלים, חומר, סוגי כלים, גיאומטריה, בלאי, אורך חיים, תופעות תרמיות, תקנים ובחירת כלי עיבוד. 3.8.2 הקשר בין תנאי השיבוב (מהירות חיתוך, היגש, קידמה) וטיב פני השטח 3.8.3 בחירת תנאי עיבוד לפי קטלוגים	3.8
84	סה"כ לטרימסטר א'	



שעות	נושאי הלימוד	
168	תהליכי עיבוד שבבי היקף: 3 ש"ש בטרימסטר א' ו-ב'	3.
6	עיבוד משטחי גימור 3.9.1 השחזה 3.9.2 ליטוש	3.9
4	שיטות ייצור 3.10.1 בודד, סדרתי, המוני 3.10.2 עלות המוצר בהתאם לכמות המוצרים 3.10.3 שיקולים לבחירת תהליך הייצור	3.10
34	תכנון תהליכים טכנולוגיים שלב ב 3.11.1 שימוש בדף טכנולוגי 3.11.2 שילוב בתהליך עיבודים שונים כולל עיבודי גימור. 3.11.3 חישובי משקל חומר גלם 3.11.4 תכנון דף טכנולוגי לעיבוד CNC תוך שימוש במונחים של: Pocket, Profile, Slot, Drill, Section, Surface	3.11
12	שיטות עיבוד ייחודיות 3.12.1 עיבוד גצי EDM 3.12.2 עיבוד חשמלי-כימי ECM 3.12.3 עיבוד על קולי USM 3.12.4 עיבוד בקרני לייזר LBM 3.12.5 עיבוד בפלזמה PAM 3.12.6 חיתוך במים	3.12
10	כתיבת תכנית G-code בסיסית המשלבת מחזורי עיבוד 3.13.1 קביעת הבית Home 3.13.2 כתיבת תוכנית ל: קידוח, כיס עגול, כיס מלבני 3.13.3 שימוש בלולאות 3.13.4 מערכות ייצור גמישות FMS ומפעלים אוטומטיים 3.13.5 ממוחשבים CIM	3.13
14	מידות 3.14.1 כלי מדידה 3.14.2 בדיקת סבולות מידה וסבולות גיאומטריות תוך כדי הייצור 3.14.3 חישובי מידות ייצור בחלק בודד ובהרכבה - שרשרת מידות (מידה מתקבלת ומידה טכנולוגית) 3.14.4	3.14
6	הרכבות 3.15.1 תהליכי הרכבה וציודם 3.15.2 שיטות הרכבה	3.15
84	סה"כ לטרימסטר ב'	

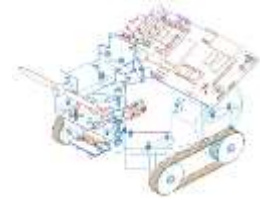


4 עיבוד בלתי שבבי ומדידות יג

טרימסטרים א' ו- ב' - 84 שעות

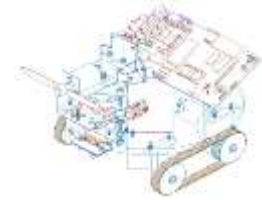
שעות	נושאי הלימוד	
84	עיבוד בלתי שבבי ומדידות היקף: 3 ש"ש בטרימסטר א'	4.
24	מדידות ובקרת איכות	4.1
4	4.1.1 כללים למתן מידות בתכנון ובייצור	
8	4.1.2 דיוק העיבוד 4.1.2.1 טיב פני השטח (קביעת איכות: עיבוד גס, בינוני, גמר) 4.1.2.2 אפיצויות וסבולות לפי תקן ISO 4.1.2.3 סבולות גיאומטריות 4.1.2.4 בדיקות של סבולות גיאומטריות	
8	4.1.3 כלי מדידה ומדידות 4.1.3.1 כלי מדידה על פי ייעודם ואופן שימושם 4.1.3.2 דיוק כלי המדידה 4.1.3.3 מדידות ישירות ועקיפות (כולל שימוש באינדיקטור) 4.1.3.4 מדידות באמצעות שולחן XYZ 4.1.3.5 מדידת טיב פני השטח 4.1.3.6 מדידות ובדיקות בייצור סדרתי והמוני 4.1.3.7 מדידות יזומות בייצור	
4	4.1.4 בקרת איכות 4.1.4.1 בקרת איכות הייצור 4.1.4.2 איסוף נתונים ובנית היסטוגרמות 4.1.4.3 עקרון הדגימה	
60	ריתוך	4.2
18	4.2.1 ריתוך וחיתוך בקשת חשמלית 4.2.1.1 ריתוך חשמלי, אלקטרודה, ציפוי אלקטרודה וסוגי אלקטרודה 4.2.1.2 הכנת החומר לריתוך חשמלי 4.2.1.3 ריתוך חשמלי של אל ברזליות 4.2.1.4 ריתוך חשמלי של יצקת ברזל 4.2.1.5 עיווי או שינוי צורת החומר בריתוך 4.2.1.6 חיתוך בקשת חשמלית 4.2.1.7 ריתוך אוטומטי בקשת חשמלית 4.2.1.8 סימוני תקנים בריתוך 4.2.1.9 מתקנים בריתוך 4.2.1.10 תרגול בתכנון ובנייה של מבנים מרותכים	

סה"כ לטרימסטר א' – 42 שעות



שעות	נושאי הלימוד	
84	עיבוד בלתי שבבי ומדידות היקף: 3 ש"ש בטרימסטר ב'	4.
36	ריתוך - המשך	4.2
6	4.2.2 ריתוך בהגנה גזית 4.2.2.1 ריתוך MIG 4.2.2.2 ריתוך TIG 4.2.2.3 יתרונות וחסרונות ביחס לריתוך בקשת חשמלית	
4	4.2.3 ריתוך בהתנגדות חשמלית 4.2.3.1 ריתוך בהתנגדות 4.2.3.2 ריתוך נקודות 4.2.3.3 ריתוך תפרים בהתנגדות חשמלית 4.2.3.4 ריתוך השקה	
6	4.2.4 שיטות ריתוך מיוחדות 4.2.4.1 עיבוד בקרן לייזר LBM 4.2.4.2 עיבוד בפלאזמה PAM	
8	4.2.5 ריתוך וחיתוך בגזי בעירה 4.2.5.1 עקרון הריתוך בגזי בעירה ומקורות חום 4.2.5.2 סוגי מבערים ולהבות 4.2.5.3 הכנת חומר לריתוך 4.2.5.4 מאמצים ועיוותים של החומר 4.2.5.5 מבערי חיתוך ומכונות חיתוך	
4	4.2.6 ריתוך חומרים פלסטיים 4.2.6.1 בעזרת גזי חום 4.2.6.2 בעזרת טריז מתכתי מחומם 4.2.6.3 בחיתוך 4.2.6.4 אולטרה-סוני	
8	4.2.7 סוגי בדיקות בריתוך 4.2.7.1 בדיקות לא הורסות (אולטרה-סאונד, קרני רנטגן, נוזלים חודרים וזוהרים) 4.2.7.2 בדיקות הורסות	
2	הלחמה 4.3.1 עקרון ההלחמה 4.3.2 הלחמה קשה ורכה 4.3.3 הלחמה קשה של מתכות כבדות וקלות 4.3.4 מקורות חום	4.3
2	הדבקה 4.4.1 עקרון ההדבקה 4.4.2 שיטות הדבקה 4.4.3 סוגי הדבקה	4.4
2	ציפוי 4.5.1 עקרון הציפוי 4.5.2 ציפוי לעמידות ב: קורוזיה, שחיקה, טמפרטורה גבוהה, חידוש שטחים	4.5

סה"כ לטרימסטר ב' – 42 שעות



5 מעבדה בבניית מכונות יג

טרימסטרים א' ו-ב' – 84 שעות

רציונל:

כדי להבין לעומק את מהות העיבוד שבבי על התלמיד להתנסות תחילה במכונות עיבוד קונבנציונליות המאפשרות לחוש את מאפייני העיבוד השבבי כמו עומק שבב, קידמה וכדומה. העיבוד הממוחשב הינו גולת הכותרת ומהווה חלק מרכזי בשפתם של אנשי המכונות. עד לעת האחרונה, היה העיבוד השבבי נחלת אומני המקצוע. עם כניסת עידן מכונות ה- CNC הפך הייצור למתוחכם יותר ונגיש לכל בעלי המקצוע. הרעיון של ייצור חלק בדפינה אחת יוצר אתגר טכנולוגי ועלות ייצור זולה. בשלב ראשון מתבצע סרטוט החלק בתלת ממימד בתוכנת CAD ובשלב שני נעזרים בתוכנת CAM המאפשרת בנית מהלכי עיבוד ותצוגה תלת ממדית של מהלכי העיבוד וצורת המוצר המתקבל.

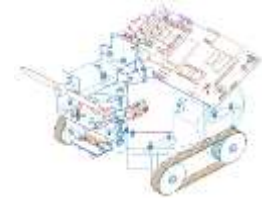
התוכנה מאפשרת למשתמש לעבוד מול המחשב כשותף אינטלקטואלי בתהליך התכנון של מוצר חדש. העיבוד הממוחשב מהווה מהפכה בתפיסת הייצור וביכולת הביצוע ותכנון של מערכת. במסגרת המעבדה יכיר התלמיד עקרונות של הייצור הממוחשב תוך שהוא מתכנן ויוצר גופים וצורות שונות במכונות העיבוד ממוחשבות.

במסגרת המעבדה התלמיד יתכנן וייצר חלק מתוך מערכת אפשר לשלב עם פרויקט הגמר.

ציוד מינימלי נדרש:

- תוכנה המאפשרת סרטוט החלק
- תוכנה המאפשרת עיבוד החלק
- מחרטה ממוחשבת CNC / כרסומת ממוחשבת CNC
- תקשורת בין המחשב למכונות.

שעות	פירוט הנושאים
42	5.1 עיבוד קונבנציונלי בחריטה וכירסום 3 ש"ש בטרימסטר א
42	5.2 עיבוד ממוחשב 3 ש"ש בטרימסטר ב • הגדרת גיאומטריות עיבוד (GOM) • הגדרת כלי עיבוד • הגדרת מהלכי עיבוד (JOB) • ארגון העיבוד מבחינה טכנולוגית העיבוד • נתוני עיבוד (מתוך נספחים) • סימולצית ייצור. • איפוס מערכת צירים מכונה מוצר • הורדת שבב
84	סה"כ מעבדת בניית מכונות טכנאים

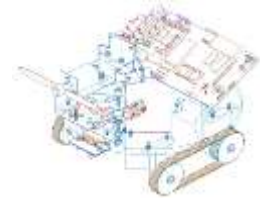


מגמת הנדסת מכונות

התמחות – בניית מכונות

תכנית לימודים לכיתה י"ד הנדסאים

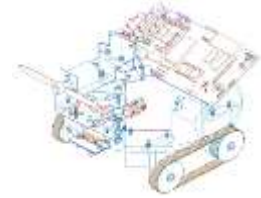
עמוד	שעות	תכנית זו כוללת את תת-התכניות האלה	
14	120	1. חשמל אלקטרוניקה ובקרה	
14		1.1. תורת הלוגיקה	36
15		1.2. מבוא לחשמל ואלקטרוניקה	42
16		1.3. בקרה באמצעות בקרים מתוכנתים	42
17	112	2. תכנון תהליכי עיבוד שבבי ומתקני ייצור	
19	120	3. עיבוד בלתי שבבי ומדידות	
23	114	4. תכן מערכות מכניות	28 96
26	108	5. מעבדה בבניית מכונות הנדסאים	
28		רשימת מקורות	



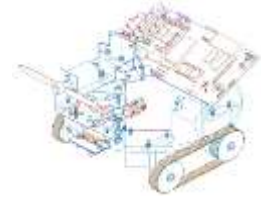
1. חשמל אלקטרוניקה ובקרה יד

טרימסטרים ד' ו-ה' – 120 שעות

שעות	נושאי הלימוד	
120	חשמל אלקטרוניקה ובקרה יד היקף: 4 ש"ש בטרימסטר ג' ו-3 ש"ש בטרימסטרים ד' ו-ה'	1.
36	תורת הלוגיקה (טרימסטר ג' – 4 ש"ש)	1.1.
4	1.1.1. יסודות הלוגיקה: 1.1.1.1. סקירה היסטורית, 1.1.1.2. דיון בבעיה לוגית, 1.1.1.3. הקשר בין לוגיקה וטכנולוגיה.	
1	1.1.2. משתנה לוגי: 1.1.2.1. משתנה לוגי פשוט 1.1.2.2. פסוק לוגי	
5	1.1.3. פעולות לוגיות יסודיות: 1.1.3.1. הכרת הפעולות and, or, not תוך שימוש בסמלים אלקטרוניים ומתמטיים 1.1.3.2. הכרת הפונקציה xor	
3	1.1.4. יישום פעולות לוגיות בסיסיות בעזרת מערכת מתגים 1.1.4.1. חיבור טורי, חיבור מקבילי 1.1.4.2. מגע רגיל פתוח ומגע רגיל סגור	
3	1.1.5. יישום פעולות לוגיות בסיסיות בעזרת שסתומי 3/2 1.1.5.1. הבדל בין מיתוג פנימטי וחשמלי 1.1.5.2. חיבור טורי וחיבור מקבילי 1.1.5.3. שער not בעזרת שסתום 3/2 1.1.5.4. מימוש פונקציות לוגיות בעזרת שסתומים לוגיים	
3	1.1.6. ייצוג מערכת של מספר משתנים לוגיים בעזרת טבלת אמת 1.1.6.1. כיצד בונים טבלת אמת לארבע משתנים 1.1.6.2. חילוף פונקציה קנונית מטבלת אמת	
4	1.1.7. הצגת כללי הפישוט של אלגברה בוליאנית 1.1.7.1. הצגת כללים בלי הוכחה 1.1.7.2. חוקי דה-מורגן	
10	1.1.8. פישוט בעזרת מפת קרנו לשלושה ולארבעה משתנים 1.1.8.1. הצבת טבלת האמת במפה וכללי צמצום 1.1.8.2. מקרים מיוחדים במפה ודגש על צמצום מקסימלי של הפונקציה 1.1.8.3. הרחבת פונקציה במפת קרנו 1.1.8.4. שימוש ב don't care	
6	1.1.9. שימוש במערכות שלמות בעזרת שער לוגי אחד 1.1.9.1. יישום בעזרת שערי nor ו nand	

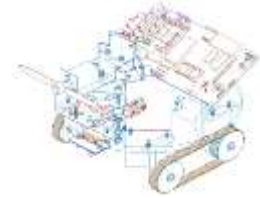


שעות	נושאי הלימוד	
120	חשמל אלקטרוניקה ובקרה יד היקף: 4 ש"ש בטרימסטר ג' ו- 3 ש"ש בטרימסטרים ד' וה'	1.
42	מבוא לחשמל ואלקטרוניקה (טרימסטר ד' – 3 ש"ש)	1.2
1	1.2.1. מוליך חשמלי	
1	1.2.2. התנגדות חשמלית - נגדים	
2	1.2.3. חבור נגדים בטור ובמקביל	
2	1.2.4. חישוב חיבור מעורב של נגדים	
2	1.2.5. מתח זרם חשמלי במעגל.	
2	1.2.6. חוק אום.	
2	1.2.7. חוקי קירכהוף.	
4	1.2.8. חישובי זרם ומתח של נגדים במעגל חשמלי עם מקור מתח אחד.	
4	1.2.9. הספק חשמלי וחישוביו.	
2	1.2.10. נגד משתנה ושימושו כמחלק מתח במעגל החשמלי. יישומי LDR במעגל חשמלי	
2	1.2.11. דיודה ושימושיה במעגל חשמלי.	
2	1.2.12. LED ושימושיו במעגל חשמלי.	
2	1.2.13. חישובי זרם ומתח במעגל חשמלי עם דיודה ולד.	
4	1.2.14. טרנזיסטור – מבנה עקרוני ושימושיו.	
4	1.2.15. מגבר שרת, משווה.	
2	1.2.16. קבלים.	
2	1.2.17. מייצבי מתח מסדרה 78xx ושימושיהם.	
2	1.2.18. סיכום.	
מומלץ במידת האפשר להרבות בהדגמות, ניסויים תוך כדי ההסברים התיאורטיים ובמיוחד להביא דוגמאות מהנדסת מכונות המיישמות את הרעיונות בתכנית זו. ניתן להשתמש במגוון תוכנות וסימולציות כדי להגביר את המוטיבציה ללימוד את היסודות של עוד פרק בשפה ההנדסית.		



שעות	נושאי הלימוד	
120	חשמל אלקטרוניקה ובקרה יד היקף: 4 ש"ש בטרימסטר ג' ו- 3 ש"ש בטרימסטרים ד' וה'	1.
42	1.3 בקרה באמצעות בקרים מתוכנתים (טרימסטר ה' – 3 ש"ש)	
2	1.3.1. מבוא לבקרים מתוכנתים, הכרת כניסות ויציאות של הבקר.	
	1.3.2. דיאגרמת מלבנים של מערכת עיבוד שבבי מבוקרת.	
2	1.3.3. ממסרים פנימיים והחזקה עצמית. הכרת קוצבי זמן.	
4	1.3.4. הפעלת נוריות בקצב וסדר שונה.	
1	1.3.5. הכרת מונה והפעלתו.	
4	1.3.6. תרגול המשלב קוצבי זמן ומונים.	
1	1.3.7. הכרת מערכות פניאומאטיות מופעלות בקר.	
1	1.3.8. הפעלת בוכנות בעזרת שסתום 5/2 וחיישני גבול. A+ A-	
1	1.3.9. הפעלת בוכנה בעזרת שסתום 3/2 וחיישן גבול. A+ A-	
4	1.3.10. הפעלת מערכות פניאומאטיות עם שתיים ושלוש בוכנות.	
4	1.3.11. הפעלת מערכות פניאומאטיות המשלבות קוצבי זמן ומונים.	
6	1.3.12. הפעלת מערכות פניאומאטיות עם שתיים ושלוש בוכנות בעלות פיקוד כפול (בשיטת קסקדה ו/או חותך אות).	
2	1.3.13. הכרת חיישנים מסוגים שונים: מרחק, מיקום, זווית, אור, טמ"פ	
2	1.3.14. מערכת לוויסות גובה מפלס הנוזל במיכל.	
2	1.3.15. הפעלת מערכות עם מנועי DC.	
2	1.3.16. הפעלת מערכות בקרה שונות (קוד סודי, רמזור וכו').	
4	1.3.17. סיכום	

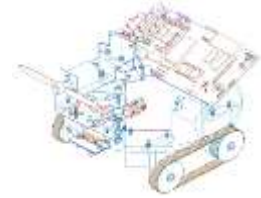
בטרימסטר ה' לומדים 3 ש"ש



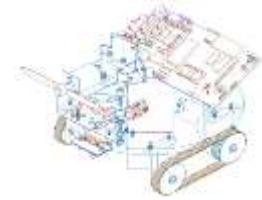
2 תכנון תהליכי עיבוד שבבי ומתקני ייצור יד

טרימסטרים ד' ו-ה' – 112 שעות

שעות	נושאי הלימוד	
112	תכנון תהליכי עיבוד שבבי ומתקני ייצור היקף: 4 ש"ש בטרימסטרים א' ו-ב'	2
1	מבוא כללי 2.1.1. מהות תכן מתקנים 2.1.2. מטרות השימוש במתקנים 2.1.3. מיון מתקנים: מתקנים אוניברסליים, מודולריים, מיוחדים והשימושים בהם	2.1
3	כדאיות כללית: חישוב נקודת איזון, תצוגה גרפית ומסקנה	2.2
3	מיקום עובדים 2.3.1. שלילת דרגות החופש: שלילה מלאה וחלקית 2.3.2. מיקום יתר	2.3
25	שיטות מיקום עובדים	2.4
4	2.4.1. שטחי מוצא: תכנוני, מדידה, עיבוד – הגדרה, השוואה ודוגמאות	
3	2.4.2. מיקום עובד על שטח מישורי	
6	2.4.3. מיקום על בסיס לא מעובד, מיקום על בסיס מעובד 2.4.3.1. רכיבי מיקום אפשריים: • תומך נקודתי – פני תמיכה לסוגים שונים • תומך נקודתי מתכוונן: קפיצי, בורגי • תומך קשתי מתכוונן, • תומך מישורי מתכוונן • מלחצים לסוגים שונים	
4	2.4.4. מיקום עובד על שטח גלילי פנימי (קדח) 2.4.4.1. רכיבי מיקום אפשריים • צירי מרכז קשיחים, גמישים או גליליים • תפסנית מרכז, גובתה פנימית, תותבים גמישים	
4	2.4.5. מיקום עובד על שני קדחים 2.4.5.1. רכיבי מיקום אפשריים: פין יהלום ופין רגיל	
4	2.4.6. מיקום עובד על שטח גלילי חיצוני 2.4.6.1. רכיבי מיקום אפשריים: • תפסנית מרכז, גובתה חיצונית, ראש מחלק, פריזמה המורכבת על רכיבים שונים	
24	דפינת (הידוק) העובד	2.5
2	2.5.1. כללים לדפינת העובד	
2	2.5.2. כללים לקביעת מיקום הדפינה ואופן הדפינה	
4	2.5.3. שיטות דפינה כפונקציה של גודל הייצור בהפעלה ידנית או בהפעלה לא ידנית – השוואה ושימוש	
10	2.5.4. דפינה ידנית (כולל נוסחאות חישוב ותרגול) 2.5.4.1. עקרונות חישוב כוחות הדפינה כולל דוגמאות 2.5.4.2. דפינה קשיחה בעזרת ברגים ומנגנוני הידוק בורגיים 2.5.4.3. הידוק בעזרת גובתה 2.5.4.4. הידוק (אקסצנטרי) אל-מרכזי 2.5.4.5. הידוק בעזרת בריח	



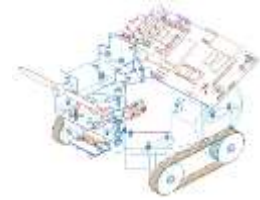
שעות	נושאי הלימוד
	2.5.4.6. הידוק בעזרת מנגנון פרקי 2.5.4.7. הידוק בעזרת מנוף 2.5.4.8. הידוק באמצעות יתד 2.5.4.9. הידוק באמצעות קפיץ
6	2.5.5. דפינה לא ידנית (כולל נוסחאות חישוב) 2.5.5.1. הידוק באמצעות לחץ פנומטי 2.5.5.2. הידוק באמצעות ריק (תת-לחץ) 2.5.5.3. הידוק באמצעות לחץ הידרולי (כולל חישוב) 2.5.5.4. הידוק באמצעות כוח מגנטי/אלקטרו מגנטי
56	סה"כ לטרימסטר א'
6	2.6. דיוק העיבוד במתקנים
1	2.6.1. אי דיוק ההצבה
1	2.6.2. אי דיוק אמצעי המיקום
1	2.6.3. אי דיוק הדפינה
1	2.6.4. שגיאה כוללת של מתקנים
2	2.6.5. דוגמאות חישוב
6	2.7. סוגי מתקנים
1	2.7.1. מתקני קדיחה
	2.7.1.1. מתקנים קבועים המהודקים לשולחן המכונה – דוגמאות 2.7.1.2. מתקנים שאינם מהודקים לשולחן המכונה (ארגז קידוח)
1	2.7.2. מתקני כרסום – דוגמאות למתקני כרסום, אופן פעולתם ומשטחי ייחוס
1	2.7.3. מתקני חריטה – דוגמאות למתקני חריטה, אופן פעולתם ומשטחי ייחוס
1	2.7.4. מתקנים מיוחדים – דוגמאות למתקנים מיוחדים ואופן פעולתם ומשטחי ייחוס
1	2.7.5. מתקנים למכונות עיבוד ממוחשב
1	2.7.6. מנגנוני חלוקה – חלוקה קווית, חלוקה זוויתית, מנגנוני אינדקס (קביעה)
44	2.8. תכנון מתקנים
6	2.8.1. ניתוח סרטוט החלק 2.8.1.1. הבנת הסרטוט 2.8.1.2. משטחי ייחוס 2.8.1.3. כמות הייצור וסוג חומר הגלם.
5	2.8.2. סימני קיבוע למשטחי מוצא סימון בעלי שטח ייחוס לפי חשיבותם
6	2.8.3. שלילת שש דרגות החופש על סמך סימני הקיבוע
6	2.8.4. בחירת רכיבי קיבוע מתוך האפשרויות המצויות אם אפשר
6	2.8.5. תכנון משטחי קיבוע על פי דרגות החופש שקבעת במידה ואין רכיבי קיבוע
6	2.8.6. תכנון אמצעי דפינה כתלות בכמות הייצור ובכללי הדפינה
6	2.8.7. הגדרת מיקום הכלי ומסלולו
6	2.8.8. תכנון גוף המתקן ובדיקת הכנסת עובד למתקן והוצאתו
6	2.8.9. מידות המתקן
56	סה"כ לטרימסטר ב'



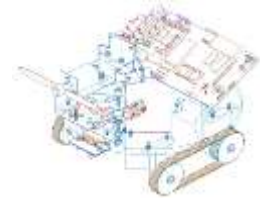
3 עיבוד בלתי שבבי ומדידות יד

טרימסטרים ג*, ד' ו-ה' – 112 שעות

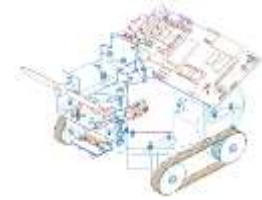
שעות	נושאי הלימוד	
120	עיבוד בלתי שבבי ומדידות היקף: 4 ש"ש בטרימסטר ג* ו- 3 ש"ש בטרימסטרים א' ו- ב'	3
4	3.1 מבוא כללי לעיצוב פלסטי 3.1.1. דוגמאות לעיצוב פלסטי 3.1.2. מבנה גבישי של החומר ומנגנוני דפורמציה (כולל יציבות הדפורמציה הפלסטית) 3.1.3. המאמצים והכוחות בעיבוד פלסטי 3.1.4. השואה בין תכונות החומר לפני ולאחר העיבוד הפלסטי בחום ובקור 3.1.5. השוואת העיצוב הפלסטי על סוגיו לעומת תהליכי עיצוב אחרים 3.1.6. שיקולים כלכליים – עלות המוצר ושיקולים לבחירת התהליך המתאים	
43	3.2 עיצוב פלסטי של פחים (חומרים דקי עובי) בקור	
1	3.2.1. מבוא כללי – תהליכים, מיון פעולות גזירה, כפיפה ומתיחה. סוגי מבלטים.	
14	3.2.2 עיצוב במתיחה 3.2.2.1. תיאור של שלבי התהליך במתיחת החומר 3.2.2.2. קביעת מידות וצורות של חומר הגלם 3.2.2.3. קביעת מספר שלבי מתיחה 3.2.2.4. חישוב כוחות מתיחה והצמדה 3.2.2.5. מתיחה תוך שינוי עובי החומר 3.2.2.6. שיטות מתיחה מיוחדות בגומי, נזלים, חומרי נפץ ולחצנות	
17	3.2.3 עיצוב בגזירה 3.2.3.1. תיאור התהליך ושלבי גזירת החומר 3.2.3.2. פעולות ניקוב, חיתוך גמר וחיתוך חלקי, ארגון חסכוני בחומר 3.2.3.3. מבלטי גזירה פתוחים, סגורים, רב שלביים שיטות ואמצעים לחילוף והצמדה 3.2.3.4. חישוב כוח גזירה, אמצעים להקטנת כוח הגזירה	
36	סה"כ לטרימסטר ג'	



שעות	נושאי הלימוד	
120	עיבוד בלתי שבבי ומדידות היקף: 4 ש"ש בטרימסטר ג' * ו- 3 ש"ש בטרימסטרים א' ו- ב'	3
12	3.2.4. עיצוב בכפיפה 3.2.4.1. תיאור התהליך ושלבי כפיפת החומר 3.2.4.2. השכבה הניטרלית, רדיוס כפיפה מינימלי, קפיציות החומר 3.2.4.3. חישוב כוח הכפיפה 3.2.4.4. קביעת אורך החומר לפני כפיפה (פריסה) 3.2.4.5. מבלטי כפיפה לפעולות שונות, ומשולבים עם פעולות גזירה 3.2.4.6. כיפוף פרופילים במבלטי כיפוף	
48	3.3. עיצוב פלסטי של חומרים עבים בחם ובקור	
2	3.3.1. מבוא כללי 3.3.1.1. עקרונות התהליכים השונים 3.3.1.2. קשר בין תכונות חומרים לעיבוד פלסטי וצורתם. מכששים	
4	3.3.2. עיצוב בערגול 3.3.2.1. תיאור שלבי תהליך ערגול החומר, בחום ובקור 3.3.2.2. תברוג בערגול. ייצור פרופילים 3.3.2.3. ייצור צינורות עם ובלי תפר 3.3.2.4. כוחות, מומנטים והספקים	
20	3.3.3. עיצוב בחישול בקור ובחום 3.3.3.1. חישול חופשי, תהליך, זרימת חומר, סיבים בחומר וטיב שטח פעולות רציפה, חורים וכפיפה 3.3.3.2. חישול בטבעים סגורים: תהליכים בטבעים סגורים 3.3.3.3. מישור החלוקה, תעלות עודפי חומר 3.3.3.4. מבנה כלי החישול בהתאם לצורת העובד (מטריצה ופטריצה) 3.3.3.5. חישוב גודל החומר וצורתו, סרטוט צורת החומר לפני ולאחר החישול כולל טבעים, שיפועים ועודפים	
4	3.3.4. חישוב גודל המכבש 3.3.4.1. פעולות גמר לאחר החישול – צילוע, טיפול תרמי, יישור והתאמה	
42	סה"כ לטרימסטר ד'	



שעות	נושאי הלימוד	
120	עיבוד בלתי שבבי ומדידות היקף: 4 ש"ש בטרימסטר ג' ו- 3 ש"ש בטרימסטרים א' ו- ב'	3
4	3.3.5. עיצוב בשחילה 3.3.5.1. תהליך השחילה וזרימת החומר, שחילה דו-נתיבית. דוגמאות למוצרים 3.3.5.2. מיון הפעולות, יתרונות וחסרונות בתהליך השחילה 3.3.5.3. ייצור גופים חלולים, תרמילים, שפופרות, ייצור פרופילים 3.3.5.4. מבנה כלים לפעולות השונות	
2	3.3.6. עיצוב במשיכה 3.3.6.1. תהליך המשיכה של מוטות, צינורות וחוטרים 3.3.6.2. חישוב כוחות בשלבי משיכה	
16	עיצוב ביציקה	3.4
4	3.4.1. מבוא כללי 3.4.1.1. שיקולים כלכליים 3.4.1.2. יתרונות וחסרונות 3.4.1.3. מוצרים, חומרים ושיטות יציקה	
4	3.4.2. יציקה בחול 3.4.2.1. תבנית, מישור חלוקה, שיפועי יציקה, תוספות לעיבוד 3.4.2.2. דפוסים וגלעינים 3.4.2.3. סרטוט של החלק היצוק, כולל שיפועים ותוספות	
4	3.4.3. שיטות יציקה מיוחדות 3.4.3.1. יציקה בדפוס קליפה. גלעיני קליפה 3.4.3.2. יציקה בתבנית נעלמת (שעווה) 3.4.3.3. יציקה בדפוס מתכת 3.4.3.4. יציקת לחץ ויציקה צנטריפוגלית	
2	3.4.4. שיטות לבדיקות יצקת: 3.4.4.1. צבע חודר, בדיקה מגנטית, זרמי מערבולת, רדיוגרפיה אולטרא סוני, CT	
2	3.4.5. פעולות גימור וטיפול תרמי לאחר היציקה	
8	עיצוב חומרים פלסטיים	3.5
4	3.5.1. מבוא כללי 3.5.1.1. חומרים תרמו-פלסטיים ותרמו-סטטיים 3.5.1.2. תכונות ושימושים	
4	3.5.2. עיצוב בשיחול	
4	3.6. מטלורגיות של אבקות: חומרי גלם, עיצוב המוצר (כבישה, הזרקה), סינטור (סינטור חלקי, עיבוד, סינטור סופי).	3.6
2	3.6.1. מבוא כללי – תהליך. שימושים ותכונות המוצרים	
2	3.6.2. עיצוב וסוגי חומרים המופקים מאבקות	
8	עיצוב חומרים מרוכבים	3.7
4	3.7.1. חומרים מרוכבים	
4	3.7.2. סוגי עיצובים, שימושים בתעשיית המכונות והמטוסים	
42	סה"כ לטרימסטר ה'	



4 תכן מערכות מכניות יד

טרימסטרים ד', ה' ו-ו' – 96 שעות

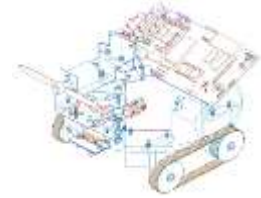
שעות לימוד: 28 – עיוני;
96 – התנסותי
טרימסטרים: ד, ה ו-ו
דרישות קדם: במקביל תכן מכני

א. מבוא

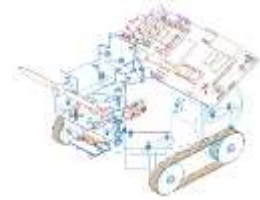
- קורס זה הוא קורס אינטגרטיבי שבו הסטודנטים יתמודדו לראשונה עם בעיית תכן מורכבת יחסית שפתרונה ידרוש שימוש בידע ובתכנים שנלמדו במגוון קורסים כמו מכניקה הנדסית, תכן מכני, סרטוט הנדסי וידע שנצבר בקורסים נוספים.
- בחלק העיוני של הקורס יכירו הסטודנטים וילמדו את העקרונות של התכן המכני.
- בחלק ההתנסותי של הקורס יישמו הסטודנטים את העקרונות תוך כדי ביצוע משימות התכן. הסטודנטים יכירו וילמדו כלים להתמודדות עם בעיות התכן, כמו בחירת קונספט מתוך כמה חלופות, תכן ראשוני, תכנון ועמידה בלוח זמנים.
- אחד מדגשי הקורס הוא בחירת טכנולוגית הייצור הנכונה והשפעתה על הגאומטריה של חלקי המכונות.

ב. מטרות

1. אימון הסטודנטים בביצוע משימות תכן חדשות.
2. שיפור יכולת לעבודה עצמית ולעבודה בקבוצה.
3. אימון הסטודנטים בניהול זמן נכון על מנת לסיים בזמן את המשימה.
4. אימון הסטודנטים בכתיבה דוח הנדסי מסכם והכנת מצגת סיכום של הפרויקט.

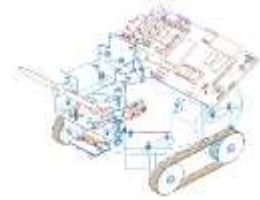


ג.	נושאי הלימוד	שעות
4.1	תכן מערכות מכניות (עיוני) היקף: 1 ש"ש בטרימסטרים ד' ו-ה' (במקביל ל- 3 ש"ש התנסויות)	28
4.1.1	הקדמה, דוגמה של תכן של מערכת מכנית 4.1.1.1. ניתוח סרטוט ההרכבה: מבנה המערכת, אופן פעולתה, חלקי המערכת, רשימת החלקים 4.1.1.2. המידות העיקריות ודרישות הדיוק בין חלקי המערכת 4.1.1.3. ניתוח לפי סרטוטי הייצור של כמה חלקים: דיון על חומרים, טכנולוגיות ייצור אפשריות, דיוק מידות, דיוק גאומטרי, טיב פני שטח	6
4.1.2	מבוא לתכן 4.1.2.1. תכנון הפרויקט: לוח זמנים ורשימת משימות (תרשים Gant) 4.1.2.2. סבולות, אפיציות, סבולות גאומטריות וטיב פני השטח; הכרת התכנים הרלוונטיים 4.1.2.3. דיווח טכני: תקציר, כללי רישום, ביבליוגרפיה ונספחים 4.1.2.4. שימוש בקטלוגים ובאינטרנט לבחירת חלקים ומכלולים מכניים	8
4.1.3	תהליך ביצוע הפרויקט 4.1.3.1. לימוד הבעיה, קביעת לוח הזמנים לביצוע מפרט התכן חלופות לפתרון: אמות מידה לבחירת הפתרון תכן ראשוני, בחירת החומרים ובחירת מכלולי מדף מקטלוגים השלמת התכן: סרטוט הרכבה, סרטוטי חלקים 4.1.3.2. חישובי תכן: חישובי תנאי חוזק, חישובי קשיחות, חישוב הספק. עריכת חישובים מלווה בתרשימים, רישום כוחות ומומנטים, דיאגרמות גוף חופשי עריכה וסיכום	4
4.1.4	פרויקט דוגמה קבוצתי 4.1.4.1. פרויקט זה יתבצע בכיתה כתרגיל סיכום קבוצתי. נושא הפרויקט יהיה תכן של מכלול מכני לא מורכב, הכולל כעשרה חלקים. 4.1.4.2. הצגה ולימוד בעיית התכן, קביעת מפרט התכן, קביעת לוח הזמנים, חלופות ובחירה החלופה, תכן ראשוני 4.1.4.3. בחירת החומרים ותכן המכלול 4.1.4.4. חישובים כלליים: כוחות, מומנטים, הספקים וחישובי חוזק של החלקים העיקריים 4.1.4.5. הצגת מצגת סיכום, והפקת מסמך תיעוד של תהליך התכן.	10



שעות	נושאי הלימוד	
96	פרויקט מונחה (התנסותי) היקף: 3 ש"ש בטרימסטרים ד', ו-ה' (בטרימטר ו' 2 ש"ש)	4.2.
32	פרויקט 1: המלצות לנושאים: תכן מגבה בורגי, תכן מלחציים עם בורג, תכן מכבש יד לפעולת הרכבה, או נושאים אחרים ברמת מורכבות דומה. שלב 1: הצגה ולימוד בעיית התכן, קביעת מפרט התכן, קביעת לוח הזמנים שלב 2: חלופות ובחירה החלופה, תכן ראשוני, בחירת החומרים, תכן סופי, סרטוט הרכבה שלב 3: חישובים כלליים (כוחות, מומנטים, הספקים וחישובי חוזק של החלקים העיקריים) שלב 4: סרטוט הרכבה שלב 5: סרטוטי חלקים עיקריים וגמר תיעוד שלב 6: תיעוד הפרויקט בכתב ובמצגת	4.2.1.
32	פרויקט 2: המלצות נושאים: תכן מפחת סיבובים חד שלבי, תכן גלגלון מתיחה לרצועה, תכן מסוע קצר, תכן מתקן הרמה, תכן מצמד חיכוך מגביל מומנט, או מערכות אחרות ברמת מורכבות דומה. שלב 1: הצגה ולימוד בעיית התכן, קביעת מפרט התכן, קביעת לוח הזמנים שלב 2: חלופות ובחירה החלופה, תכן ראשוני, בחירת החומרים, תכן סופי, סרטוט הרכבה שלב 3: חישובים כלליים (כוחות, מומנטים, הספקים וחישובי חוזק של החלקים העיקריים) שלב 4: סרטוט הרכבה שלב 5: סרטוטי חלקים עיקריים וגמר תיעוד שלב 6: תיעוד הפרויקט בכתב ובמצגת	4.2.2.
32	פרויקט 3: המלצות נושאים: תכן מתקן לעיבוד שבבי, תכן מבלט גזירה או כפיפה או מתיחה, תכן מתקן הרמה, או מערכות אחרות ברמת מורכבות דומה שאלה 1: הצגה ולימוד בעיית התכן, קביעת מפרט התכן, קביעת לוח הזמנים שלב 2: חלופות ובחירה החלופה, תכן ראשוני, בחירת החומרים, תכן סופי, סרטוט הרכבה שלב 3: חישובים כלליים (כוחות, מומנטים, הספקים וחישובי חוזק של החלקים העיקריים) שלב 4: סרטוט הרכבה שלב 5: סרטוטי חלקים עיקריים וגמר תיעוד שלב 6: תיעוד הפרויקט בכתב ובמצגת	4.2.3.

המבנה החדש מהווה הרחבה מבחינת היקף השעות.



ד. דרכי הוראה

1. במהלך כיתה י"ד (טרימסטרים ד-ה-ו) יבצעו הסטודנטים פרויקט תכן מכני. אפשר לבצע במסגרת הקורס תכן של מכלולים מפרויקט הגמר שלהם לתואר הנדסאי. במסגרת הפרויקט, קבוצת ההתנסות תחולק לקבוצות וכל קבוצה תמנה 2-3 סטודנטים. כל קבוצה תקבל מן המרצה משימת תכן. במסגרת הקורס אפשר לבצע משימת תכן של מכלול מסוים אחד לכל הסטודנטים עם שוני בממדים או בכוחות הפועלים על אותו מכלול או תכנון של מכלול אחר.
- בזמן הוראת המקצוע יש להדגיש את העובדה שאין פתרון נכון יחיד לבעיית תכן מסוימת.
2. יש להציג דוגמאות רבות ככל האפשר של מכלולים מכניים כדי להבין את תפקיד החלק בתוך המכלול, את אופן בחירת החומרים ואת הדיוק הנדרש.
3. שילוב ידע של חומרים ומכניקה הנדסית לצורך ביצוע משימת התכן.
4. ההערכה בקורס תיעשה על פי ביצוע הפרויקט. יש לתת דגש רב לתוצרי התכן ובכללם: איכות הסרטוט, אופן ביצוע החישובים, אופן בחירת רכיבי המדף ופרקי המכונות. יש לבדוק אם התוצאות הן בגדר הסביר.

ה. רשימת מושגים ומילות מפתח

1. מושגים ייחודיים: מפרט תכן, חלופה, חלופה נבחרת, אמות מידה לבחירת החלופה, לוח זמנים
2. מושגים אחרים: ראו רשימות המושגים של מקצועות המכניקה ההנדסית: סרטוט הנדסי, תכן מכני, חומרים ועיבודם

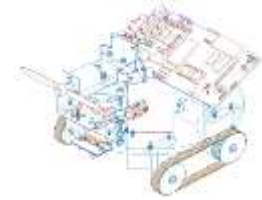
ו. ספרי לימוד מומלצים לתכן מערכות מכניות

- אלפרוביץ, י' (1978). **לוחות טכניים לחלקי מכונות**, תל-אביב: אורט ישראל.
- גולומב, מ' (1987). **אטלס תיכון חלקי מכונות**, תל-אביב: אמ-טל.
- וינגר, יוג'ין, פרישמן, מיכאל ואחרים (1999). **חלקי מכונות I**, תל-אביב: אורט ישראל.
- וינגר, יוג'ין, פרישמן, מיכאל ואחרים (2000). **חלקי מכונות II**, תל-אביב: אורט ישראל.
- וינגר, יוג'ין, פרישמן, מיכאל ואחרים (2001). **חלקי מכונות III**, תל-אביב: אורט ישראל.
- פולק, ישי, ורטהיים, רפי (2002). **תכן מתקני ייצור**, תל-אביב, אורט ישראל.
- קטלוגים שונים של חלקי מכונות ומכלולים מכניים.

Shigley, Joseph Edward, Mischke, Charles R., Budynas, Richard G. (2004). *Mechanical Engineering Design*, 7th ed., New York, NY: McGraw-Hill.

Budynas, Richard G., Nisbett Keith J. (2007). *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 8th ed., New York, NY: McGraw-Hill.

Globerson S., Stub A., *Project Management*, (1194) 2nd ed., Prentis Hall.



5 מעבדה בבניית מכונות יד

א. פירוט התכנים (הנושאים) – החלק ההתנסותי

נושא:	מעבדה בעיבוד בלתי שבבי / תכן מתקנים / מדידות
טרימסטרים:	ג* - מעבדה בעיבוד בלתי שבבי - 4 ש"ש סה"כ 36 שעות
	ד', -מעבדה בתכן מתקנים – 3 ש"ש סה"כ 42 שעות
	ה - מעבדה במדידות – 3 ש"ש סה"כ 42 שעות
	סה"כ 120 שעות

תנאי קדם: ביצוע מעבדת בניית מכונות טכנאים בהיקף של 84 שעות הכוללת שני סעיפים: 5.1 עיבוד קונבנציונלי ו- 5.2 עיבוד ממוחשב

ב. מטרות

1. לפתח מודעות לקשרים בעיצוב, ייצור ומדידות של מוצרים.
2. התנסות בשיטות עיצוב בסיסיים בעיבוד בלתי שבבי.
3. התמודדות עם בעיות בבחירת המתקן כתלות בדיוק ובצורת המוצר.
4. התנסות בבקרת תהליך המורכב מעיצובו דפינתו ובדיוקו בזמן אמת.

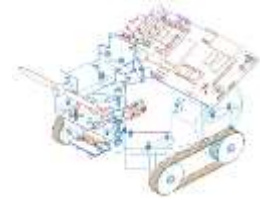
ג. אסטרטגיות הוראה

1. יישום הקשר בין החלק העיוני והתנסותי.
2. החלק התנסותי – הדגמות במעבדה והתנסות אישית.
3. סיורים תעשייתיים

ד. דרכי הערכה

1. ציונים ביישום וניתוח תרגילי המעבדה.
2. ניסוי אתגרי בודד/קבוצתי.

לכל אחת מהמעבדות יש להעביר בשיעור הראשון הוראות בטיחות ונוהלי עבודה במעבדה



5.3 מעבדה בעיבוד בלתי שבבי (36 שעות)

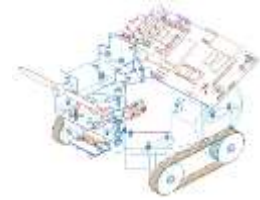
1. בדיקת תכונות של מספר חומרים או פחים שונים
 - בדיקות החומר לגזירה (במתקן לבדיקת גזירה) ארבעה סוגי חומר.
 - תאור התנהגותו המעשית של כל חומר וחומר כולל כוח גזירה
 - בדיקת גמישות בכפיפה חד צדדית ודו צדדית, במספר סוגי חומר
 - בדיקת מתיחות החומר לפי אריקסן, במספר פחים.
2. ניסוי בגזירת כולל חישובים כוחות גזירה
3. ניסוי בכפיפה כולל חישוב פריסה וכוחות כפיפה ומכבש
4. ניסוי מתיחה עמוקה, כולל חישוב דיסקה, מספר שלבים ומכבש
5. ניסוי בחישול חופשי
6. ניסוי בערגול
7. ניסוי במשיכה
8. ניסוי ביציקה
9. ניסוי בגילוי סדקים

5.4 מעבדה בתכן מתקנים (42 שעות)

1. שלילת דרגות חופש
 - מיקום של מוצרים עם משטח "ישר" שהתקבל מיציקה, חישול
 - מיקום מוצרים עם קדחים, ומשטחים עגולים
2. הידוק ידני של מתקנים וחישוב כוחות הידוק (בורג, אל-מרכזי, בריח, פרקי)
3. הידוק של מתקנים בהידוק לא ידני וחישוב כוחות הידוק (פנימטי, הידרולי וריק)
4. בנית מתקן מחלקים מדולרים לכרסום
5. בנית מתקן לחריטה
6. בנית מתקן לקידוח קדח ושני קדחים
7. בדיקת דיוק המתקן
8. תכנון מתקן ריתוך
9. תכנון מתקן הרכבה

5.5 מעבדה במדידות (42 שעות)

1. שימוש בכלי מדידה ברמות דיוק שונות (סרגל, זחון, מיקרומטר, מד זווית ומד גובה)
2. מדידים גבוליים (GO, NOT-GO)
3. בדיקות של סבלות צורה ותנוחה
4. בדיקות של סבולת מצב – מגמה של אלמנטים קשורים
5. חישובי סבולת מתקבלת וטכנולוגית
6. מדידה השוואתית בעזרת קומפרטור מכני ואופטי.
7. בקרת איכות תהליכים בזמן אמת



רשימת מקורות מומלצת לכל התכנית

1. בוקאי א. ורול, מ. (2011). תהליכי ייצור, הוצאת אורט ישראל.
2. בוקאי א. ורול, מ. (2011). תהליכי ייצור, הוצאת אורט ישראל.
3. ברוכמן א. (1989). טכנולוגיה של הייצור, הוצאת אורט ישראל.
4. גולומב, מ. (2010). עירגול ומשיכה, הוצאת אורט ישראל.
5. גולומב, מ. (2011). מבלטנות, הוצאת אורט ישראל.
6. הוכשטט, י. (2010). תורת הריתוך, הוצאת אורט ישראל.
7. לוי, מאיר. תורת המבלטנות חלק א. הוצאת המכון לאמצעי הוראה.
8. פלובסקי, י'. תורת המבלטנות. הוצאת אורט.
9. פולק, י. וינגר, י. (2010). תכנון תהליכי ייצור א, הוצאת אורט ישראל.
10. פולק, י. וורטהיים, ר. (2001). תכן מתקני ייצור, הוצאת אורט ישראל.
11. פולק, י. וינגר, י. וורטהיים, ר. (2010). תכנון תהליכי ייצור א, הוצאת אורט ישראל.
12. פולק, י. וינגר, י. וורטהיים, ר. (2010). תכנון תהליכי ייצור א, הוצאת אורט ישראל. פולק,
13. פישביין, יוסף. הנדסת חומרים וטיפול תרמי. הוצאת אורט.
14. ירינצקי, י'. עיבוד פלסטי בחום. הוצאת מכלול.
15. ירינצקי, י'. עיבוד פלסטי בקור. הוצאת מכלול.
16. ירינצקי, י'. (1989). מדריך לעיבודים שבביים. הוצאת מכלול.
17. גלברזון-כרמי, אנשים בארגון, ספריית המנהל.
18. גלברזון, ניהול התפעול הייצור, גומא.
19. גביזון י', פרקים בדיני עבודה, ספריית המנהל.
20. גולדשטיין, תורת התמחיר והתקציב, חשב.
21. דיאמנט, מערכות ייצור ומלאי, המכון לפירון העבודה והייצור.
22. זאבי, תכנות ליניארי, דקל.
23. זימון יאיר, מבוא לכלכלה (א'+ב'), דקל.
24. מור, חקר ביצועים, סדן.
25. ריבה-יערי, הנדסת שיטות, דיונון.
26. שור, שיטות כמותיות, המכון לפירון העבודה וייצור.

27. Handbook Of Jig And Fixture Design – Mc Graw Hill