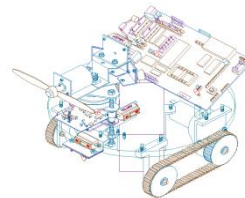


תכנית לימודים במגמת הנדסת מכונות

מקצוע מוביל: בקרת מערכות הנדסיות

שנה"ל תשע"ח

עידכון: 19 יולי 2017



תוכן העניינים

מבוא: 1.....

1. לוגיקה ספרתית לכיתה י' (שאלון 819387) 3
2. מבוא למערכות מבוקרות לכיתה י' (שאלון 819387) 3
3. פרקי הנדסה ומדע (שאלון 819387) 5
4. רובוטיקה ובקרים כיתה י' - (שאלון 819387) 9
1. לוגיקה ספרתית לכיתה יא' (שאלון 819387) 6
3. פרקי הנדסה ומדע כיתה יא' (שאלון 819387) 7
4. רובוטיקה ובקרים כיתה יא' (שאלון 819387) 8
2. מערכות מבוקרות לכיתה יב' (שאלון 819283) 10
3. פרקי הנדסה ומדע כיתה יב' - (שאלון 819283) 13
4. רובוטיקה ובקרים כיתה יב' (שאלון 819387 למעט סעיף 4.3.7-8) 14

מבוא:

מטרת המקצוע בקרת מערכות הנדסיות היא לחשוף לפני התלמיד את השיטות שמשתמשים בהן לגרום למכונות שונות לפעול על פי הדרישות. במהלך לימודיו, ירכוש התלמיד כלי חשיבה והבעה שיאפשרו לו להיטיב להבין את אופן פעולתן של מערכות הנדסיות מתוחכמות.

- תכנית לימודים זו מחליפה את קודמתה שנכתבה לפני יותר מעשור.
- התכנית החדשה משמרת את עקרונות היסוד שצוינו בתכנית שקדמה לזו, אך מדגישה את המהפכה שנגרמה בתחום בקרת המכונות עקב שילובן של מערכות מבוססות מחשב ומערכות אלקטרוניות.

פריסת השעות הכוללת של הנושאים המרכזיים בבקרת מערכות הנדסיות

מס'	נושאים	ע'	ה'	הערות/ תכנים
1.	לוגיקה ספרתית	60	30	משתנה בינארי, פונקציות לוגיות ופישוטן,
2.	מבוא למערכות מבוקרות	60	60	מושגים, דיאגרמת מלבנים, תגובה סטטית של מערכות פיזיקליות, אלגוריתמים לבקרה (תיאורי).
3.	פרקי הנדסה ומדע	150	30	מבוא למערכות הנדסיות, תכונות חומרים סטטיקה ומבנים חומרים הנדסיים תכן הנדסי הכולל גם סרטוט וסיב"מ
4.	רובוטיקה ובקרים	150	90	רובוטיקה, בקרים, מפעילים (חשמליים, פנאומטיים, הידרוליים, מכאניים) וחיישנים.
	סה"כ	420	210	סה"כ - 630 שעות

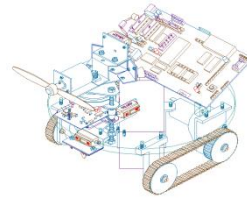
בחינות בגרות שאלונים וצירופי בחינות – 5 יח"ל מקנה בונוס של 25%:

סמל השאלון הראשי הוא 819580 המקנה בונוס מועדף של 25% בחישוב ציון הקבלה למוסדות להשכלה גבוהה (בטכניון 30% אם יש גם מתמטיקה ופיסיקה). הדרך המומלצת והנפוצה ביותר לצבירת היא צירוף השאלונים הנ"ל (מספרי השאלונים נקבעו על-ידי אגף בכיר לבחינות):
מומלץ: 819580 - 5 יח"ל, מקנה בונוס 25% בהרשמה ללימודים גבוהים.
צירוף השאלונים המומלץ הוא:

- ✓ כיתה יב': בקרה במכונות - 819387, 3 יח"ל, בחינת מעבדה הכוללת מרכיב 50% בכתב
- ✓ כיתה יב': בקרה במכונות מורחב - 819283, 2 יח"ל, הערכה בית ספרית

חלופת הערכה: 819589, 5 יח"ל, פרויקט גמר בבקרת מערכות הנדסיות

אפשרי: 819380 - 3 יח"ל באמצעות שאלון חיצוני 819387 (רק בתי ספר שמלמדים את המרכיב של 30% הערכה בית ספרית יוכלו להחליט שהתלמידים מתאימים להגביר 5 יח"ל במקצוע המוביל).



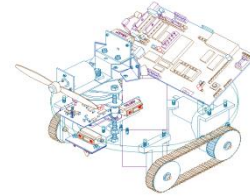
פריסה תלת שנתית של שעות הוראה במקצוע בקרת מערכות הנדסיות

סה"כ לשלוש שנים		819589						שם מקצוע	סמל המקצוע	מקצוע הבחינה	סוג המקצוע
		819283		819387							
		י"ב		י"א		י'					
ה	ע	ה	ע	ה	ע	ה	ע				
30	60				30	30	30	לוגיקה ספרתית	32.001	32.00	מקצוע מוביל בקרת מערכות הנדסיות
60	60	30	30			30	30	מערכות מבוקרות	32.002		
30	150		30		60	30	60	פרקי הנדסה ומדע	32.003		
90	150	30	90	60	60			רובוטיקה ובקרים	32.004		
210	420	60	150	60	150	90	120	סה"כ			
630		180		210		210		סה"כ			
630 שעות – 21 ש"ש								סה"כ למקצוע המוביל			

סה"כ		י"ב		י"א		י'		שם מקצוע	סמל המקצוע	מקצוע הבחינה	סוג המקצוע
ה	ע	ה	ע	ה	ע	ה	ע				
1	2				1	1	1	לוגיקה ספרתית	32.001	32.00	מקצוע מוביל בקרת מערכות הנדסיות
2	2	1	1			1	1	מבוא למערכות מבוקרות	32.002		
1	6		1		3	1	2	פרקי הנדסה ומדע	32.003		
3	4	1	3	2	1			רובוטיקה ובקרים	32.004		
7	14	2	5	2	5	3	4	סה"כ			
21 ש"ש		7 ש"ש		7 ש"ש		7 ש"ש		סה"כ			
21 ש"ש – 630 שעות								סה"כ למקצוע המוביל			

המשמעות של 21 ש"ש היא 7 ש"ש בממוצע למקצוע המוביל בכל אחת משלוש השנים בתיכון.

מספרי השאלונים נקבעו על-ידי אגף בכיר לבחינות והוטמעו בתוך תכנית הלימודים במקומות הרלוונטיים.



1. לוגיקה ספרתית לכיתה י' (שאלון 819387)

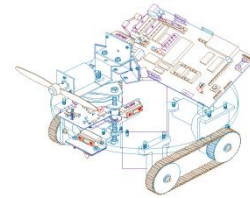
לוגיקה היא כלי חשוב בבקרת מכונות. מכונות רבות מבוקרות של ידי מחשבים או בקרים מתוכנתים שתכונותם מבוסס על שימוש בתורת הלוגיקה. מטרת מקצוע זה היא להציג לתלמיד את עקרונות החשיבה הלוגית בהיבט הרחב ואת יישום הלוגיקה בתחומי הטכנולוגיה הן ככלי חשיבה והן ככלי ביצועי.

ה'	ע'	פירוט הנושאים
2	4	1.1 יסודות הלוגיקה: סקירה היסטורית, דיון בבעיה לוגית, הקשר בין לוגיקה וטכנולוגיה
2	4	1.2 משתנה לוגי: משתנה לוגי פשוט, פסוק לוגי
7	10	1.3 פעולות לוגיות יסודיות: < הכרת הפעולות and, or, not תוך שימוש בסמלים אלקטרוניים ומתמטיים < הכרת הפונקציה xor
8	3	1.4 יישום פעולות לוגיות בסיסיות בעזרת מערכת מתגים < חיבור טורי, חיבור מקבילי < מגע רגיל פתוח ומגע רגיל סגור
8	3	1.5 יישום פעולות לוגיות בסיסיות בעזרת שסתומי 3/2 < הבדל בין מיתוג פנימטי וחשמלי < חיבור טורי וחיבור מקבילי < שער not בעזרת שסתום 3/2 < מימוש פונקציות לוגיות בעזרת שסתומים לוגיים
3	6	1.6 ייצוג מערכת של מספר משתנים לוגיים בעזרת טבלת אמת < כיצד בונים טבלת אמת לארבע משתנים < חילוף פונקציה קנונית מטבלת אמת
30	30	סה"כ

ספר הלימוד המומלץ להוראת פרק לוגיקה הוא:
 בקרה במכונות, חלק א - לוגיקה, מאת עודד רייכספלד ודני קלוס הוצאת אורט 2005

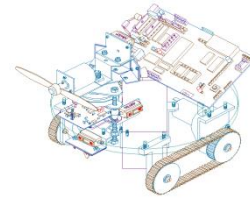
2. מבוא למערכות מבוקרות לכיתה י' (שאלון 819387)

דרישות הקדם לנושא זה הוא לוגיקה ספרתית לכיתה י' המהווה תשתית להבנת מקצוע הבקרה. פרק מבוא לבקרה מציג לפני התלמיד את שפת המערכות המבוקרות, ייצוג מערכות בקרה בדיאגרמות מלבנים, היכרות עם חיישנים ושיטות בקרה שונות. את ההתנסות לפרק זה יש לרכז סביב חקר של תהליך מסדר ראשון קלסי שעליו ניתן לבקר בעזרת מחשב.



ספר הלימוד המומלץ להוראת פרק הבקרה הוא:
בקרה במכונות, חלק ב', מערכות מיכון עקרונות מדעיים מאת עודד רייכספלד ודני קלוס, הוצאת אורט 2006
ספרי לימוד להרחבה נוספת:
ז' בהיר, ע' לוי בקרת תהליכים בהוצאת אורט.

ה'	ע'	2.1 מבוא לבקרה – כיתה י' (שאלון 819387)
3	3	2.1.1 מבוא למערכות מבוקרות דוגמאות למערכות מבוקרות בתחומי החברה, הביולוגיה, הכלכלה והטכנולוגיה
3	3	2.1.2 מושג המערכת מערכת אות מבוא קלט אות מוצא פלט תיאור מערכת בעזרת מלבן אחד ומספר מלבנים (ללא נקודת סיכום)
4	6	2.1.3 דיאגרמות מלבנים משתנה מבוקר, הפרעה ומשתנה מבקר משתנים כאותות קלט ופלט במערכות בקרה הגבר כיחס בין שינוי אות מוצא לשינוי באות מבוא תיאור מערכת בקרה פשוטה כרצף של מספר מלבנים חיבור הפרעה ומשתנה מבקר בדיאגרמת מלבנים
2	3	2.1.4 חיישנים במערכות בקרה הגדרת מושגי דיוק בסיסיים בתורת המדידה שימוש בחיישנים למדידת ערכים פיזיקליים תחומי מדידה ורוויה של חיישנים
4	3	2.1.5 סוגי חיישנים חיישנים בעלי אות מוצא דו מצבי חיישנים בעלי אות מוצא רציף (או דיגיטלי) אותות מוצא תקינים של חיישנים
4	3	2.1.6 ייצוג חיישנים כמלבן חישוב הגבר של חיישן שימושי חיישנים במערכות בקרה ממוחשבות
4	3	2.1.7 בקרה בחוג פתוח ייצוג מערכת בקרה בחוג פתוח בדיאגרמת מלבנים חישוב הגבר המערכת ייצוג הפרעה במערכת הבקרה
6	3	2.1.8 בקרה בחוג סגור ייצוג מערכת בקרה בחוג סגור בדיאגרמת מלבנים חישוב הגבר המערכת ייצוג הפרעה במערכת הבקרה היזון קדמי במערכות בקרה
30	30	סה"כ



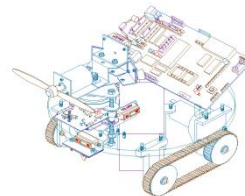
3. פרקי הנדסה ומדע (שאלון 819387)

ספרי הלימוד המומלצים להוראת נושא פרקי הנדסה ומדע הוא:
החומר הכוח והחוזק, ר. יחיאל, י. דופלט, ש. כהן וי. פישביין, הוצאת אורט 2002
חוזק על אופנים, ירון דופלט, שאול גלר ורון אייזנברג, הוצאת אורט 2003
מבוא לתכנון ולהנדסה מאת שאול גלר וחיים קרופקו, הוצאת אורט 2003

ספרים נוספים:

סטטיקה וחוזק חומרים, יהואש אלפירוביץ, הוצאת אורט 2007

ה'	ע'	3.1. מבוא לתכן הנדסי באמצעות מחשב - כיתה י' (שאלון 819387)
	20	3.1.1. <u>סרטוט - כיתה י'</u>
	6	יסודות גאומטריה תיאורית
	6	היטלים של גופים
	6	איזומטריה
	2	מתן מידות
30		3.1.2. סיב"מ (סרטוט בעזרת מחשב) – כיתה יא'
5		יסודות תכן פרמטרי ואיפיוני Feature design
5		כלים של סקיצות
5		בניית חלקים בעזרת Features
5		הפקת סרטוטים
5		הרכבות של מכלולים
5		סכמות
		3.2. מבוא לתכנון מערכות הנדסיות – כיתה י'
	10	3.2.1. מבוא למערכות הנדסיות
2		הגדרה ומיון של מערכת הנדסיות (דוגמאות של מערכות מכניות, שימושים)
2		עקרונות תיכון של מערכת הנדסית מבחינת מאפיינים, חומרים, מבנה וכוחות
2		תכונות פיסיקליות של חומרים: מסה, צפיפות, מוליכות, אופטיות
2		תכונות מכניות של חומרים: קשיות, אלסטיות, פלסטיות, חוזק, קשר עיבור – מאמץ
1		תנאי עבודה, בטיחות, אורך חיים, עמידות בחום, אמינות
	30	3.2.2. מבוא לממסרות
3		מבוא לגלים
7		מאפייני מערכות להעברת תנועה: תנועה קווית וסיבובית, מהירות ותאוצה
20		ממסרות רצועה וגלגלי שיניים
30	60	סה"כ

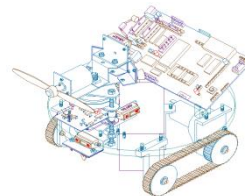


1. לוגיקה ספרתית לכיתה יא' (שאלון 819387)

ה'	ע'	פירוט הנושאים ¹
	9	1.7 הצגת כללי הפישוט של אלגברה בוליאנית < הצגת כללים בלי הוכחה < חוקי דה-מורגן יש ללמד נושא זה באופן עקרוני בלבד!
	9	1.8 פישוט בעזרת מפת קרנו לשלושה ולארבעה משתנים < הצבת טבלת האמת במפה וכללי צמצום < מקרים מיוחדים במפה ודגש על צמצום מקסימלי של הפונקציה < הרחבת פונקציה במפת קרנו < שימוש ב don't care
	12	1.9 שימוש במערכות שלמות בעזרת שער לוגי אחד < יישום בעזרת שערי nand 1 nor
	30	סה"כ

ספר הלימוד המומלץ להוראת פרק לוגיקה הוא:
בקרה במכונות, חלק א - לוגיקה, מאת עודד רייכספלד ודני קלוס הוצאת אורט 2005

¹ לוגיקה ספרתית לכיתה יא' מהווה המשך של תת-תכנית הלימודים לוגיקה לכיתה יי' שהסתיימה בעמוד 3.



3. פרקי הנדסה ומדע כיתה יא² (שאלון 819387)

ספרי הלימוד המומלצים להוראת נושא פרקי הנדסה ומדע הוא:
החומר הכוח והחוזק, ר. יחיאל, י. דופלט, ש. כהן וי. פישביין, הוצאת אורט 2002
חוזק על אופנים, ירון דופלט, שאול גלר ורון אייזנברג, הוצאת אורט 2003
מבוא לתכנון ולהנדסה מאת שאול גלר וחיים קרופקו, הוצאת אורט 2003

ספרים נוספים:

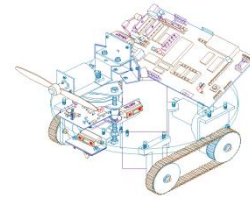
סטטיקה וחוזק חומרים, יהואש אלפירוביץ, הוצאת אורט 2007

ה'	ע'	3.3. מבוא לתכנון מערכות הנדסיות – כיתה יא'
	25	3.3.1 סטטיקה
	5	חלקים
	5	סכמות
	10	כוחות ומומנטים,
	5	שיווי משקל כוחות ודיאגרמות במבנים פשוטים ומרכז כובד
	35	3.3.2 מבוא לתורת החוזק
	2	חוקי הוק ויאנג,
	3	מאמץ כניעה, מקדם בטיחות ומאמץ מותר, קריטריוני תכן: חוזק חומרים וכשל.
	7	מתיחה ולחיצה
	8	מערכה וגזירה
	15	חישובי חוזק בפינים, שגמים, מסמרות
	60	סה"כ

הערה:

מומלץ להשתמש בתוכנות מחשב כדי להדגים את התהליכים המופיעים בנושאי הלימוד בפרק זה. נושאים אלו משמשים מנשא מוביל גם לרעיונות חשובים של תכן הנדסי דיגיטלי בהנדסת מכונות. החשיבה שניתן לפתח, באמצעות תוכנות של תכן הנדסי דיגיטלי (בהיבטים של תכן המערכת, מרכז הכובד, מציאת המשקל של החלק, ואנליזות), מאפשרת ללמד את הנושאים בפרק זה ברמה של 5 יח"ל – ועד מהנדס בטכניון. מושגי הליבה הנלמדים בתת-תכנית זאת מאפשרים לתלמיד להבין שיקולים הנדסיים בתכן ולתמוך בהגדרת דרישות פרמטריות בשלבי הביצוע של פרויקט הגמר בהתמחות. זאת בנוסף לכלי לניסוי וחישוב שתומכים בבחירה פתרון אופטימלי מתוך חלופות לפתרון.

² פרקי הנדסה ומדע לכיתה יא' מהווה המשך של תת-תכנית הלימודים מבוא לתכן הנדסי בכיתה י' שהסתיימה בעמוד 5.



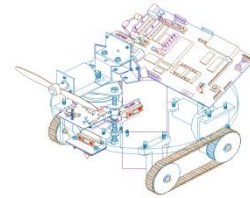
4. רובוטיקה ובקרים כיתה יא' (שאלון 819387)

בחלק הראשון של התכנית השיעורים העיוניים מיועדים ליצור תשתית של השפה הדרושה להבנת פעולתן של מערכות. שיעורי ההתנסות יתמקדו בעבודה עם בקרים מתוכנתים ויצירת מסכי HMI פשוטים. לאחר שמסיימים את פרק היסודות במישור העיוני, יש להקפיד על לימוד מקביל של הנושאים במעבדה ובכיתה.

ה'	ע'	4.1 הנושא: רכיבים ומפעילים יא'
2	4	4.1.1 תמסורות הספק בתעשייה < תמסורת מכנית < תמסורת חשמלית < תמסורת פנאומטית < תמסורת הידראולית
5	10	4.1.2 תכונות זורמים ומושגי יסוד < צפיפות, משקל סגולי וחוק ארכימדס < צמיגות < דחיסות < ספיקה < לחץ < חוק פסקל
5	10	4.1.3 תכונות זורמים המשך: < משוואת רציפות < משוואת ברנולי
4	8	מבנה מערכת כוח פנאומטית < המרת אנרגיה מכאנית לפוטנציאלית < סוגי מדחסים < הגנות ובקרה על המערכת
4	8	4.1.4 מפעילים פנימטיים < בוכנה חד פעולתית ודו פעולתית < מנוע פנימטי < תיאור רכיבים בעזרת סמל
5	10	4.1.5 רכיבי בקרת הספק חשמליים < ממסר, טרנזיסטור הספק < אפנון תדר PWM
5	10	4.1.6 פיקוד במערכות פנימטיות < פיקוד ידני < פיקוד פנימטי < פיקוד כפול
30	60	סה"כ

הערה:

חובה לבצע את הלמידה ההתנסותית עם מערכות אמיתיות בהתאם לתקני ההצטיידות הנמצאים באתר המינהל. תוכנות וסימולציות מסייעות אך אינן מחליפות את ההתנסות האמיתית – לא ניתן לקבל רשיון נהיגה על סימולטור.

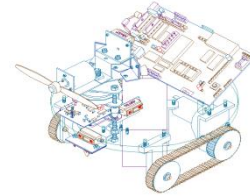


4. רובוטקה ובקרים כיתה יא' - (שאלון 819387)

במסגרת שיעורי ההתנסות (ובדוגמאות שיינתנו בשיעורים העיוניים) יש להרבות בדוגמאות מתחומי הרובוטקה ומערכות מתקדמות. מושגי הליבה של הנדסת מכונות בכלל ושל בקרה במכונות בפרט מהווים את השפה ההנדסית המשותפת לבוגרי תכניות הלימודים של מגמות הנדסת מכונות.

ה'	ע'	4.2. פרויקטון בכיתה יא' (שאלון 819387)
3		4.2.1. הבעיה והצורך: < מה היא הבעיה שהפרויקט יפתור? ; על איזה צורך המערכת עונה? < מדוע הפרויקט חשוב? מה הוא קהל היעד של המערכת? < מה חייב להיות בפרויקט? ; מה רצוי שיהיה בפרויקט? < מה תהיה התועלת שתפיק החברה ממערכת זו? < אילו נזקים ייגרמו לחברה ממערכת זו?
5		4.2.2. איסוף מידע: < האם יש בנמצא מערכות דומות? ; כיצד מערכות אלו פועלות? < מה תהיה מידת השימוש של המערכת? (סקר שוק) < מה הם העקרונות הטכנולוגיים והמדעיים שיש להכיר כדי להמשיך בפרויקט?
5		4.2.3. הצגת פתרונות אפשריים: < כיצד תיפתר הבעיה ברמה עקרונית? (שלושה פתרונות שונים ברמה מערכתית ובלא בחירת רכיבים) < מה הם היתרונות והחסרונות של כל אחד מהפתרונות המוצעים? < האם יש פתרונות נוספים לבעיה המבוססים על הפתרונות שהוצעו והדיון שהתקיים בכיתה?
5		4.2.4. בחירת פתרון מנומק: < מדוע כדאי לבחור פתרון מסוים? ; כיצד לממש את הפתרון? < כיצד תפעל המערכת? (ברמה מעמיקה יותר מאשר בשלב הקודם).
5		4.2.5. מימוש הפתרון: < מהם רכיבי ה"מדף" הדרושים למימוש את הפתרון? < האם יש לפתח ולייצר רכיבים שאינם קיימים? < האם נתוני הרכיבים מתאימים לדרישות? (משקל, מחיר וכדומה). < דיאגרמות מלבנים, טבלת כתובות ייחוס ואלגוריתם המסביר את בקרת המערכת
5		4.2.6. משוב והערכה: < האם המערכת עומדת בדרישות שהוצבו בהתחלה? < אילו שיפורים ושינויים כדאי לבצע במערכת?
30		סה"כ

ספר הלימוד המומלץ להוראת הפרק רובוטקה ובקרים הוא בקרה במכונות, חלק ב' מערכות מיכון – עקרונות מדעיים מאת עודד רייכספלד ודני קלוס, הוצאת אורט 2006



2. מערכות מבוקרות לכיתה יב³ (שאלון 819283)

דרישות הקדם לנושא זה הוא לוגיקה ספרתית לכיתה י' ו-יא' המהווה תשתית להבנת מקצוע הבקרה.

מבוא לבקרה המציג לפני התלמיד את שפת המערכות המבוקרות, ייצוג מערכות בקרה בדיאגרמות מלבנים, היכרות עם חיישנים ושיטות בקרה שונות. מבוא לבקרה מהווה בסיס לכן נלמד בכיתה י'.

בקרת תהליכים ממוחשבת. פרק זה ממחיש שכדי לשלוט במשתנה המבוקר של תהליך (בעזרת מחשב) יש להזין את המחשב באלגוריתם בקרה שיקבע את ערכו של המשתנה המבוקר. במסגרת פרק זה יוצגו אלגוריתמי בקרה שונים באופן איכותי בלבד. מומלץ לממש את האלגוריתמים בסביבה שנלמדה בפרק הקודם. היבטים פיזיקליים ומתמטיים בבקרת תהליכים. בפרק זה לומד התלמיד שכדי לבקר תהליך יש לאפיין אותו מבחינה פיזיקלית מתמטית לצורך חיזוי של תגובת התהליך במצבים שונים.

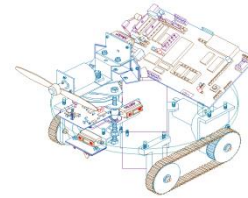
ספר הלימוד המומלץ להוראת פרק הבקרה הוא:
בקרה במכונות, חלק ג', היבטים פיזיקליים ומתמטיים מאת עודד רייכספלד ודני קלוס, הוצאת אורט 2005

ספרי לימוד להרחבה נוספת
ז' בהיר, ע' לוי בקרת תהליכים בהוצאת אורט.

הערה:

הערכה בית ספרית של שאלון 819283, המופיע בחוברת השאלונים שפורסמה באמצע שנה"ל תשע"ו, תחת השם בקרה במכונות מורחב. מהווה צומת החלטה למטען הידע של תלמיד 5 יח"ל בבקרה במכונות וגם מהווה מנושא מוביל לרמת הבנה ויישום נאותים של הרעיונות השייכים לבקרה במכונות מורחב במסגרת פרויקט גמר 5 יח"ל במקצוע ההתמחות.

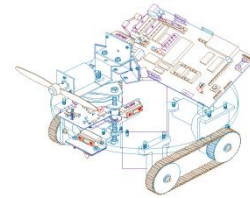
³ מערכות מבוקרות לכיתה יב' מהווה המשך של תת-תכנית הלימודים מבוא לבקרה לכיתה י' שהסתיימה בעמוד 4.



ה'	ע'	2.2 בקרת תהליכים ממוחשבת לכיתה יב' (שאלון 819283)
	6	2.2.1 בקרת תהליך בחוג פתוח < תגובת המערכת ללא הפרעה < תגובת המערכת להפרעות שונות < קביעת קריטריון מתי בקרה בחוג פתוח מתאימה לתהליך ומתי לא
	3	2.2.2 מבוא לבקרה בחוג סגור < כיצד מחשבים שגיאה < חישוב שגיאה בעזרת מחשב וקבלת גרף שגיאה בזמן
	6	2.2.3 בקרה דו מצבית on-off < כתיבת אלגוריתם לבקרה דו מצבית בלא תחום מת < כתיבת אלגוריתם בקרה דו מצבים עם תחום מת < הקשר בין רוחב תחום המת זמן המחזור ומספר המחזורים
	3	2.2.4 בקרה יחסית (p) < הגבר הבקר ותגובה במצב כאשר השגיאה שווה לאפס < מימוש אלגוריתם לבקרה יחסית בעזרת מחשב
	3	2.2.5 שגיאה במצב מתמיד בבקרה יחסית < הקטנת השגיאה כתלות בהגדלת הגבר הבקר < השפעת הגדלת הגבר הבקר על יציבות המערכת
	6	2.2.6 בקרת PI כפתרון לבעיית שגיאה במצב מתמיד < הכרה של המושג אינטגרל וזמן שחזור < מימוש אלגוריתם בקרה PI בעזרת מחשב < השפעת הבקרה האינטגרלית על המערכת
	3	2.2.7 בקרת PID < מימוש אלגוריתם בקרה PID
	30	סה"כ

הערה:

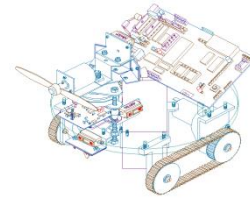
מומלץ להשתמש בתוכנות מחשב כדי להדגים את התהליכים המופיעים בנושאי הלימוד בפרק זה ולפתח את החשיבה של התלמידים בתחום של בקרת מערכות הנדסיות. נושאים אלו משמשים מנשא מוביל גם לרעיונות חשובים במקצועות ההתמחות. תוכנות מחשב וסימולציות הינן תוספת מומלצת למערכות אמיתיות איתם התלמידים חייבים לעבוד במעבדות המצויידות לפי תקן ההצטיידות הרשמי שמפורסם באתר המינהל למדע וטכנולוגיה.



ה'	ע'	2.3 היבטים פיזיקליים ומתמטיים בבקרת תהליכים - כיתה יב (שאלון 819283)
3		2.3.1 מבוא מתמטי < הצגת שינוי כנגזרת בזמן (דוגמאות מתחומים שונים) < ייצוג מתמטי של נגזרת בזמן $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$
6		2.3.2 תיאור תהליך נבחר מסדר ראשון בעזרת משוואה דיפרנציאלית < ציון המשתנים הפיזיקליים ויחידותיהם < שימוש בחוקי שימור פיזיקליים לקבלת המשוואה
3		2.3.3 ניתוח המערכת כאשר החלק הדיפרנציאלי שווה לאפס (סטטי) < חישוב הגבר של התהליך K < סרטוט גרף המראה את התגובה כתלות באילוף < הגבר התהליך כשיפוע הגרף
3		2.3.4 ניתוח המערכת כאשר החלק הדיפרנציאלי שונה מאפס (דינמי) < סרטוט גרף המראה את התגובה כתלות בזמן
3		2.3.5 קבוע הזמן של תהליך (τ) < השפעת קבוע הזמן על תהליך
3		2.3.6 תגובת פיגור מסדר ראשון לאילוף מדרגה בזמן < חישובים כמותיים של זמני תגובה וקבועי זמן
9		2.3.7 ניתוח שתי דוגמאות נוספות (לפחות) למערכות שיש בהן פיגור מסדר ראשון. בסוף פרק זה צריך התלמיד להכיר מערכת לבקרת מפלס ומערכת לבקרת טמפרטורה.
30		סה"כ

הערה:

מומלץ להשתמש בתוכנות מחשב כדי להדגים את התהליכים המופיעים בנושאי הלימוד בפרק זה. נושאים אלו משמשים מנשא מוביל גם לרעיונות חשובים של בקרת מערכות הנדסיות במקצוע ההתמחות. תוכנות מחשב וסימולציות הינן תוספת מומלצת למערכות אמיתיות איתם התלמידים חייבים לעבוד במעבדות המצויידות לפי תקן ההצטיידות הרשמי שמפורסם באתר המינהל למדע וטכנולוגיה.



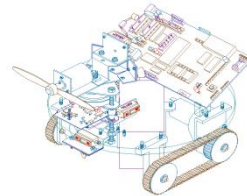
3. פרקי הנדסה ומדע כיתה יב⁴ - (שאלון 819283)

ה'	ע'	3.4. מבוא לתכנון מערכות הנדסיות – כיתה יב'
	20	3.4.1. חוזק חומרים ופרקי מכונות
	5 10 5	< פיתול וכפיפה, < חישובי חוזק בגלים וסרנים כולל מאמצים משולבים < ברגים וקפיצים
	10	3.4.2. חומרים הנדסיים
	1 1 1 1 1 1 1 1 1	< תכונות כימיות - תאימות, קורוזיה, חימצון < תכונות תרמיות - מוליכות חום, התפשטות תרמית, טמפ' היתוך, חום סגולי, חום כמוס < תכונות חשמליות ומגנטיות - הולכה, התנגדות חשמלית, מגנטיות, מתח פריצה < תכונות טכנולוגיות – שביבות, רתיכות, חשילות, ערגול, כפיפות, אקוסטיות < סגסוגת - מבנה בסיסי, מיון מתכת לפי תפקוד / שימוש, דוגמאות במערכות הנעה < חומרים מורכבים, קרמיים < מבנים תרמוסטי ותרמופלסטי, אלסטומרים, מיון ושימושים, דוגמאות במערכות הנעה < מבוא לתהליכי ייצור (יציקה, עיצוב פלסטי, עיבודים שונים)
	30	סה"כ

הערה:

הערכה בית ספרית של שאלון 819283, המופיע בחוברת השאלונים שפורסמה באמצע שנה"ל תשע"ו, תחת השם בקרה במכונות מורחב. מהווה צומת החלטה למטען הידע של תלמיד 5 יח"ל בבקרה במכונות וגם מהווה מנשא מוביל לרמת הבנה ויישום נאותים של הרעיונות השייכים לבקרה במכונות מורחב במסגרת פרויקט גמר 5 יח"ל במקצוע ההתמחות.

⁴ פרקי הנדסה ומדע לכיתה יב' מהווה המשך של תת-תכנית הלימודים פרקי הנדסה ומדע בכיתה יא' שהסתיימה בעמוד 8.



4. רובוטיקה ובקרים כיתה יב' (שאלון 819283 למעט סעיף 4.3.7)

ה'	ע'	0.3. רכיבים ומפעילים יב'
2	8	0.3.1. מבנה מערכת כוח הידראולית - המרת אנרגיה מכאנית לפוטנציאלית - סוגי משאבות - הגנות ובקרה
2	8	0.3.2. מפעילים הידרוליים - צילינדר חד פעולתי ודו פעולתי - מנוע הידרולי - תיאור רכיבים בעזרת סמל
2	6	0.3.3. שסתומים לבקרת כיוון שסתומים הידרוליים ופנימטיים
	8	0.3.4. שסתומים לבקרת הספק: לחץ וספיקה
4	8	0.3.5. חיישנים במערכות מיכון - חיישני מיקום נקודתיים ואנלוגיים - חיישני מהירות ותאוצה וחיישני כוח מסוגים שונים - חיישנים בעלי אות מוצא חשמלי, פנימטי, הידרולי ומכני
0	12	0.3.6. מערכות הידרוליות - פיקוד הידרולי - חישובי כוח ומהירות במערכות הידרוליות
5	25	0.3.7. מפעילים חשמליים (שאלון 819387) - סולנואיד - מנועי DC ; מנועי סרוו ; מנועי צעד (Step motor) - פיקוד על מנועים - פיקוד אנלוגי, פרופילי תנועה, הצורך ב Driver ובמונה מהיר לביצוע בקרה
15	15	0.3.8. בקרים מתוכנתים - בקרה על מפעילים בעזרת בקר מתוכנת - העברת מידע מחיישנים לבקר מתוכנת - פיקוד חשמלי בעזרת בקר מתוכנת - בקרה על מפעילים בעזרת בקר מתוכנת - יישום עקרונות בקרה באמצעות בקרים מתוכנתים ברובוטיקה
30	90	סה"כ

הערה: רכיבים ומפעילים יב' למעט נושא 4.3.7 (90 שעות) מצטרפים לעוד 90 שעות המתוארים בפרקים הקודמים ומשלימים את השעות הנדרשות להערכה בית ספרית של שאלון 819283. שאלון זה, המופיע בחוברת השאלונים שפורסמה באמצע שנה"ל תשע"ו, תחת השם בקרה במכונות מורחב. שאלון זה גם מהווה צומת החלטה למטען הידע של תלמיד 5 יח"ל בבקרה במכונות וגם מהווה מנושא מוביל לרמת הבנה ויישום נאותים של הרעיונות השייכים לבקרה במכונות מורחב במסגרת פרויקט גמר 5 יח"ל במקצוע ההתמחות.