

משרד העבודה הרווחה
והשירותים החברתיים
חוסן חברתי לישראל



ענף חשמל ואלקטרוניקה

מגמה 1472

תכנית לימודים

חשמלאי מוסמך - מקוצר

הכשרת מבוגרים



היחידה לפיתוח
תכניות לימודים

ירושלים
תשפ"א, נובמבר 2020



מהדורה זו (נובמבר 2020):

ליווי והנחייה: גב' חני זוהר, מנהלת היחידה לפיתוח תכניות לימודים.

ריכוז הפרויקט, כתיבה ועריכה: מר עדי תמיר, מפתח תכניות לימודים-ענף חשמל ואלקטרוניקה.

בקרת תוכן: מר יוסי שרביט, מפתח תכניות לימודים בעבר, יועץ.

קראו והעירו: מר נביל עטר, מפקח ארצי בענף חשמל ואלקטרוניקה.
מר אליהו אלון, מפקח רב מחוזי בענף חשמל ואלקטרוניקה.
מר גד קורץ, מפקח רב מחוזי בענף חשמל ואלקטרוניקה.
מר סאבא סאלם, מפקח רב מחוזי בענף חשמל ואלקטרוניקה.
גב' מלכה אביטל, מנהלת תחום בחינות.

מהדורות קודמות (2005, 2007)

מהדורה 2007:

ייעוץ מקצועי: מהנדס קינן יעקב.
ריכוז הפרויקט, עיבוד ועריכה: מר יוסי שרביט, עורך תכניות לימודים.

מהדורה 2005:

ליווי והנחייה: מר אברי פולצ'ק, מנהל היחידה לתכניות לימודים.
ייעוץ מקצועי: מהנדס כהן אהרון, מהנדס דיקר איגור.
ריכוז הפרויקט, עיבוד ועריכה: מר יוסי שרביט, עורך תכניות לימודים.

תודות

תודתנו נתונה לכל מי שתרום מן הידע המקצועי ומן הניסיון והמומחיות שלו וסייע לגבש את התכנית הנוכחית.

כן נודה לכל המשתמשים בתכנית על הערות והארות שיסייעו בידינו לעדכן בעתיד גם מהדורה זו. נתונה התודה לכל אלה שכתבו, קראו, העירו וסייעו בהפקת המהדורות הקודמות.



תוכן עניינים

4	מבוא
4	1. הקדמה
5	2. מטרות תכנית הלימודים
5	3. אודות המקצוע
6	4. מבנה תכנית הלימודים
7	5. מקצועות הלימוד העיקריים
8	6. דרישות כניסה
8	7. בחינות גמר
8	8. תעודות
8	9. רישוי ומסלולי קידום
9	10. הסבר והנחיות דידקטיות לתחומי הלימוד
9	11. הנחיות והערות דידקטיות כלליות
11	13. ארגון נושאי הלימוד בתכנית הלימודים לחשמלאי מוסמך
12	מסגרת תכנית הלימודים
13	רמות ידע נדרשות
13	הטקסונומיה של בלום
14	תכנית הלימודים
14	מקצועות תשתית
14	פרק 1. מתמטיקה
16	פרק 2. יסודות בפיזיקה
17	פרק 3. יישומי מחשב - לימוד visio
18	מקצועות הליבה
18	פרק 4. אנגלית טכנית
19	פרק 5. אלקטרוניקה תעשייתית
21	פרק 6. תורת החשמל
29	פרק 7. מכונות חשמל
32	פרק 8. מתקני חשמל
35	פרק 9. מעבדות חשמל ואלקטרוניקה
35	פרק 9.1 מעבדת חשמל
36	פרק 9.2 מעבדת מכונות חשמל
37	פרק 9.3 מעבדת אלקטרוניקה תעשייתית
38	פרק 10. עבודה מעשית-חשמלאי מוסמך
38	פרק 10.1 מעגלי מאור וכח ביתיים
39	פרק 10.2 מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגעים
41	פרק 10.3 מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות בקרים מתוכנתים
43	פרק 10.4 בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת
44	נספחים
45	נספח א'- רשימת תרגילים לביצוע בעבודה מעשית לרמת "חשמלאי מוסמך"
45	1. מעגלי מאור וכח ביתיים
46	2. מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגעים ובאמצעות בקרים מתוכנתים
47	3. בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת
50	נספח ב'- קישורים אינטרנטיים למאמרים, תמונות וסרטונים
52	נספח ג' – ביבליוגרפיה
53	נספח ד'- גיליון מידע על סיכונים תעסוקתיים, המוסד לבטיחות ולגהות



מבוא

1. הקדמה

מוגשת בזה תכנית לימודים "חשמלאי מוסמך", להכשרת חשמלאים, במסלולי הכשרת מבוגרים במימון עצמי, לבוגרי 12 שנות לימוד, ללא ניסיון במקצוע, או לבוגרי 11 שנות לימוד ובתנאי שעברו מכינה טכנולוגית של האגף להכשרה מקצועית במשרד העבודה.

מתוך רצון להיטיב עם הלומדים, פותחה תכנית לימודים זו, שקוצרה מ-1080 שעות לימוד ל-850 שעות והמהווה מהדורה חדשה לתכנית הלימודים הקודמת. במהדורה זו, נעשו הקלות ברמות הקושי של החלקים העיוניים והפחות רלוונטיים להצלחתו של הבוגר בעבודתו המקצועית בשטח ובמקביל, נוספו תכנים חדשים עיוניים ומעשיים שמרכיבים את הקלסטרון החדש של החשמלאי בן ימינו.

בתכנית לימודים זו, בצד הקיצור בהיקף השעות, נעשה ניסיון להתמודד עם שלושה גורמים מרכזיים:

א. השינויים שיחולו ב "תקנות החשמל- רישיונות" במהלך השנים הבאות, יגרמו לכך שבוגר המחזיק בידו תעודת גמר "חשמל מוסמך" יוכל לבקש מהמנהל למתן רישיונות חשמל, בתום תקופת הותק, כמקובל בחוק החשמל ותקנותיו לאותה עת, "רישיון חשמלאי מוסמך". רישיון זה יאפשר את ביצוען של רוב דרישות המשק המתמקדות בחשמל מבנים, תשתיות ובתי עסק בעלי גודל חיבור של 3x100 אמפר, לעומת גודל חיבור של 3x80 אמפר, כיום.

ב. השינויים וההתפתחויות הטכנולוגיות שחלו במקצוע בשנים האחרונות, כגון: כניסת מרכיבים אלקטרוניים, בקרת הספק, בקרים ומחשוב, שימוש בתוכנות ייעודיות, בתים חכמים, חשמל חכם, אנרגיות חלופיות ואנרגיות מתחדשות, מערכות סולאריות- PV, התייעלות אנרגטית וחסכון באנרגיה, שימוש בגופי תאורה חסכוניים, ידרשו מהחשמלאי המוסמך ידע בסיסי בהבנתם של מערכות אלו.

ג. התכנית חייבת להוות בסיס ידע נרחב וציב, שיאפשר מסלול קידום מהיר לכל מי שירצה להמשיך את לימודיו לרמת חשמלאי ראשי.

כל הנאמר לעיל, לא יכול לצלוח ללא הירתמותו של המורה למשימה זו. העמידה בפני האתגר להקנות את כל תחומי הידע המוזכרים, מבלי ליצור זילות בהכשרתו של החשמלאי הבוגר, תוך עמידה במשך ההכשרה הקצר והתובעני, כל אלה לא יכולים להתקיים ללא שיתוף פעולה מלא של המורה ושל מוסד הלימודים, הבא לידי ביטוי בהיערכויות הבאות:

- הכנת מערכי שיעור מפורטים, ממוקדים ומדויקים.
- שימוש במצגות ובתוכנות סימולציה.
- תאום מלא בין המורים ללימוד המקצועות הכלליים, לבין המורים לתורת המקצוע ובינם לבין עצמם.
- לדאוג לכך שהתלמידים יירכשו עזרים טכנולוגיים כגון: מחשבוני תואמים, ספרי לימוד מומלצים ומעודכנים ומבעוד מועד. כלי עבודה תקינים וציוד בדיקה חיוני ומתאים.
- השתלמויות מורים רציפה, שתאפשר הלימה בין הידע של המורה לתוכן המקצועי אותו הוא נדרש ללמד.
- הצטיידות מלאה של המעבדות והסדנאות על פי תכנית הלימודים ועל פי תקן הסדנה.
- תאום מדויק של הסיורים הלימודיים עם הגורמים הרלוונטיים והפנמת הקשר, לתלמיד, בין החומר הנלמד בכיתה, לבין המציאות בשטח.



2. מטרות תכנית הלימודים

מטרתה הכללית של תכנית לימודים זו, הינה להכשיר את הלומד לקראת תפקוד יעיל כחשמלאי מוסמך בבניין ובתעשייה.

3. אודות המקצוע

ניתוח תפקיד החשמלאי שנעשה לקראת הכנתה של תכנית לימודים זו, הצביע על 8 מטלות ביצועיות שהחשמלאי יבצע בעת מילוי תפקידו. כל אחת מהמטלות הנ"ל מורכבת מתת-מטלות האמורות להתבצע ברצף נוקשה, מבחינת סדר הביצוע. התוכנית המובאת להלן, מבוססת על ניתוח מרכיבי המטלות הנ"ל וגזירת הידע והכישורים הדרושים לביצועם:

1. עריכת תכניות טכניות לבצוע עד 3x100 אמפר (לאחר האסדרה).
2. עבודות התקנה והקמה של תשתיות מתקני חשמל.
3. עבודות בדיקה תקינות ואיתור תקלות (דיאגנוסטיקה) במתקן חשמלי ותיקון התקלות בו.
4. עבודות בדיקה תקינות ואיתור תקלות של אביזר או מכלול חשמלי ותיקון התקלות בו.
5. ביצוע שינויים ותוספות במתקן חשמלי.
6. פירוק מתקן חשמלי.
7. אחזקה שוטפת של מתקן חשמלי ומערכות הספק.
8. השגחה על ביצוע כל אחת מהעבודות הנ"ל.



4. מבנה תכנית הלימודים

תכנית הלימודים מורכבת מארבע קטגוריות לימוד:

1. **מקצועות תשתית** - קטגוריה זאת כוללת מקצועות כלליים, המתאימים ליותר ממקצוע אחד ומקנים ידע בסיסי הכרחי, עוד טרם הבנת המטלות של בעל התפקיד:

- א. מתמטיקה.
- ב. יסודות בפיזיקה.
- ג. יישומי מחשב- לימוד visio.

2. **מקצועות ליבה** - קטגוריה זאת כוללת נושאים, שבהם נלמד עולם התוכן והידע ההכרחי הנדרש במקצוע הספציפי בתפקוד היומיומי:

מקצועות עיוניים

- א. אנגלית טכנית.
- ב. אלקטרוניקה תעשייתית.
- ג. תורת החשמל.
- ד. מכוונות חשמל.
- ה. מתקני חשמל.

מקצועות מעשיים

- א. מעבדות חשמל ואלקטרוניקה.
- ב. עבודה מעשית-חשמלאי מוסמך.
- ג. סיורים לימודיים.

3. **מקצועות תומכים** - קטגוריה זאת כוללת נושאים נלווים המוסיפים ידע או מיומנויות למקצוע:

- א. עזרה ראשונה.
- ב. עבודה בגובה.

4. **כישורי עבודה** - קטגוריה זאת כוללת מיומנויות כלליות שיעזרו לבעל המקצוע במציאת עבודה ובעת עבודתו בפועל:

- א. מציאת עבודה (כתיבת קורות חיים והכנה לראיון עבודה)





5. מקצועות הלימוד העיקריים

1. מקצועות עיוניים-המהווים את החלק התאורטי:

- א. אנגלית טכנית.
- ב. אלקטרוניקה תעשייתית.
- ג. תורת החשמל.
- ד. מכונות חשמל.
- ה. מתקני חשמל.

2. מעבדות, סדנאות לימודיות וסיורים לימודיים - המהוות את החלק ההתנסותי:

מעבדות חשמל ואלקטרוניקה:

- א. מעבדת חשמל - נועדה לאימות ולביסוס הידע שנרכש בתורת החשמל.
- ב. מעבדת מכונות - נועדה לאימות ולביסוס הידע שנרכש במכונות החשמל.
- ג. מעבדת אלקטרוניקה תעשייתית - נועדה לאימות ולביסוס הידע שנרכש באלקטרוניקה תעשייתית.

התרגול במעבדות יהיה מותאם לפרקי הלימוד העיוניים ויש לחתור לכך, שכל נושא המעבדות והתרגול המעשי ילווה בידע העיוני המתאים, תוך שימוש ושילוב ציוד בדיקה ייעודי מתאים, כגון: רב מודד דיגיטלי- DMM, ספק כח, מחולל אותות ומשקף תנודות. תוכנות סימולציה כגון: EWB ו-Multisim.

עבודה מעשית-חשמלאי מוסמך:

- א. מעגלי מאור וכוח ביתיים.
- ב. מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגענים.
- ג. מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות בקרים מתוכנתים.
- ד. בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת.

התרגול בסדנאות יכלול את המטלות המעשיות המוגדרות בתקן הסדנה לחשמלאי המוסמך, תוך שימוש בציוד בדיקה כגון: אמפרמטר-צבת, מד רציפות, מגר אדמה, Loop-Tester, בקרים מתוכנתים ותוכנות ייעודיות פרקטיות ועכשוויות הבאות לידי ביטוי בתעשייה.

סיורים לימודיים:

- א. סיור בתחנת כח - מטרת הסיור לראות ולהבין את סדר הגודל של צריכת האנרגיה בישראל לעומת המגבלות הקיימות בייצורה תוך שמירה על משק חשמל תקין. יש לתאם את הביקור עם מרכז המבקרים כך שהסיור יהיה מקצועי המותאם לחשמלאים מוסמכים, לעומת סיורי משפחות המותאמים לחסרי ידע.
- ב. סיור באתר בנייה - מטרת הסיור. לראות הארכת ייסוד. רצוי לתאם זאת כך שהסיור יעשה ביום ריתוכה על ידי החשמלאי.
- ג. סיור במפעל ייצור - מטרת הביקור לראות פס ייצור ולהבין את תהליך הבקרה ואת חשיבותו של הבקר המתוכנת בתהליך הייצור. כמו-כן לראות את לוח הקבלים לשיפור גורם ההספק הנעשה באופן אוטומטי על-ידי הבקר.
- ד. סיור בחווה סולארית - מטרת הסיור לבקר בחווה סולארית, או במתקן בו מותקנת מערכת סולארית פוטו-וולטאית.



6. דרישות כניסה

1. בוגרי 12 שנות לימוד, או בוגרי 11 שנות לימוד ובתנאי שעברו מכינה טכנולוגית ל- 12 שנות לימוד, של האגף להכשרה מקצועית במשרד העבודה, הרווחה והשירותים החברתיים.
2. מבחן מיון במתמטיקה ברמה של 12 שנות לימוד.
3. ועדת קבלה.

7. בחינות גמר

בחינות חיצוניות:

1. בחינה עיונית: תורת החשמל מוסמך, סעיפים 4,5,6, ציון עובר - 60.
2. בחינה עיונית: מכונות חשמל מוסמך, סעיף 7, ציון עובר - 60.
3. בחינה עיונית: מתקני חשמל מוסמך, סעיף 8, ציון עובר - 60.
4. בחינה מעשית: חשמלאי מוסמך, סעיף 10, ציון עובר - 65.

בחינות פנימיות:

- בכל המקצועות הנלמדים יינתנו ציונים מספריים, למעט:
במקצועות: "סיורים לימודיים" ו "מציאת עבודה", סעיפים: 11,14, יינתן ציון השתתף/לא השתתף.
 - במקצועות: "עזרה ראשונה", "עבודה בגובה" סעיפים: 12,13, יינתן ציון עבר/לא עבר.
- ציון "עבר", הינו תנאי חובה לקבלת תעודת גמר.

8. תעודות

תעודת גמר: חשמלאי מוסמך- מקוצר.

9. רישוי ומסלולי קידום

בעל תעודת גמר "חשמלאי מוסמך- מקוצר" זכאי לבקש, מיד עם סיום הלימודים, רישיון "חשמלאי עוזר".
לאחר שנת ותק אחת, יהיה זכאי לבקש רישיון "חשמלאי מעשי תלת-פאזי" ולאחר שתי שנות ותק נוספות, כנדרש בחוק, יהיה זכאי לבקש רישיון "חשמלאי מוסמך". כל זאת בהתאם להנחיות המנהל לענייני חשמל במשרד העבודה ובכפוף לחוק החשמל ותקנותיו, לאותה עת.



10. הסבר והנחיות דידקטיות לתחומי הלימוד

1. הישגים נדרשים

מטרות לימודיות ביצועיות, המוגדרות במונחים של ההתנהגות שיש להשיג כתוצאה מתהליך הלמידה. מטרות אלה מנוסחות, כך שניתן למדוד ולהעריך את תוצאת הלמידה.

2. נושאי הלימוד

נושאי הלימוד ופירוט תתי הנושאים. במטרה להקל על המורה בהבנת רמת הקושי הנדרשת בכל נושא, נרשמה בצדו של כל נושא לימוד עיוני, רמת הידע הנדרשת על פי הטקסונומיה של בלום.

3. זמן הלימוד

זמן הלימוד המשוער לכל נושא לימוד. ברור שניתן להגמיש את הזמן המצוין ע"פ קצב הלימוד, יחד עם זאת, סה"כ השעות הרשומות למקצוע הינן תוצאה של הסתכלות כוללת ויש לשמור על מסגרת זו.

4. הערות דידקטיות

- בתום כל שלב לימודי, יש לערוך בחינת ביניים לצורך קבלת משוב על הישגי הלמידה.
- יש לחתור לכך שתתקיים קורלציה בציר הזמן, בין לימודי המתמטיקה והפיזיקה לבין התשתית המקצועית.
- יש לשלב בציר הזמן, בין הלימוד העיוני ובין ההתנסות הפרקטית במעבדות, בסדנאות הלימודיות והסדנאות המקצועיות.

5. ספרות מקצועית

התוכנית ממליצה על שימוש בספרות מקצועית מתאימה בהתאם לתכני הלימוד, נטולת העדפות ואינטרסים שנבחרה על פי שיקולים פדגוגיים ומקצועיים בלבד.

11. הנחיות והערות דידקטיות כלליות

א. תכנית הלימודים

יש להפעיל את תכנית הלימודים תוך שילוב בציר הזמן, תכנון מול ביצוע, את הנושאים העיוניים, המעבדתיים והמעשיים. משמע יש לחתור לזיקה ולהצגת הקשר בין נושאי הלימוד. כך למשל, בתורת החשמל לא יילמד נושא כלשהו, מבלי שנלמד במתמטיקה החומר העיוני הנדרש לשם כך. לימוד החומר במתמטיקה במאחר מהיום בו נזקק לו המורה לחשמל, מחטיא את המטרה. מנגד יש לוודא שלא נוצר פער בין הזמן בו נלמד החומר העיוני לבין היום בו נדרש המורה להשתמש בו לצורך הסבריו הבאים. דוגמא זו עלולה להתרחש בעיקר במרחק הזמן שנוצר מרגע שנלמד חומר עיוני כל שהוא, ועד לרגע בו נדרש התלמיד לאמת אותו במעבדה או בסדנה הלימודית.

דוגמא נוספת היא הצורך בקיומו של סיור בצמוד לנושא שנלמד. את הסיור הלימודי בתחנות כח יש לקיים מיד לאחר שנלמד נושא משק החשמל בישראל. את הסיור באתרי בנייה יש לקיים מיד לאחר שנלמד נושא הארקת יסוד. שני אלה דורשים הערכות מוקדמת ותאומים מראש עם הגורמים הרלוונטיים. משימה לא פשוטה כשלעצמה, אך משהתבצעה, היא מתגמלת ויעילה.

בתוכניות לימוד קודמות, לחשמלאי מעשי ולמוסמך, הוכנסו החלקים העיוניים הדרושים לסדנה הלימודית בתוך מקצוע "מתקני חשמל ורשת". בתוכנית זו בחרנו להפריד את כל נושא הסדנה הלימודית ממקצוע המתקנים. כך יוכל המורה לסדנה הלימודית ללמד בעצמו את המעגלים החשמליים הדרושים לביצוע המטלות ולשלוט בצורה טובה יותר בתכנים וברמת הידע הנדרשת.



מדובר כאן על ארבעת המרכיבים העיקריים של המטלות: מעגלים ביתיים, מעגלי פיקוד ובקרה באמצעות מגענים, מעגלי פיקוד ובקרה באמצעות בקרים מתוכנתים וסדנה לימודית בתחום הבית החכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת. בכל אחד מאלה, ידרש המורה לסדנה הלימודית ללמד את המעגל החשמלי הדרוש לכל מטלה ומטלה, להציג לתלמיד את השרטוט החשמלי על כל אביזריו ומרכיביו, להסביר את אופן פעולתו, את הרציונל שעומד מאחוריו במושגים של, היכן ומתי עשוי התלמיד לממשו במסגרת עבודתו בשטח ורק לאחר שנבחן הידע של התלמיד, באמצעות בוחן, או כל כלי מדידה אחר, יוכל לגשת ולבצע את המטלה.

המעבר לשיטת עבודה זו מחזק את הנאמר לעיל, בכל הקשור לזיקה ולקשר בין נושאי הלימוד. יחד עם זאת, מאחר ובמקצוע "מתקני חשמל ורשת", נדרש התלמיד לתכנן דירות מגורים ובתי עסק, נכנס נושא השרטוט הטכני בלבד למקצוע זה, במסגרתו ילמד התלמיד את הסימולים הסכמתיים של האביזרים מבלי להיכנס למעגל החשמלי עצמו. המעגל החשמלי, יילמד כאמור, במסגרת הסדנה הלימודית.

ב. נושאי הלימוד של המתקנים והמכלולים המעשיים

יש להציג את התוכן ללומדים, מהמערכת הכוללת אל מרכיביו הבודדים. כך לדוגמה, לימוד מעגל חשמלי כלשהו צריך להתחיל בהצגה ובהסבר כולל על תפקידו ואופן פעולתו ורק לאחר מכן ללמד את מרכיביו הבודדים. גישה זו מסיעת להבנה כוללת של מתקן, מכלול, מערכת או מעגל תוך הכרת תפקודו של כל מרכיב בתוך כלל המעגל, או המערכת החשמלית.

יש להציג בפני הלומדים את החשיבות של כל נושא לימודי, תוך הדגשת תרומתו לבעל המקצוע מתוך ראייה עתידית. גישה זו מעלה את המוטיבציה ללימוד הנושאים שלעתים לא ברורה חשיבותם לתלמיד.

בתכנית זו שולבו פרקים ונושאים חדשים כגון, מרכיבי תאורה חדישים, מערכות סולאריות-PV, בית חכם, אנרגיות מתחדשות וחלופיות, התייעלות אנרגטית וחסכון באנרגיה ועוד. לפרקים אלה קיימת חשיבות רבה להטמעת הידע הטכנולוגי המשתנה חדשות לבקרים.

אחת הדרישות והזכויות של "חשמלאי מוסמך" הינה עריכת תכניות טכניות לביצוע. מטלה זו, הינה מורכבת ומחייבת ראייה כוללת של מתקן חשמלי, על היבטיו השונים וזאת תוך שימוש בספרות עזר מתאימה כגון חוק החשמל ותקנותיו, תוכנות ייעודיות, דפי נתונים של אביזרים, קטלוגים, מאמרים וכו'. כדי להשיג מטרה זו, על המורה להכין מערכי שיעור מראש, וזאת תוך הסתמכות על נושאי הלימודים המפורטים בתכנית לימודים זו ובספרות העזר המוצעת לפרק זה.

13. ארגון נושאי הלימוד בתכנית הלימודים לחשמלאי מוסמך

מקצועות תשתית

מתמטיקה	יסודות בפיזיקה	יישומי מחשב – לימוד visio
---------	----------------	---------------------------

מקצועות ליבה

לימודים עיוניים

תורת חשמל	מכונות חשמל	מתקני חשמל
- מבוא ומושגי יסוד. - מעגלי זרם ישר. - אנרגיה והספק. - מגנטיות ואלקטרומגנטיות. - אלקטרוסטטיקה וקבלים. - מעגלי זרם חילופין. - מערכות תלת מופעיות.	- מבוא ומושגי יסוד. - מכונות לזרם ישר. - שנאים חד ותלת פאזיים. - מכונות לזרם חילופין. - מכונות מיוחדות.	- מערכת הייצור, ההעברה והחלוקה של החשמל. - מבנה רשתות. - הגנות במערכות הספק. - חוקים ותקנים בחשמל. - עקרונות בתכנון ותחזוקת מערכות הספק. - תכנון בתי מגורים ובתי עסק. - מקורות אור. תכנון תאורת פנים וחץ.
אלקטרוניקה תעשייתית	אנגלית טכנית	
- מעגלי יישור וייצוב מתח - סכמה מלבנית של ספק כח. - בקרת הספק ובקרת מהירות באמצעות תריסטורים. - מתמרים פוטואלקטריים - LED, LDR. - אלגברה בוליאנית ושערים לוגיים.	- תרגום מאנגלית לעברית, של מאמרים, לוחיות זיהוי, מפרטים טכניים והוראות הפעלה של מכשירי חשמל שונים.	

מעבדות, סיורים לימודיים ועבודה מעשית

מעבדות	סיורים לימודיים
- מעבדת חשמל. - מעבדת מכונות חשמל. - מעבדת אלקטרוניקה תעשייתית.	- סיור בתחנת כח. - סיור באתר בנייה. - סיור במפעל ייצור ובחווה סולארית פוטו-וולטאית.
עבודה מעשית-חשמלאי מוסמך - מעגלי מאור וכוח ביתיים. - מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגענים. - מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות בקרים מתוכנתים. - בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת.	

מקצועות תומכים

עבודה בגובה	עזרה ראשונה
-------------	-------------

כישורי עבודה ולמידה

מציאת עבודה



מסגרת תכנית הלימודים

הערות	שעות לימוד			נושאים
	סה"כ	מעשי	עיוני	
	(80)	(--)	(80)	מקצועות תשתית
	48	--	48	1. מתמטיקה
	16	--	16	2. יסודות בפיזיקה
	16	--	16	3. יישומי מחשב - לימוד visio
	(740)	(250)	(490)	תורת המקצוע - מקצועות ליבה
	20	--	20	4. אנגלית טכנית
	30	--	30	5. אלקטרוניקה תעשייתית
	150	--	150	6. תורת החשמל
	80	--	80	7. מכונות חשמל
	100	--	100	8. מתקני חשמל
	(40)	(40)	(--)	9. מעבדות חשמל ואלקטרוניקה
	16	16	--	9.1. מעבדת חשמל
	12	12	--	9.2. מעבדת אלקטרוניקה תעשייתית
	12	12	--	9.3. מעבדת מכונות חשמל
	(300)	(190)	(110)	10. עבודה מעשית - חשמלאי מוסמך
	76	48	28	10.1. מעגלי מאור וכח ביתיים ¹
	90	60	30	10.2. מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגענים.
	90	60	30	10.3. מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות בקרים מתוכנתים.
	44	22	22	10.4. בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת.
	(20)	(20)	(--)	11. סיורים לימודיים ²
	6	6	--	11.1. סיור בתחנת כח
	4	4	--	11.2. סיור באתר בנייה
	4	4	--	11.3. סיור במפעל ייצור
	6	6	--	11.4. סיור בחווה סולארית פוטו-וולטאית - PV
	(22)	(10)	(12)	מקצועות תומכים
	6	2	4	12. עזרה ראשונה ³
	16	8	8	13. עבודה בגובה ⁴
	(8)	(--)	(8)	כישורי עבודה ולמידה
	8	--	8	14. מציאת עבודה ⁵
	850	260	590	סה"כ שעות

רמות ידע נדרשות

בתוכנית הלימודים המפורטת, המובאת בהמשך, מופיעה עמודה המגדירה את רמת הידע הנדרשת לכל אחד מהנושאים, על פי הטקסונומיה של בלום.

עמודה זו תסייע למורה להגדיר את רמת הידע לנושא ולהתאימה למספר השעות המוקצב לנושא זה.

כמו כן תסייע עמודה זו לכותבי הבחינות להבין את רמות הידע הנדרשות, לצד רמות הקושי של השאלות אותן הם מחברים.

הטקסונומיה של בלום

קריטריונים	הגדרה	מונחים התנהגותיים
ידע	כל מטרת הוראה שלשם השגתה דרושה זכירה בלבד.	מגדיר, מתאר, מזהה, נותן כותרת, ממיין, מכנה בשם, מציין, בוחר, מצמיד, ניזכר.
הבנה	תהליך מחשבתי, שבו נקלט מסר לימודי והלומד עורך בו שינוי במחשבתו לצורה אחרת.	הופך, מגן, מבחין, מעריך, מסביר, מכליל, מרחיב, נותן דוגמאות, מבאר ביאור חופשי, מסיק, מנבא, משכתב, מסכם, מתרגם, משנה, משלים, חוזה.
יישום	היכולת ליישם כללים, עקרונות מידע, הנחות, תיאוריות או הפשטות אחרות למצבים חדשים וממשיים.	משנה, מחשב, מדגים, מגלה, תופס, משפר, מפעיל, מנבא, מבין, מייצר, מתייחס ל..., בוחר, מפריד, מחלק לסעיפים, מפתח, מכליל, מייחס.
אנליזה	לימוד מעמיק של תוכן לימודי לשם תפיסת המבנה של התוכן הנלמד, צורת ארגונו הצורנית והלוגית, וכן לשם גילוי היסודות, הרעיונות, ההשקפות והשיטות שעליהן מבוסס תוכן זה.	מחלק לסעיפים, מתאר גרפית, ממיין, מבחין, מזהה, מדגים, מסיק, מדגיש, מקשר, בוחר, מפריד, ממיין לקטגוריות, מעמת, משווה.
סינתזה	יצירת יצירה שלמה חדשה ע"י צירופים של רעיונות ממקורות שונים, באופן שיוצרו מבנים ודפוסים העומדים ביסודה של היצירה החדשה.	יוצר קטגוריות, מחבר ומצרף, יוצר, מכין, מתכנן, משפר, מארגן, מסדר מחדש, בונה מחדש, משחזר, משכתב, מסכם, מציע, מספר, מרכיב, מפתח.
הערכה	שיפוט הערכים שבאידיאות תוך שימוש בקריטריונים ובסטנדרטים של אומדנים שיקבעו את מידת הדיוק, התכליתיות והשימושיות של הפרטים.	מעריך, משווה, מסיק, מבקר, מבדיל, משייך, מסכם, תומך, שופט, טוען, מעמת, קובע תקן.

מקצועות תשתית

מס'	הנושא	שעות לימוד		הערות
		עיוני	מעשי	
1.	אלגברה	(32)	(--)	--
1.1	שברים וביטויים אלגבריים.	(12)	(--)	--
1.1.1	הצגת ביטויים אלגבריים, כנוס איברים דומים וסדר פעולות.			הבנה
1.1.2	שינוי נושא נוסחה.			הבנה
1.1.3	שברים מספריים. חיבור, חיסור, כפל וחילוק של שבר בשבר.			הבנה
1.1.4	חישוב בעיות אחוזים וחישוב גודל השינוי באחוזים של ערך מסוים.			הבנה
1.2	משוואות.	(12)	(--)	--
1.2.1	פתרון משוואות מהמעלה הראשונה עם נעלם אחד.			הבנה
1.2.2	פתרון משוואות מהמעלה הראשונה עם שני נעלמים.			הבנה
1.2.3	פתרון משוואות מהמעלה הראשונה עם שלושה נעלמים.			הבנה
1.2.4	פתרון משוואה מהמעלה השנייה עם נעלם אחד, משוואה ריבועית.			הבנה
1.3	חזקות ושורשים, לוגריתמים עשרוניים.	(4)	(--)	--
1.3.1	חזקות בעלי מעריך טבעי. הוצאת שורש ריבועי.			הבנה
1.3.2	שינוי מעריך החזקה למעבר בין יחידות שימושיות של 10^x - EXP. והמעבר בניהן.			הבנה
1.4	פונקציות.	(4)	(--)	--
1.4.1	משוואת הקו הישר והגרף המייצג אותה. מציאת נקודות החיתוך עם הצירים ומציאת שיפוע הגרף.			הבנה
1.4.2	פונקציה מעריכית עולה ופונקציה מעריכית דועכת. הגרף המייצג כל אחת מהן. מציאת נקודות על הגרף.			הבנה



מס'	הנושא	שעות לימוד		הערות
		עיוני	מעשי	
2.	הנדסת המישור והמרחב.	(8)	(--)	--
2.1	חישוב שטחים והיקפים של משולש, ריבוע, מלבן ומעגל.			הבנה
2.2	חישוב זווית ברדיאן, מעבר מזווית ברדיאן לזווית במעלות ולהיפך.			הבנה
2.3	חישוב נפחים של גליל ותיבה.			הבנה
3.	טריגונומטריה.	(8)	(--)	--
3.1	חישוב צלעותיו וזוויותיו של משולש ישר זווית, באמצעות משפט פיתגורס.			הבנה
3.2	חישוב צלעותיו וזוויותיו של משולש ישר זווית, באמצעות יחסים טריגונומטריים של זווית: Sin. Cos. Tan.			הבנה
	סה"כ שעות	48	--	--



מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 2. יסודות בפיזיקה	הלומד: 1. יחשב סכום והפרש של ווקטורים באמצעות משפטי הסינוס והקוסינוס בשיטה הרגילה ובשיטה המרוכבת.
סה"כ: 16 שעות	

מס'	הנושא	שעות לימוד	
		עיוני	מעשי
1.	ווקטורים ופאזורים - הצגה במישור הרגיל.	(8)	(--)
1.1.	הצגת המושג ווקטור והמושג פאזור וההבדלים ביניהם.		ידע
1.2.	הכרת גדלים ווקטוריים בעלי גודל וכיוון וחשוב היטלם על הצירים על ידי יחסים טריגונומטריים של סינוס, קוסינוס וטנגנס.		הבנה
1.3.	חישוב סכום והפרש של גדלים ווקטוריים בעלי גודל וכיוון שונים על-ידי סכום פיתגורי של ההיטלים שלהם על הצירים.		הבנה
1.4.	חישוב זוויות וצלעות של משולש על ידי משפטי הסינוס והקוסינוס.		הבנה
1.5.	חישוב סכום והפרש של שני גדלים ווקטורים שונים על ידי משפטי הסינוס והקוסינוס.		הבנה
2.	ווקטורים ופאזורים - הצגה במישור הקומפלקסי.	(8)	(--)
2.1.	הצגה פולארית והצגה קרטזית של ווקטור ומעבר מהצגה קרטזית לפולארית ולהיפך.		הבנה
2.2.	חישוב סכום והפרש של שני ווקטורים בעלי גודל וכיוון שונים על ידי ההצגות הקרטזיות והפולאריות שלהם.		הבנה
2.3.	חישוב סכום והפרש של שני ווקטורים שונים או יותר, המוצגים בהצגות פולאריות וקרטזיות באמצעות מחשבון.		הבנה
	סה"כ שעות	16	--





הישגים נדרשים:	מטלה/נושא:
הלומד: 1. יכיר את תוכנת ה- visio וידע לשרטט באמצעותה תכניות חשמל.	פרק 3. יישומי מחשב- visio לימוד סה"כ: 16 שעות

מס'	הנושא	שעות לימוד		הערות
		עיוני	מעשי	
1.	תוכנת Visio	16	--	--
1.1.	הכרת התוכנה והפונקציות שבה.			ידע
1.2.	שרטוט סמלים גרפיים של אביזרים בחשמל באמצעות התוכנה.			יישום
1.3.	שרטוט לוח חשמל באמצעות התוכנה.			יישום
1.4.	שרטוט תכנית חשמל דירתית באמצעות התוכנה.			יישום
	סה"כ שעות	16	--	--

מקצועות הליבה

מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 4. אנגלית טכנית סה"כ: 20 שעות	הלומד: 1. יתרגם מילים טכניות חדשות מאנגלית לעברית, מתחום החשמל והאלקטרוניקה. 2. יתרגם לוחיות זיהוי, מפרטים טכניים והוראות הפעלה והרכבה, מאנגלית לעברית, של מכשירי חשמל שונים. 3. יתרגם מאמר מקצועי, מאנגלית לעברית, מתחום החשמל והאלקטרוניקה.

מס'	הנושא	שעות לימוד		הערות
		עיוני	מעשי	
1.	אנגלית טכנית	(20)	(--)	--
1.1.	אוצר מילים חדש באנגלית בתחום החשמל והאלקטרוניקה.			הבנה
1.2.	קריאת לוחיות זיהוי ומפרטים טכניים באנגלית, של מכשירי חשמל.			הבנה
1.3.	קריאת הוראות הפעלה והרכבה, באנגלית, של מכשירי חשמל .			הבנה
1.4.	קריאת מאמר מקצועי באנגלית מתחום החשמל והאלקטרוניקה.			הבנה
	סה"כ שעות	20	--	



הישגים נדרשים:	מטלה/נושא:
הלומד: 1. יכיר מבנה אטומי של חצאי מוליכים ויסביר מעגלי יישור, סינון וייצוב של אות הכניסה מהרשת הארצית. 2. יכיר רכיבים חשמלוריים השימושיים בתעשיית החשמל והאלקטרוניקה. 3. יכיר רכיבי מיתוג וויסות הספק אלקטרוניים ממשפחת התריסטורים. 4. יכיר פונקציות לוגיות ושערים לוגיים שימושיים.	פרק 5. אלקטרוניקה תעשייתית סה"כ: 30 שעות

מס'	הנושא	שעות לימוד		הערות
		עיוני	מעשי	
1.	מעגלי יישור וסכמת מלבנים של ספק כח	(8)	(--)	--
1.1	המבנה האטומי של חצי מוליך, חומר מסוג P וחומר מסוג N, צומת PN, אופיין זרם מתח של דיודה.			ידע
1.2	הדיודה כשסתום חד-כיווני. מעגל יישור חד-דרכי באמצעות דיודה.			ידע
1.3	מעגל יישור דו-דרכי באמצעות גשר דיודות גשר גרץ.			ידע
1.4	מעגל סינון הגל המתקבל ממוצא המיישר, באמצעות קבל סינון.			ידע
1.5	שרטוט אופייני המבוא והמוצא במעגל יישור חד-דרכי ודו דרכי, אחד מתחת לשני, כתלות בזמן, עם וללא קבל סינון.			ידע
1.6	מעגל ייצוב הגל המתקבל ממוצא המסנן, באמצעות דיודת זנר.			ידע
1.7	סכמת מלבנים של ספק כח.			ידע
2.	רכיבים חשמלוריים	(6)	(--)	--
2.1	דיודה פולטת אור לחיווי ולתאורה. עקרון התופעה של פליטת אור בדיודות לחיווי ובדיודות לתאורה.			ידע
2.2	פוטו-דיודה ותפקידה במעגלי מיתוג תאורת רחוב.			ידע
2.3	תאים פוטו-וולטאיים. עקרון התופעה של היווצרות תא חשמלי מאור השמש. קבלת פנלים סולאריים על ידי חיבורם במטריצה של תאים פוטו-וולטאיים רבים.			ידע
3.	רכיבי מיתוג וויסות הספק אלקטרוניים ממשפחת התריסטורים	(6)	(--)	--
3.1	מבנה פיזיקלי של S.C.R, סימול סכמתי. עקרון הפעולה במעגל וויסות הספק על עומס.			ידע
3.2	אופייני המבוא והמוצא על פני ה S.C.R כתלות בזמן. חישוב הערך היעיל של המתח על פני העומס במעגל זה.			הבנה
3.3	עקרון הפעולה של עמעם לתאורת ליבון והלוגן המבוסס על S.C.R.			ידע
3.4	עקרון הפעולה של עמעם לתאורת LED המבוסס על אפנון רוחב פולס.			ידע



מס'	הנושא	שעות לימוד		הערות
		עיוני	מעשי	
4.	שערים לוגיים ופונקציות לוגיות	(10)	(--)	--
4.1.	הכרת סימולם הסכמתי וטבלאות האמת של השערים הלוגיים: NAND , NOR , AND , OR , NOT			הבנה
4.2.	צמצום פונקציה לוגית באמצעות כללי האלגברה הבוליאנית.			הבנה
4.3.	צמצום פונקציה לוגית באמצעות מפות קרנו.			הבנה
4.4.	מימוש פונקציה לוגית באמצעות שערים לוגיים.			הבנה
4.5.	הוצאת פונקציה של רשת לוגית נתונה.			הבנה
	סה"כ שעות	30	--	





מטרה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 6. תורת החשמל	הלומד: 1. יסביר מושגי יסוד בחשמל ויחשב זרמים, מתחים והספקים במעגלי זרם ישר. 2. יסביר מושגי יסוד בהמרת אנרגיה חשמלית למכנית וחשמלית לתרמית. 3. יסביר מושגי יסוד באלקטרוכימיה ויתכנן סוללות הבנויות מתאים חשמליים. 4. יסביר תופעות מגנטיות ואלקטרומגנטיות ויחשב שטפים במעגלים מגנטיים. 5. יסביר תופעות אלקטרוסטטיות ויחשב מתחים ומטענים במצב המתמיד ובתוך תופעת המעבר. 6. יסביר מושגי יסוד ויחשב זרמים, מתחים והספקים במעגלי זרם חילופין חד-פאזיים ותלת פאזיים בעבודה תקינה ותחת תקלות של קצר ונתק.
סה"כ: 150 שעות.	

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
1.	מבנה החומר	(2)	(--)	--
1.1.	הכרת המושגים יסוד ומולקולה.			ידע
1.2.	הכרת מבנה האטום והחלקיקים המצויים בו: פרוטון, נויטרון ואלקטרון			ידע
1.3.	הכרת המושגים אלקטרון-ערכי ואלקטרון-חופשי.			ידע
1.4.	הכרת המושגים מוליכים ומבודדים מבחינת המבנה האטומי שלהם.			ידע
1.5.	הכרת יסודות ומתכות השימושיות בתעשיית החשמל			ידע
1.6.	הכרת הטבלה המחזורית.			ידע
2.	המטען החשמלי, כוחות משיכה ודחייה בין מטענים.	(2)	(--)	--
2.1.	הגדרת המושג מטען חשמלי ויחידת מדידתו הבסיסית.			ידע
2.2.	הכרת הנוסחה לחישוב כוחות המשיכה והדחייה הקיימים בין שני מטענים חשמליים כתלות בגודל המטענים, בתווך ובמרחק שביניהם.			ידע
3.	הזרם החשמלי	(2)	(--)	--
3.1.	הגדרת המושג זרם חשמלי ויחידת מדידתו.			ידע
3.2.	חישוב עוצמתו של הזרם החשמלי על פי כמות המטען שעוברת דרך שטח חתך מסוים, תוך פרק זמן נתון.			הבנה
3.3.	הכרת יחידת המטען אמפר-שעה.			ידע
4.	המתח החשמלי	(2)	(--)	--
4.1.	הכרת המושג פוטנציאל חשמלי ויחידות מדידתו.			ידע
4.2.	הבנת המושג מתח חשמלי כהפרש פוטנציאליים בין שתי נקודות.			ידע
4.3.	הכרת סימולים סכמתיים של מקורות מתח חשמליים.			ידע



מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
5.	התנגדות ומוליכות סגולית וחשמלית	(6)	(--)	--
5.1	התנגדות סגולית והתנגדות חשמלית של חומר ויחידות מדידתן.			ידע
5.2	סימול סכמתי של נגדים בתקן אמריקאי ובתקן אירופאי.			ידע
5.3	המוליכות הסגולית והחשמלית של חומר ויחידות מדידתן.			ידע
5.4	חישוב התנגדותו של מוליך על פי אורכו, שטח חתכו והתנגדות הסגולית של החומר ממנו הוא עשוי.			הבנה
5.5	הכרת עקרון הפעולה של נגד משתנה (ריאוסטט) על ידי שינוי מיקום הזחלן לאורכו של המוליך.			ידע
5.6	הכרת סימולו הסכמתי של נגד משתנה.			ידע
5.7	הגדרת המושג מקדם הטמפרטורה של חומר מסוים ויחידות מדידתו.			ידע
5.8	חישוב התנגדותו של מוליך או חומר כלשהו בטמפרטורה שונה מ- 20 מעלות צלסיוס.			הבנה
5.9	הכרת מקדמי טמפ. וערכי התנגדות סגולית של חומרים שונים והשפעתם על השיקולים בבחירת חומר זה על חומר אחר בתהליכי ייצור שונים בתעשיית החשמל.			ידע
5.10	הבנת הצורך בייצורם של נגדים שונים, לשם הכללתם בתוך מעגלים חשמליים, על מנת להגביל זרם בענף כלשהו.			ידע
5.11	הבנת הקשר בין גודלם הפיזי של הנגדים ליכולת הסעת החום מתוכם אל הסביבה.			ידע
5.12	הכרת הצורך בקוד צבעים לקביעת ערכם של הנגדים הגליליים, על אף גודלם הלא מבוטל.			ידע
5.13	זיהוי ערכי נגדים על פי קוד הצבעים והצבעים המסומנים עליהם.			ידע
5.14	הכרת נגדים מסוג SMD ו- SMT ושיטת הרישום של הערך ההתנגדותי שלהם.			ידע
6.	חוק אוהם	(2)	(--)	--
6.1	הבנת מהותו של הקשר בין הזרם, המתח וההתנגדות החשמלית.			ידע
6.2	חישוב מתח, זרם והתנגדות באמצעות חוק אוהם, במעגל הכולל מקור מתח ונגד יחיד בלבד.			הבנה
7.	עבודה והספק חשמלי	(6)	(--)	--
7.1	הגדרת מושג העבודה החשמלית ויחידת מדידתה הבסיסית.			ידע
7.2	חישוב העבודה החשמלית הכרוכה בהעברת מטען חשמלי, על ידי מקור מתח, מהדק אחד להדק שני, ביחידות ג'אול.			הבנה
7.3	הכרת מושג ההספק החשמלי ככמות העבודה הנעשית תוך פרק זמן נתון ויחידת מדידתו.			ידע
7.4	חישוב ההספק המתפתח בעומס כאשר ידועים המתח והזרם דרכו.			הבנה



מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
7.5	חישוב ההספק המתפתח בעומס כאשר ידועים המתח וההתנגדות שלו.			הבנה
7.6	חישוב ההספק המתפתח בעומס כאשר ידועים הזרם וההתנגדות שלו.			הבנה
7.7	הכרת יחידת האנרגיה קילו-וואט-שעה.			ידע
7.8	חישוב צריכת האנרגיה הדו-חודשית, של עומס כלשהו, גוף חימום או מנוע ביחידות ג'אול וביחידות קילו-וואט-שעה.			הבנה
7.9	הגדרת המושג נצילות של מערכת פיזיקלית מעשית.			ידע
7.10	חישוב הנצילות של מערכת פיזיקלית הכוללת מקור מתח ועומס מרוחק, בהתחשב בהפסדי ההספק על המוליכים.			הבנה
8	מעגלי זרם ישר	(20)	(--)	--
8.1	המעגל הטורי	(6)	(--)	--
8.1.1	חישוב ההתנגדות השקולה של n נגדים שונים, המחוברים ביניהם בטור למקור מתח יחיד.			הבנה
8.1.2	חישוב ההתנגדות השקולה, במקרה פרטי של n נגדים שווים המחוברים ביניהם בטור למקור מתח יחיד.			הבנה
8.1.3	הכרת חוק המתחים של קירכהוף לעניבה סגורה.			הבנה
8.1.4	חישוב הזרם הכללי, המתח וההספק בכל נגד, במעגל הכולל n נגדים שונים המחוברים ביניהם בטור למקור מתח יחיד.			הבנה
8.1.5	חישוב המתח על פני כל נגד במעגל הכולל שני נגדים שונים המחוברים ביניהם בטור למקור מתח יחיד, על פי נוסחת מחלק המתח.			הבנה
8.2	המעגל המקבילי.	(6)	(--)	--
8.2.1	חישוב ההתנגדות השקולה של n נגדים שונים, המחוברים ביניהם במקביל למקור מתח יחיד.			הבנה
8.2.2	חישוב ההתנגדות השקולה, במקרה פרטי של n נגדים שווים המחוברים ביניהם במקביל למקור מתח יחיד.			הבנה
8.2.3	חישוב ההתנגדות השקולה, במקרה פרטי של שני נגדים שונים המחוברים ביניהם במקביל למקור מתח יחיד.			הבנה
8.2.4	הכרת חוק הזרמים של קירכהוף עבור צומת.			הבנה
8.2.5	חישוב הזרם הכללי, המתח וההספק בכל נגד, במעגל הכולל n נגדים שונים המחוברים ביניהם במקביל למקור מתח יחיד.			הבנה
8.2.6	חישוב הזרם הזורם בכל נגד, במעגל הכולל שני נגדים שונים המחוברים ביניהם במקביל למקור מתח יחיד, על פי נוסחת מחלק הזרם.			הבנה
8.3	המעגל המעורב.	(8)	(--)	הבנה
8.3.1	חישוב ההתנגדות השקולה של n נגדים שונים, המחוברים ביניהם במעורב למקור מתח יחיד.			הבנה



מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
8.3.2	חישוב הזרם הכללי, המתח וההספק בכל נגד, במעגל הכולל ח נגדים שונים המחוברים ביניהם במעורב למקור מתח יחיד.			הבנה
8.3.3	הכרת אופן חיבורם של מד זרם ושל מד מתח למדידת הזרם והמתח בכל נגד.			ידע
8.3.4	הכרת המושגים נתק וקצר במעגל מעורב.			ידע
8.3.5	חיבור מפסקים בטור ובמקביל לקבלת מצבי קצר ונתק, שרטוט מעגלי תמורה וחישוב הזרמים, המתחים וההספקים במצב החדש.			הבנה
8.3.6	חיבור נגד משתנה (ריאוסטט) כמחלק מתח (פוטנציומטר) והשימוש בו במעגלי ויסות הספק על עומס.			הבנה
8.3.7	הכרת גשר הנגדים "גשר וויטסטון" והתנאי לאיזונו.			הבנה
8.3.8	הכרת נוסחאות ההמרה של משולש נגדים בכוכב נגדים ולהיפך.			הבנה
9.	משפטי רשת	(16)	(--)	--
9.1	חישוב הזרם הכללי ומאזן הספקים במעגל חשמלי הכולל עניבה אחת בלבד, אך יותר ממקור אחד.			הבנה
9.2	חישוב הזרם בכל ענף ומאזן הספקים, במעגל הכולל שני מקורות מתח ושתי עניבות בלבד, בשיטת ההרכבה.			הבנה
9.3	חישוב הזרם בכל ענף ומאזן הספקים, במעגל הכולל שני מקורות מתח ושתי עניבות בלבד, בשיטת זרמי חוגים.			הבנה
9.4	חישוב הזרם בכל ענף ומאזן הספקים, במעגל הכולל שני מקורות מתח ושתי עניבות בלבד, בשיטת מתחי צמתים.			הבנה
10.	המרת אנרגיה	(8)	(--)	--
10.1	המרת אנרגיה חשמלית למכנית.	(4)	(--)	--
10.1.1	הגדרת המושגים כח, עבודה, הספק ומומנט מכניים ויחידותיהם.			ידע
10.1.2	הגדרת הקשר בין היחידות ק"ג וניוטון והמעבר ביניהם.			ידע
10.1.3	הגדרת הקשר בין קג"מ/לשנייה, לניוטון-מטר/לשנייה ולבין וואט והמעבר ביניהם.			ידע
10.1.4	הגדרת המושג כח-סוס והקשר בינו לבין וואט והמעבר ביניהם. חישוב בעיות בהמרת אנרגיה חשמלית למכנית, תוך התחשבות בהפסדי ההספק של המערכות הממירות את האנרגיה החשמלית למכנית.			הבנה
10.1.5	בחירת הספק של מנוע הדרוש לביצוע עבודה מכנית תוך התחשבות בהפסדים המכניים והחשמליים של המערכת כולה.			הבנה
10.2	המרת אנרגיה חשמלית לתרמית.	(4)	(--)	הבנה
10.2.1	הכרת מושגים בסיסיים של אנרגיה תרמית, חום סגולי, קלוריה, מידת חום, כמות חום, מקדם טמפ. ויחידות מדידתם.			ידע



מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
10.2.2	הכרת חוק ג'אול בדבר הקשר בין האנרגיה החשמלית לאנרגיה התרמית.			הבנה
10.2.3	חישוב בעיות בהמרת אנרגיה חשמלית לתרמית על פי חוק ג'אול.			הבנה
10.2.4	חישוב האנרגיה החשמלית, המושקעת בתהליכי חימום של חומרים שונים ובעיקר מים, ביחידות של קילו-וואט-שעה.			הבנה
11.	חיבור תאים לקבלת סוללה	(4)	(--)	--
11.1	הגדרת המושגים כא"מ, התנגדות פנימית, מתח הדקים וקיבול של תא בודד.			ידע
11.2	חישוב כא"מ, התנגדות פנימית וקיבול שקולים, של ח תאים זהים מחוברים פעם בטור פעם במקביל ופעם במעורב.			הבנה
11.3	חישוב הזרם בסוללה, מפל המתח בה ומתח ההדקים שלה כאשר מחובר עומס בין הדקה.			הבנה
11.4	תכנון סוללה לקבלת הספק מקסימלי על עומס נתון וחישוב הנצילות במקרה זה.			הבנה
12.	מגנטיות ואלקטרומגנטיות	(20)	(--)	--
12.1	הגדרת המושגים חומרים פרומגנטיים, פארמגנטיים ודיאמגנטיים.			ידע
12.2	הגדרת המושגים חלחלות מגנטית מוחלטת וחלחלות מגנטית יחסית ויחידות מדידתם.			ידע
12.3	הגדרת המושגים שדה מגנטי, שטף מגנטי וצפיפות השטף המגנטי הקיימים בין קטביו של מגנט קבוע ויחידות מדידתם.			ידע
12.4	קביעת מגמתם של קווי הכח המגנטיים של השדה המגנטי, הנוצר סביב מוליך נושא זרם, על-פי כלל יד ימין או כלל הבורג.			הבנה
12.5	הבנת עקרון הפעולה של אלקטרומגנט כפעולה של מגנט חומר פרומגנטי, באמצעות זרם חשמלי הזורם במוליך המלוכף עליו.			הבנה
12.6	הגדרת המושגים רוויה מגנטית ומגנטיות שיוויון ותיאורם באמצעות עניבת החשל.			הבנה
12.7	הבנת היתרונות והחסרונות של המגנטיות השיוויון והדרך לניצולה.			הבנה
12.8	הגדרת המושג מיאון ויחידות מדידתו.			ידע
12.9	חישוב המיאון של המעגל האלקטרומגנטי, בתלות בממדים הגיאומטריים של הליבה וסוג החומר ממנו היא עשויה.			הבנה
12.10	הכרת "חוק אוהם מגנטי". הקשר בין המיאון, הכח המגנטי-מניע, השטף המגנטי הנוצר ויחידות מדידתם.			הבנה
12.11	חישוב הכח המגנטי-מניע, המיאון, השטף המגנטי, צפיפות השטף המגנטי ועוצמת השטף המגנטי במרכזו של אלקטרומגנט.			הבנה
12.12	חישוב הכח הפועל על תייל נושא זרם ושרוי בתוך שדה מגנטי כתוצאה של הפעולה ההדדית בין קווי הכח של השדה בו הוא שרוי, לבין קווי הכח הנוצרים סביב התייל נושא הזרם.			הבנה
12.13	קביעת מגמתו של הכח לפי כלל יד שמאל.			הבנה





מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
12.14	חישוב הכח הפועל על התייל, כתלות באורך הפעיל של התייל נושא הזרם, בעוצמת הזרם הזורם בתייל, בצפיפות השדה המגנטי בו הוא שרוי ובזווית בין התייל לבין קווי הכח של השדה.			הבנה
12.15	המומנט הסיבובי הפועל על כריכה נושאת זרם ושרויה בתוך שדה מגנטי.			הבנה
12.16	חישוב גודלו של המומנט וקביעת כיוונו.			הבנה
12.17	המומנט הסיבובי הפועל על סליל נושא זרם ושרוי בתוך שדה מגנטי. חישוב גודלו של המומנט וקביעת כיוונו.			הבנה
12.18	הכא"מ המושרה בין קצותיו של תייל הנע בתוך שדה מגנטי וחותר קווי כח מגנטיים תוך כדי תנועתו, קביעת כיוונו על פי כלל יד ימין.			ידע
12.19	חישוב הכא"מ המושרה בתייל, כתלות באורך הפעיל של התייל הנע, במהירות התנועה, בצפיפות השדה המגנטי בו הוא נע ובזווית החיתוך בין התייל הנע לבין קווי הכח המגנטיים של השדה.			הבנה
12.20	הכא"מ המושרה בין קצותיה של כריכה ובין קצותיו של סליל המסתובבים בתוך שדה מגנטי וחותרים קווי כח מגנטיים תוך כדי סיבוב.			הבנה
12.21	דגימת הכא"מ המושרה באמצעות טבעות חצויות לקבלת מתח ישר			הבנה
12.22	דגימת הכא"מ המושרה באמצעות טבעות החלקה לקבלת מתח חילופין.			הבנה
12.23	חוק פרדיי בדבר הכא"מ המושרה בסליל ניח, כתוצאה של שינוי בזמן של השטף המגנטי דרכו וחוק לנץ בדבר מגמתו של הכא"מ המושרה הנוצר.			הבנה
12.24	הגדרת המושג השראות עצמית של סליל ויחידות מדידתה.			הבנה
12.25	חישוב השראות של משרן על פי מספר הכריכות, הממדים הגיאומטריים שלו וסוג הליבה עליה הוא מלופף.			הבנה
13	אלקטרוסטטיקה וקבלים	(20)	(--)	--
13.1	הגדרת המושגים קווי כח חשמליים, שדה חשמלי, עוצמת השדה החשמלי ויחידות מדידתם.			ידע
13.2	הגדרת המושגים חלחלות אלקטרוסטטית מוחלטת וחלחלות אלקטרוסטטית יחסית של חומרים דיאלקטריים			ידע
13.3	הגדרת המושגים קיבול של קבל, מתח בין לוחותיו של קבל, מטען אגור בקבל, אנרגיה אגורה בקבל, חוק דיאלקטרי.			ידע
13.4	עקרון הפעולה של קבל לוחות בהיותו מחובר למקור מתח קבוע. טעינת מערכית של קבל במתח קבוע לעומת טעינה ליניארית בזרם קבוע.			הבנה
13.5	חישוב קיבולו של קבל לוחות כתלות בממדים הגאומטריים שלו, בסוג החומר הדיאלקטרי שבין לוחותיו והמרחק ביניהם.			הבנה
13.6	חישוב קיבול שקול של קבלים שונים המחוברים ביניהם בטור.			הבנה
13.7	חישוב המתח, המטען והאנרגיה אגורה בכל אחד מהם, במצב המתמיד.			הבנה





מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
13.8	חישוב קיבול שקול של קבלים שונים המחוברים ביניהם במקביל			הבנה
13.9	חישוב מתח, מטען ואנרגיה אגורה בכל אחד מהם, במצב המתמיד.			הבנה
13.10	חישוב קיבול שקול של קבלים שונים המחוברים ביניהם במעורב.			הבנה
13.11	חישוב מתח, מטען ואנרגיה אגורה בכל אחד מהם, במצב המתמיד.			הבנה
13.12	הגדרת המושג קבוע הזמן במשוואות הטעינה והפריקה של קבל.			ידע
13.13	חישוב קבוע הזמן והמתח על פני הקבל בתוך תופעת המעבר באמצעות משוואת הדפקים.			הבנה
14	מעגלי מתח זרם חד מופעיים	(20)	(--)	--
14.1	סוגי מתח חילופין מחזוריים בסיסיים, ריבועי, משולש וסינוסי.			ידע
14.2	הגדרת מושגים בסיסיים של אותות סינוסיים מחזוריים כגון: ערך שיאי, ערך יעיל, ערך ממוצע, זמן מחזור, תדר, תדירות מעגלית ויחידות מדידתם.			ידע
14.3	חישוב הכא"מ הרגעי ברגע נתון באמצעות משוואת הכא"מ הרגעי של אות סינוסי.			הבנה
14.4	מעגל חשמלי הכולל נגד מחובר למקור מתח חילופין סינוסי. תיאורים גרפיים ווקטוריים של המתח, הזרם וההספק על פניו.			הבנה
14.5	מעגל חשמלי הכולל משרן טהור מחובר למקור מתח חילופין סינוסי. תיאורים גרפיים ווקטוריים של המתח, הזרם וההספק על פניו.			הבנה
14.6	הגדרת המושג היגב השראי וחישובו על פי השראותו ועל פי התדירות המעגלית של המתח הסינוסי אליו הוא מחובר.			הבנה
14.7	קבל טהור מחובר למקור מתח חילופין סינוסי. תיאורים גרפיים ווקטוריים של המתח, הזרם וההספק על פניו.			הבנה
14.8	הגדרת המושג היגב קיבולי וחישובו על פי קיבולו ועל פי התדירות המעגלית של המתח הסינוסי אליו הוא מחובר.			הבנה
14.9	נגד ומשרן טהור מחוברים בטור למקור מתח חילופין סינוסי. הגדרת מושג העכבה של המעגל וחישובה כסכום ווקטורי של התנגדות הנגד ושל ההיגב ההשראי של המשרן.			הבנה
14.10	חישוב גורם ההספק והפרש המופע במעגל הכולל משרן ונגד בטור. חישוב משולש עכבות, משולש מתחים ומשולש הספקים.			הבנה
14.11	נגד וקבל מחוברים בטור למקור מתח חילופין סינוסי. הגדרת מושג העכבה של המעגל וחישובה כסכום ווקטורי של התנגדות הנגד ושל ההיגב הקיבולי של הקבל.			הבנה
14.12	חישוב גורם ההספק, הפרש המופע, משולש עכבות, משולש מתחים ומשולש הספקים במעגל הכולל קבל ונגד בטור.			הבנה
14.13	נגד, משרן וקבל מחוברים בטור למקור מתח חילופין סינוסי. הגדרת מושג העכבה של המעגל וחישובה כסכום ווקטורי של התנגדות הנגד, של ההיגב ההשראי של המשרן ושל ההיגב הקיבולי של הקבל.			הבנה
14.14	חישוב גורם ההספק והפרש המופע, משולש עכבות, משולש מתחים ומשולש הספקים במעגל הכולל נגד, משרן וקבל מחוברים בטור.			הבנה



מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
14.15.	תהודה טורית במעגל טורי של קבל, נגד וסליל.			הבנה
14.16.	משמעות מושג התהודה. התנאי לתהודה. הנוסחה של התדר המקיים את תנאי התהודה.			הבנה
14.17.	הצורך בשיפורו של מקדם ההספק. חישוב ערכו של הקבל שיש לחבר במקביל למעגל השראי על מנת לשפר את גורם ההספק לגודל דרוש.			הבנה
14.18.	מעגל מקבילי של קבל טהור מחובר במקביל לסליל מעשי. חיבור הקבל במקביל למתקן השראי לצורך שיפור גורם ההספק.			הבנה
15.	מערכות תלת מופעיות	(20)	(--)	--
15.1.	מרכיביה של מערכת תלת מופעית, יתרונותיה וחסרונותיה.			ידע
15.2.	הגדרת מושגים בסיסיים של מערכת תלת-מופעית כגון: מתח פאזי ומתח שלוב. עומס מחובר בכוכב ועומס מחובר במשולש.			ידע
15.3.	חישוב הזרמים והמתחים הפאזיים והשלובים, כאשר העומס הינו עומס סימטרי המחובר בכוכב ואת ההספק הכולל המתפתח בו.			הבנה
15.4.	חישוב הזרמים והמתחים הפאזיים והשלובים, כאשר העומס הינו עומס סימטרי המחובר במשולש וחישוב ההספק הכולל המתפתח בו.			הבנה
15.5.	חישוב הזרמים והמתחים הפאזיים והשלובים, כאשר העומס הינו עומס סימטרי המחובר בכוכב, ללא מוליך האפס וחישוב ההספק הכולל המתפתח בו, כאשר חל פסק או קצר באחד המופעים.			הבנה
15.6.	חישוב הזרמים והמתחים הפאזיים והשלובים, כאשר העומס הינו עומס סימטרי המחובר במשולש וחישוב ההספק הכולל המתפתח בו, כאשר חל פסק באחד המופעים בצרכן, או באחד הקווים .			הבנה
15.7.	הכרת יחס ההספקים המתפתחים באותו העומס כאשר הוא מחובר פעם בכוכב ופעם במשולש והבנת המשמעות של חיבורו בחיבור כוכב-משולש לצורך העמסה הדרגתית של הרשת.			הבנה
15.8.	הבנת חיוניותו של מוליך האפס במערכת תלת מופעית לא מאוזנת הסכנה הקיימת לצרכנים ולרשת בעת ניתוקו.			הבנה
	סה"כ שעות	150	--	--



מטרה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 7. מכונות חשמל	הלומד: 1. יסביר מושגי יסוד במכונות לזרם ישר הפועלות כמנוע וכמחולל. 2. יסביר עקרון פעולה של שנאים חד ותלת-פאזיים ויחשב מתחים, זרמים והספקים משני צדיו של השנאי העמוס. 3. יחשב זרמים, מתחים, הספקים ומומנטים במכונות השראה תלת-פאזיות אסינכרוניות. 4. יסביר עקרון פעולה של מכונות השראה חד-פאזיות.
סה"כ: 80 שעות.	

רמת ידע נדרשת	שעות לימוד		הנושא	
	מעשי	עיוני		
--	(--)	(26)	מכונות לזרם ישר	1.
ידע			הכרת המבנה של מכונה לזרם ישר, חלקיה ומרכיביה: הסטטור קטביו וליפופיו, הרוטור וליפופיו, הקולקטור והפחמים.	1.1.
ידע			עקרון הפעולה של המכונה לזרם ישר, פעם כמנוע ופעם כמחולל.	1.2.
ידע			סקירה של סוגי העירור הקיימים לצורך הגברת השטף המגנטי בחלל הסטטור של המכונה: עירור זר, מקבילי, טורי ומעורב.	1.3.
ידע			סוגי הליפוף של מוליכי הרוטור: גלי פשוט ועניבה פשוט.	1.4.
הבנה			נוסחת הכא"מ המושרה בסלילי העוגן בתלות בקבוע המחולל, בשטף הקיים בחלל הסטטור ובמהירות הסיבוב של הרוטור.	1.5.
הבנה			קבוע המחולל והתלות שלו במספר זוגות הקטבים שבסטטור, במספר המוליכים ברוטור, ובסוג הליפוף שלהם בתוך חריצי הרוטור.	1.6.
הבנה			הפסדי ההספק הקיימים בפעולת המכונה לזרם ישר כמחולל וכמנוע: הפסדי ההספק בנחשת של מוליכי הסטטור ומוליכי הרוטור. הפסדי הספק בברזל של הקטבים המגנטיים שבסטטור ובליבת הרוטור. הפסדי ההספק כתוצאה של החיכוך במסבים של הרוטור בעת סיבוב. הפסדי ההספק לאוורור. הפסדי ההספק על הפחמים (מברשות).	1.7.
הבנה			מחולל בעירור זר : מעגל תמורה חשמלי, אופייני המחולל, הפנימיים והחיצוניים. מתחים, זרמים, סולם הספקים, הפסדי הספק ונצילות של המחולל.	1.8.
הבנה			מחולל בעירור מקבילי: מעגל תמורה חשמלי, אופייני המחולל, הפנימיים והחיצוניים. מתחים, זרמים, סולם הספקים, הפסדי הספק ונצילות של המחולל.	1.9.
הבנה			מחולל בעירור טורי : מעגל תמורה חשמלי. אופייני המחולל, הפנימיים והחיצוניים. מתחים, זרמים, סולם הספקים, הפסדי הספק ונצילות של המחולל.	1.10.



רמת ידע נדרשת	שעות לימוד		הנושא	
	מעשי	עיוני		
הבנה			מנוע בעירור זר : מעגל תמורה חשמלי, אופייני המנוע, הפנימיים והחיצוניים. מתחים, זרמים, סולם הספקים, הפסדי הספק ונצילות של המנוע.	1.11
הבנה			מנוע בעירור מקבילי: מעגל תמורה חשמלי, אופייני המנוע, הפנימיים והחיצוניים. מתחים, זרמים, סולם הספקים, הפסדי הספק ונצילות של המנוע.	1.12
הבנה			מנוע בעירור טורי : מעגל תמורה חשמלי, אופייני המנוע, הפנימיים והחיצוניים. מתחים, זרמים, סולם הספקים, הפסדי הספק ונצילות של המנוע.	1.13
--	(--)	(30)	שנאים	2.
--	(--)	(16)	שנאים חד פאזיים	2.1
ידע			מבנה בסיסי של שנאי חד פאזי ועקרון פעולתו.	2.1.1
הבנה			נוסחת הכא"מ היעיל המושרה בסלילי השנאי, על ידי השטף המשתנה בזמן.	2.1.2
הבנה			יחסי ההשנאה של המתחים, הזרמים והליפופים בשנאי אידיאלי.	2.1.3
הבנה			ניסויי קצר וריקים לקבלת הפסדי הנחושת והפסדי הברזל הנקובים של שנאי חד-פאזי.	2.1.4
הבנה			הכרת המושגים התנגדויות והיגבים משוקפים ומציאת סכמת התמורה של השנאי המעשי מתוך ניסויי הקצר והריקים.	2.1.5
הבנה			חישוב המתח בשניוני של שנאי מועמס בהתאם למקדמי העמסה שונים ומקדמי הספק שונים של העומס .	2.1.6
הבנה			חישוב נצילותו של השנאי החד-פאזי המעשי תחת עומס נומינלי.	2.1.7
הבנה			חישוב נצילותו של השנאי החד-פאזי המעשי תחת מקדמי העמסה ומקדמי הספק שונים.	2.1.8
הבנה			התנאי לקבלת מקדם ההעמסה האופטימלי שיבטיח נצילות מרבית.	2.1.9
הבנה			חישוב הנצילות המרבית תחת מקדם ההעמסה האופטימלי.	2.1.10
--	(--)	(12)	שנאים תלת פאזיים	2.2
ידע			ארבעת הצורות הבסיסיות לחיבור הראשוני והמשני והכרת המושג קבוצות חיבור.	2.2.1
הבנה			יחסי ההשנאה של המתחים, הזרמים והליפופים הפאזיים והשלובים בשנאי תלת פאזי אידיאלי, בכל ארבעת הצורות הבסיסיות.	2.2.2
הבנה			חישוב נצילותו של השנאי התלת-פאזי המעשי תחת עומס נומינלי. חישוב נצילותו של השנאי התלת-פאזי המעשי תחת מקדמי העמסה ומקדמי הספק שונים .	2.2.3





רמת ידע נדרשת	שעות לימוד		הנושא	
	עיוני	מעשי		
--	(2)	(--)	שנאי עצמי	2.3
ידע			המבנה הבסיסי של שנאי עצמי ויחס ההשנאה שלו.	2.3.1
הבנה			השימושים בשנאי עצמי, המגבלות וכללי הבטיחות בשימוש בו.	2.3.2
--	(24)	(--)	מנועי השראה אסינכרוניים	3
--	(20)	(--)	מנוע השראה אסינכרוני תלת-פאזי.	3.1
ידע			מבנה של מנוע השראה תלת-פאזי בעל רוטור כלוב קצר וחלקיו.	3.1.1
הבנה			עקרון הפעולה של מנוע השראה אסינכרוני תלת-פאזי. מהירות סינכרונית ואסינכרונית ומושג החליקה.	3.1.2
הבנה			הפסדי ההספק החשמליים בנחושת של סלילי הסטטור הכרוכים סביב קוטבי הסטטור.	3.1.3
			הפסדי ההספק החשמליים במוטות הרוטור מסוג כלוב קצר.	
			הפסדי הברזל בקטבים המגנטיים של הסטטור.	
			הפסדי ההספק המכניים הנובעים מהחיכוך של המסבים שבין גוף המנוע לבין הרוטור המסתובב.	
			הפסדי ההספק הנוספים הנובעים מחיבורם של מאווררים לסילוק החום הנוצר במנוע.	
הבנה			סולם ההספקים של מנוע השראה תלת-פאזי אסינכרוני וחישוב נצילותו של המנוע לאור הפסדים אלו.	3.1.4
הבנה			הכרת המושגים מומנט נומינלי, מומנט התנעה ומומנט מקסימלי.	3.1.5
			הכרת אופיין המומנטים ומיקומו של כל מומנט על גביו.	
			חישוב מומנטים שונים לאורכו של סולם המומנטים במנוע השראה תלת-פאזי ביחידות קג"מ וניוטון-מטר.	
--	(4)	(--)	הכרת המושג חליקה קריטית ו "נוסחת קאלוס".	3.2
ידע			מנוע השראה אסינכרוני חד-פאזי.	3.2.1
			מבנה המנוע ועקרון פעולתו.	
			סליל העבודה וסליל העזר.	
			קבל התנעה לפיצול זווית המופע.	
הבנה			מפסק צנטרפוגלי.	3.2.2
			שיטות התנעה של מנועי השראה חד-פאזיים.	
--	80	--	סה"כ שעות	





מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 8. מתקני חשמל	הלומד: 1. יגדיר הוראות לביצוע עבודות חשמל ותקנות רישוי חשמלאים מתוך חוק החשמל. 2. יסביר את מערכת הייצור, ההולכה והחלוקה במשק החשמל בישראל. 3. יסביר תכנון של בתי מגורים ובתי מלאכה. 4. יסביר חישוב של מפלי מתח ושטח חתך אחיד של רשת חשמלית בזרם ישר וחילופין. 5. יזהה ויגדיר גדלים פיזיקליים בסיסיים מעולם התאורה ויסביר את דרך התכנון של תאורת הפנים של מבנה כלשהו. 6. יחשב ויתכנן את קו התאורה, לתאורת חוץ, למקור אור יחיד הנמצא על עמוד אחד. 7. יסביר את 7 שיטות ההגנה בפני חשמול הקיימות והמותרות לשימוש כיום בישראל.
סה"כ: 100 שעות.	

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
1.	חוקים, תקנים ותקנות בחשמל	(4)	(--)	--
1.1	מהות ההוראות והתקנות הרשמיות - האספקט הבטיחותי והמשפטי.			ידע
1.2	הכרת קבצי תקנות נבחרים, תקנים והוראות לביצוע עבודות חשמל על פי חוק החשמל ותקנותיו.			ידע
1.3	רישוי חשמלאים, מהי האחריות והסמכות של כל רמת רישוי. מהם התנאים לקבלת הרישיונות, השכלה וותק.			ידע
2.	משק החשמל בישראל	(4)	(--)	--
2.1	מאפייני משק החשמל בישראל. השפעת מזג האוויר, הבדלי צריכה ביום ובלילה, חוסר אחדות בצפיפות אוכלוסייה, בעיות בטחון. שיעור גידול שנתי ותחזיות ביקוש עתידיות.			
2.2	ייצור חשמל בשיטות קונבנציונליות, יצור חשמל במחזור משולב, ייצור חשמל על ידי יצרנים פרטיים ואנרגיות חלופיות.			
2.3	סוגי תחנות כוח קונבנציונליות. תחנות כח קיטוריות, טורבינות גז תעשייתיות וסילוניות.			
2.4	רמות המתח הנהוגות ברשת החשמל הארצית. מתח על, מתח עליון, מתח גבוה, מתח נמוך ומתח נמוך מאוד.			
2.5	מאפייני הקווים ומבנה העמודים על פי רמות המתח.			
2.6	תשתיות להולכת מתח עליון ומתח גבוה במנהרות.			
2.7	איבדי אנרגיה ברשתות ההולכה.			
2.8	תחנות מיתוג, תחנות משנה ותחנות השנאה זעירות, מיקומן במערכת, סוגיהן ומאפייניהן.			
3.	טכנולוגיה	(2)	(--)	--
3.1	התכונות הפיזיקליות והחשמליות של המוליכים, הנחושת, הפליז, החמרן והברזל.			ידע
3.2	תופעת השיתוך ואמצעי הגנה מפניה. מוליכים בתעשיית החשמל, חומרי מגעות, חומרי דו-מתכת.			ידע
3.3	התכונות הפיזיקליות והחשמליות של המבדדים. חומרים מבדדים בתעשיית החשמל. חומרים פלסטיים שימושיים. מובילים.			ידע





מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
4.	שרטוט סכמתי בחשמל	(2)	(--)	--
4.1	הכרת סימולים סכמתיים של אביזרי חשמל כגון: נתיך חברת החשמל, מונה חשמל, ממסר פחת, מבטח.			ידע
4.2	שרטוט חד קווי ורב קווי.			
5.	תכנון דירת מגורים	(18)	(--)	--
5.1	סוגי מבטחים: a, b, c, d, אופייניים, תכונות ושימושים מעשיים.			ידע
5.2	סלקטיביות במערכות הגנה: תרמית ומגנטית.			ידע
5.3	חלוקה הדירה למעגלים על פי מספר החדרים ושטח הדירה בהתאם לתקנות.			הבנה
5.4	קביעת שטח חתך המוליכים, קוטר המובילים, גודל וסוג המבטח בכל מעגל.			הבנה
5.5	קביעת מבטח ראשי בהתחשב בגודל המתקן ובהתאם למקדם הביקוש.			הבנה
5.6	תכנון הלוח הדירתי לרבות שימוש בממסר פחת בהתאם לתקן.			הבנה
6.	תכנון בתי מלאכה ובתי עסק	(18)	(--)	--
6.1	שיטות הגנה על צרכנים: מפסק הגנה למנוע, O.L, ממסר לחוסר פאזה, סוגי נתיכים, הגנה תרמיסטורית.			הבנה
6.2	חלוקה בית המלאכה למעגלים על פי מספר הצרכנים וגודלם.			הבנה
6.3	קביעת שטח חתך המוליכים, קוטר המובילים, גודל וסוג המבטח בכל מעגל. שיפור גורם הספק במתקנים תעשייתיים לצרכן בודד ולמספר צרכנים, כולל קביעת גודל סוללת הקבלים וחישוב קו ההזנה לקבלים.			הבנה
6.4	קביעת מבטח ראשי מסחרי בהתחשב בגודל המתקן ובהתאם למקדם הביקוש או מקדם ההעמסה.			הבנה
6.5	תכנון הלוח לרבות חיבור המבטח לסוללת הקבלים וממסר פחת בהתאם לתקן.			הבנה
7.	רשתות חשמל	(16)	(--)	--
7.1	מפלי מתח, הפסדי הספק וקביעת שטחי חתך בקווי זינה ברשתות לזרם ישר.			הבנה
7.2	חישוב שטח חתך אחד לפי מפלי מתח, או הפסדי הספק, בקווי זינה ברשתות לזרם חילופין חד-פאזיים, בעלי שני צרכנים, הנתונים על ידי זרמים או הספקים.			הבנה
7.3	חישוב שטח חתך אחד לפי מפלי מתח, או הפסדי הספק, בקווי זינה ברשתות לזרם חילופין תלת-פאזיים, בעלי שני צרכנים, הנתונים על ידי זרמים או הספקים.			הבנה
7.4	מוליכים וכבלים, סוגי התקנות ומיקומם, מקדמי תיקון והעמסת מוליכים, בחירת מוליך או כבל מתאים לפי שיטת ההתקנה, בחירת המבטח לפי שיטת ההתקנה, הכבל הנתון והזרם המקסימלי שמותר להעביר בו.			הבנה



רמת ידע נדרשת	שעות לימוד		הנושא	מס'
	עיוני	מעשי		
--	(12)	(--)	תאורה חשמלית	8.
ידע			מושגים בסיסיים מעולם התאורה ויחידותיהם כגון: שטף האור ביחידות לומן, עוצמת ההארה ביחידות לוקס, הנצילות האורית ביחידות של לומן/וואט, מקדמי הנצילות וההחזרה של הקירות והחלל ועוד.	8.1
ידע			חשיבותה של תאורה נכונה המתאימה ליעדה, אפקט סטרובוסקופי.	8.2
הבנה			טכנולוגיות חדישות בתאורה, גופי תאורה שבשימוש, תכנון, ושיקולים בבחירה. סוגי תאורה מתקדמים וגופים שונים, יתרונות וחסרונות והעדפות שימוש של כל אחד ואחד מהם בהתאם לסוג המבנה ויעודו.	8.3
הבנה			תכנון תאורת פנים של מבנה כלשהו לקבלת עוצמת הארה רצויה על פי נתוני המבנה וגופי התאורה בהם נעשה שימוש.	8.4
			חשוב מספר גופי התאורה מאותו הסוג לקבלת התוצאה הרצויה, חלוקה למעגלים, קביעת שטח חתך של קווי ההזנה וקביעת המבטחים להגנתם.	
			חישוב ותכנון את קו התאורה, לתאורת חוץ, למקור אור יחיד הנמצא על עמוד אחד.	8.5
--	(24)	(--)	הארקות ושיטות הגנה בפני חשמול	9.
ידע			הגדרת המושגים חשמול והתחשמלות. השפעת הזרם החשמלי על גוף האדם וניתוח תאונות חשמל.	9.1
ידע			הארקת הגנה TT- והארקת יסוד.	9.2
ידע			איפוס: TNS, TNCS.	9.3
ידע			מפסק מגן המופעל בזרם דלף - ממסר פחת.	9.4
ידע			מתח בטיחות - מתח נמוך מאוד.	9.5
ידע			הפרד מגן- שנאי מבדל.	9.6
ידע			זינה צפה - IT.	9.7
ידע			בידוד מגן- בידוד כפול.	9.8
--	100	--	סה"כ שעות	



פרק 9. מעבדות חשמל ואלקטרוניקה.

מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 9.1 מעבדת חשמל	הלומד:
	1. יהיה ויסביר את אופן השימוש בצידוד הבדיקה הקיים במעבדת מדידות החשמל הנחוץ לצורך ביצוע מדידות בזרם וזרם חילופין. 2. ידגים מדידות מתחים וזרמים של נגדים בטור במקביל ובמעורב. 3. ידגים טעינת קבל במתח קבוע ויאמת את נוסחת קבוע הזמן. 4. ידגים מדידת מתחים, זווית מופע ותדר תהודה של מעגל טורי הכולל נגד, משרן וקבל.
סה"כ: 16 שעות.	

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת	הערות
		עיוני	מעשי		
1.	מתח ישר	(--)	(10)	--	הניסויים יבוצעו על גבי מטרצה על ידי התלמיד.
1.1	הכרת ספק כח ורוב מודד דיגיטלי.	--	2	יישום	
	הכרת המטרצה.				
	זיהוי נגדים על פי קוד הצבעים.				
1.2	מדידת התנגדויות, זרמים ומפלי מתח במעגל בו מחוברים בטור שני נגדים שונים ואימות חוק המתחים של קירכהוף.	--	2	יישום	
1.3	מדידת התנגדויות, זרמים ומפלי מתח במעגל בו מחוברים במקביל שני נגדים שונים ואימות חוק הזרמים של קירכהוף.		2		
1.4	מדידת התנגדויות, זרמים ומפלי מתח במעגל בו מחוברים במעורב שלושה נגדים שונים. אימות מחלק מתח ומחלק זרם.		2		
1.5	טעינת קבל במתח קבוע. מציאת קבוע הטעינה של המעגל. קבלת אופיין עליית המתח על הקבל באופן מעריכי בתלות בזמן, מתוך המדידות של מתח הקבל בפרקי זמן שונים.	--	2	יישום	
2.	מתח חילופין	(--)	(6)	--	
2.1	הכרת מחולל האותות ומשקף התנודות.	--	2	יישום	
2.2	מעגל טורי הכולל נגד, סליל מעשי וקבל. מדידת מתחים על פני כל אחד מהם ומדידת הפרש המופע בין זרם המעגל לבין מתח המקור באמצעות משקף התנודות.	--	2	יישום	
	שינוי התדר של המחולל לקבלת תדר התהודה.				
2.3	קבל מחובר במקביל לסליל מעשי ונגד בטור. מדידת זווית המופע לפני ואחרי הוספת הקבל לשיפור גורם ההספק.	--	2	--	
סה"כ שעות		--	16	--	--



מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 9.2 מעבדת מכוונות חשמל.	הלומד: 1. ידגים מדידת מתחים בסלילי הראשוני והשניוני, של שנאי חד-פאזי וקביעת יחס ההשנאה שלו וידגים ניסויים בריקם בקצר ובעומס בשנאי חד ותלת-פאזי. 2. ידגים ניסוי בריקם ובעומס של מנוע לזרם ישר. 3. ידגים ניסוי אופייני מכני ואופייני ויסות המהירות של מנוע השראה אסינכרוני תלת-פאזי. 4. ידגים מדידת התנגדות סליל העבודה וסליל העזר ושיטות התנעה במנוע השראה חד-פאזי.
סה"כ: 12 שעות	

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת	הערות
		עיוני	מעשי		
1.	שנאים.	(--)	(4)	--	כל הניסויים יבוצעו כהדגמה על ידי המורה.
1.1	שנאי חד פאזי ושנאי תלת פאזי.	--	4	יישום	
2.	מכוונה לזרם ישר.	(--)	(4)	--	
2.1	מחולל לזרם ישר ומנוע לזרם ישר.	--	4	יישום	
3.	מנועי השראה	(--)	(4)	--	
3.1	מנוע השראה תלת פאזי ומנוע השראה חד פאזי.	--	4	יישום	
סה"כ שעות		--	12	--	--





מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 9.3 מעבדת אלקטרוניקה תעשייתית סה"כ: 12 שעות	הלומד: 1. ידגים יישור חד דו-דרכי באמצעות דיודות יישור. 2. ידגים וויסות הספק באמצעות S.C.R. 3. יאמת טבלאות אמת של שערים לוגיים AND,OR,NOT. 4. ידגים מימוש פונקציה באמצעות שערים לוגיים.

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת	הערות
		עיוני	מעשי		
1.	מעגלי יישור	(--)	(6)	--	כל הניסויים יבוצעו על גבי מטריצה על ידי התלמיד.
1.1	מעגל יישור חד-דרכי באמצעות דיודות יישור.	--	2	יישום	
1.2	מעגל יישור דו-דרכי באמצעות גשר גרץ.	--	2	יישום	
1.3	מעגל יישור דו-דרכי וסינון באמצעות קבל סינון.	--	2	יישום	
2.	מעגלי וויסות הספק	(--)	(2)	--	
2.1	מעגל וויסות הספק באמצעות S.C.R.	--	2	יישום	
3.	שערים לוגיים	(--)	(4)	--	
3.1	אימות טבלאות אמת של שערים לוגיים.	--	2	יישום	
3.2	מימוש פונקציה לוגית באמצעות שערים לוגיים.	--	2	יישום	
סה"כ שעות		--	12	--	



פרק 10. עבודה מעשית-חשמלאי מוסמך

הישגים נדרשים:	מטלה/נושא:
הלומד: 1. יסביר את הסכנות הקיימות בעבודה בסדנה ויציין את כללי הבטיחות בה. 2. ידגים התקנות של תשתית ואינסטלציה של מתקן חשמלי. 3. יסביר את השרטוטים החד-קוויים והרב-קוויים של מעגלי מאור וכח ביתיים על פי רשימת המטלות הקיימת לחשמל מוסמך. 4. יסביר וידגים התקנת לוח חשמל ביתי תלת-פאזי על כל מרכיביו בהתאם לדרישות חברת החשמל.	פרק 10.1 מעגלי מאור וכח ביתיים סה"כ: 76 שעות.

מס	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
1.	בטיחות בעבודה	(4)	--	--
1.1.	כללי בטיחות בעבודה בסדנה	4	--	ידע
2.	מעגלי מאור וכוח	(24)	(48)	--
2.1.	הפעלת נורה בעזרת מפסק יחיד ועוד הפעלת שתי נורות בעזרת מפסק כפול ועוד בית תקע.	2	4	יישום
2.2.	הפעלת שתי נורות משני מקומות בעזרת שני מפסקים מחליפים ועוד בית תקע.	2	4	יישום
2.3.	הפעלת שלוש נורות משלושה מקומות בעזרת שני מפסקים מחליפים ומפסק צלב.	2	4	יישום
2.4.	הפעלת 4 נורות ע"י מפסק יחיד, מפסק כפול ושני מפסקים מחליפים.	2	4	יישום
2.5.	הפעלת שלוש נורות בעזרת שלושה לחצנים בעזרת ממסר צעד.	2	4	יישום
2.6.	הפעלת שלוש נורות משלושה מקומות בעזרת שלושה לחצנים וממסר זמן לחדר מדרגות- "מדרגונית" ועוד הפעלת זמזום בעזרת לחצן.	2		יישום
2.7.	הפעלת שלוש נורות על-ידי מפסק יחיד ומפסק כפול דרך שעון שבת.	2	4	יישום
2.8.	מיתוג פעולת מנוע חד-פאזי באמצעות מגען, דרך שעון שבת.	2	4	יישום
2.9.	מיתוג פעולת דוד חשמלי לחימום מים, הכולל גוף חימום, תרמוסטט, מפסק דו-קוטבי ונורה לציון הפעולה.	2	4	יישום
2.10.	הפעלת תאורת רחוב בעזרת "ממסר רגיש לאור", תא פוטו-אלקטרי, עם אפשרות להפעלה נוספת באופן ידני.	2	4	יישום
2.11.	הרכבת לוח חשמלי חד-פאזי על כל אביזריו: מונה, פחת, מא"ז ראשי ושלושה מאז"ים. לכל מעגל יחובר מפסק יחיד ונורה או בית תקע.	2	4	יישום
2.12.	הרכבת לוח חשמלי תלת-פאזי על כל אביזריו: מונה, פחת, מא"ז ראשי ושלושה מאז"ים. לכל מעגל יחובר מפסק יחיד ונורה או בית תקע.	2	4	יישום
סה"כ שעות		28	48	--



מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 10.2 מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגענים	הלומד: 1. יבין את הסכנות הקיימות בעבודה בסדנה ויצוין את כללי הבטיחות בה. 2. יציין את הסימנים המוסכמים של כל האביזרים השימושיים במעגלי הפיקוד. 3. יתאר באמצעות שרטוט חשמלי, את מעגל הכח ואת מעגל הפיקוד של מעגלי פיקוד ובקרה באמצעות מגענים, על פי רשימת המטלות לחשמלאי מוסמך. 4. יסביר את אופן פעולתו של כל אחד ואחד ממעגלי פיקוד ובקרה באמצעות מגענים, על פי רשימת המטלות לחשמלאי מוסמך. 5. ידגים התקנות של מעגלי פיקוד ובקרה באמצעות מגענים על פי רשימת המטלות לחשמלאי מוסמך.
סה"כ: 90 שעות.	

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
1.	יסודות הפיקוד האלקטרומכני באמצעות מגענים	(6)	(--)	--
1.1.	מבוא למערכות פיקוד ובקרה בתעשייה.	1	--	ידע
1.2.	לחצנים פתוחים, סגורים וכפולים, נורות סימון.	1	--	ידע
1.3.	בקרי טמפרטורה. גששי קירבה, מפסיקי גבול.	1	--	ידע
1.4.	אלקטרומגנט. אוברלוד.	1	--	ידע
1.5.	ממסר לחוסר פאזה. ממסר לסדר פאזות.	1	--	ידע
1.6.	מעגל הכח ומעגל הפיקוד.	1	--	ידע
2.	מימוש ויישום מערכות פיקוד ובקרה באמצעות מגענים	(24)	(60)	--
2.1.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי משני מקומות באופן רגעי ובאופן קבוע.	2	5	יישום
2.2.	מיתוג שלי מנועים תלת-פאזיים לסירוגין. כאשר מנוע אחד עובד השני מושבת ולהיפך. כולל לחצן הפסקה ראשי.	2	5	יישום
2.3.	מיתוג פעולת מנוע תלת-מופעי לשני כיווני סיבוב, קבועה או רגעית עם אותם לחצני הפעלה. כולל הגנה חשמלית והגנה מכנית וחצן הפסקה ראשי.	2	5	יישום
2.4.	מיתוג פעולת מנוע תלת פאזי עם השהייה בהפעלה והשהייה בהפסקה כולל אפשרות להפעלה קבועה.	2	5	יישום
2.5.	מיתוג פעולת שלושה מנועים בהדרגה. הפעלה בסדר עולה וההפסקה בסדר יורד, על ידי לחצנים. הגנות המנועים באמצעות "מפסקי הגנה למנוע" תקלה של עומס יתר במנוע הראשון, תגרום להפסקה כללית.	2	5	יישום
2.6.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי בארבעה מצבים: 1. הפעלה קבועה. 2. הפעלה רגעית. 3. הפעלה לאחר השהייה. 4. הפסקה לאחר השהייה.	2	5	יישום
	לכל מצב הפעלה יהיה לחצן נפרד.			





מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
2.7	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי לפתיחה וסגירה של שער חשמלי, כולל מפסיקי גבול, הגנה מכנית והגנה חשמלית ושתי נורות לחיווי מצב השער, פתוח או סגור.	2	5	יישום
2.8	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי, בהתנעת כוכב משולש, כולל הגנה מכנית והגנה חשמלית ונורות פעולה. המעבר מכוכב למשולש ייעשה אוטומטית באמצעות טיימר.	2	5	יישום
2.9	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי בהתנעת כוכב משולש לשני כיווני סיבוב.	2	5	יישום
2.10	מיתוג פעולת מנוע מסוג דלנדר לשתי מהירויות ועוד ממסר לחוסר פאזה.	2	5	יישום
2.11	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי, לשני כיווני סיבוב, באופן מחזורי. לאחר חמישה מחזורים המנוע ייעצר.	2	5	יישום
2.12	מיתוג פעולת שלושה מנועים. הפעלה בסדר עולה. כל מנוע שנכנס לפעולה מנתק את קודמו.	2	5	יישום
--	סה"כ שעות	30	60	--



מטלה/נושא:	הישגים נדרשים:
פרק 10.3 מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות בקרים מתוכנתים סה"כ: 90 שעות.	הלומד: 1. יסביר את מבנה הבקר, את יחידות הקלט והפלט ואת רכיבי התזמון והמניה המצויים בו. 2. יציין את הסימנים המוסכמים של כל האביזרים השימושיים במעגלי הפיקוד. 3. יתאר באמצעות שרטוט חשמלי ודיאגרמות סולם, את מעגל הכח ואת מעגל הפיקוד של מעגלי פיקוד ובקרה באמצעות בקרים, על פי רשימת המטלות לחשמלאי מוסמך. 4. יסביר את אופן פעולתו של כל אחד ואחד ממעגלי פיקוד ובקרה באמצעות בקרים, על פי רשימת המטלות לחשמלאי מוסמך. 5. ידגים התקנות של מעגלי פיקוד ובקרה באמצעות בקרים, על פי רשימת המטלות לחשמלאי מוסמך.

מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
1.	יסודות הפיקוד האלקטרוני באמצעות בקרים מתוכנתים	(6)	(--)	--
1.1	הבקר המתוכנת מבנה ועקרון פעולה	(2)	(--)	--
1.1.1	תפקיד הבקר			ידע
1.1.2	מבנה הבקר			ידע
1.1.3	כניסותיו וציאותיו של הבקר.			--
1.1.4	טיימרים מונים וממסרי עזר פנימיים.			ידע
1.2	דיאגרמות סולם	(4)	(--)	--
1.2.1	סימנים מוסכמים של מגע פתוח ומגע סגור, ממסרי עזר, טיימרים, מונים, יציאות חיצוניות לממסרים.			ידע
1.2.2	חיבור טורי – AND ומקבילי – OR, של מגעים פתוחים וסגורים. חיבור טורי של קבוצות מקביליות של מגעים פתוחים וסגורים. חיבור מקבילי של קבוצות טוריות של מגעים פתוחים וסגורים.			הבנה
2.	מימוש ויישום מערכות פיקוד ובקרה באמצעות בקרים מתוכנתים	(24)	(60)	--
2.1	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי משני מקומות באופן רגעי ובאופן קבוע.	2	5	יישום
2.2	מיתוג שלי מנועים תלת-פאזיים לסירוגין. כאשר מנוע אחד עובד השני מושבת ולהיפך. כולל לחצן הפסקה ראשי.	2	5	
2.3	מיתוג פעולת מנוע תלת-מופעי לשני כיווני סיבוב, קבועה או רגעית עם אותם לחצני הפעלה. כולל הגנה חשמלית והגנה מכנית ולחצן הפסקה ראשי.	2	5	יישום
2.4	מיתוג פעולת מנוע תלת פאזי עם השהייה בהפעלה והשהייה בהפסקה כולל אפשרות להפעלה קבועה.	2	5	
2.5	מיתוג פעולת שלושה מנועים בהדרגה. הפעלה בסדר עולה וההפסקה בסדר יורד, על ידי לחצנים. הגנות המנועים באמצעות "מפסקי הגנה למנוע" תקלה של עומס יתר במנוע הראשון, תגרום להפסקה כללית.	2	5	





מס'	הנושא	שעות לימוד		רמת ידע נדרשת
		עיוני	מעשי	
2.6	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי בארבעה מצבים: 1. הפעלה קבועה. 2. הפעלה רגעית. 3. הפעלה לאחר השהייה. 4. הפסקה לאחר השהייה. לכל מצב הפעלה יהיה לחצן נפרד.	2	5	יישום
2.7	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי לפתיחה וסגירה של שער חשמלי, כולל מפסיקי גבול, הגנה מכנית והגנה חשמלית ושתי נורות לחיווי מצב השער, פתוח או סגור.	2	5	
2.8	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי, בהתנעת כוכב משולש, כולל הגנה מכנית והגנה חשמלית ונורות פעולה. המעבר מכוכב למשולש ייעשה אוטומטית באמצעות טיימר.	2	5	
2.9	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי בהתנעת כוכב משולש לשני כיווני סיבוב.	2	5	
2.10	מיתוג פעולת מנוע מסוג דלנדר לשתי מהירויות ועוד ממסר לחוסר פאזה.	2	5	
	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי, לשני כיווני סיבוב, באופן מחזורי. לאחר חמישה מחזורים המנוע ייעצר.	2	5	
2.11	מיתוג פעולת שלושה מנועים. הפעלה בסדר עולה. כל מנוע שנכנס לפעולה מנתק את קודמו.	2	5	
סה"כ שעות		30	60	--





השגים נדרשים:	מטלה/נושא:
הלומד: 1. ידגים תכנות ושליטה על דגם של בית מגורים, הכולל נורות, תריסים חשמליים, דוד חשמלי ועוד. 2. יסביר התייעלות אנרגטית מהי, מה חשיבותה ומהי תרומתה הכלכלית למשק. 3. יסביר בניה ירוקה המנצלת שימוש רב יותר באור טבעי. 4. ידגים חיבור בטור ובמקביל של תאים סולאריים, מדדת מתח ריקם וזרם קצר. 5. חיבור מקבילי לרשת החשמל, סנכרון לרשת וניתוק עקב כשל מרשת החשמל.	פרק 10.4 בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת סה"כ: 44 שעות

רמת ידע נדרשת	שעות לימוד		הנושא	מס'
	עיוני	מעשי		
--	(6)	(6)	1. בית חכם מבוא לבית חכם. ההבדל בין בית חכם לחשמל חכם. 1.1 תקשורת קווית ואלחוטית. 1.2 חיווט ואמצעי שליטה ובקרה. 1.3 תכנות דגם של בית מגורים, הכולל נורות, תריסים חשמליים, דוד חשמלי ועוד באמצעות אפליקציות לבית חכם. 1.4	
--	(4)	(--)	2. התייעלות אנרגטית שימוש בנורות בעלות נצילות אורית גבוהה, שימוש בעמעמים ושימוש במכשירי חשמל בעלי דירוג אנרגטי גבוה. 2.1 חיסכון באנרגיה על ידי הסטת עומסים מפסגה לשפל. 2.2 שימור אנרגיה בשעות השפל על-ידי אגירתה בקבלים והשבתה בשעות השיא. 2.3 בנייה ירוקה לניצול אור טבעי וחשמל חכם. 2.4	
--	(4)	(--)	3. מערכות אנרגיה מתחדשת שימוש בטורבינות רוח המנצלות את הרוח כאמצעי מכני לסיבוב טורבינות חשמל. 3.1 שימוש במערכות תרמו-סולאריות לניצול אנרגיית השמש, לחימום מים והפיכתם לקיטור המשמש להפעלת טורבינות חשמל. 3.2 שימוש במערכות גיאותרמיות לניצול אנרגיות של חום הנמצאות במעמקי האדמה להפעלת טורבינות חשמל. 3.3	
--	(8)	(16)	4. מערכות סולאריות - PV שימוש במערכות פוטו-וולטאיות להפיכת אור השמש למתח ישר ולהמרתו למתח חילופין באמצעות ממרים. 4.1 תלות הספק הפנל הסולארי בעצמה ובזווית של האור הנכנס. 4.2 תלות הספק הפנל הסולרי בעצמת האור, כאשר הוא תחת עומס. 4.3 חיבור פאנלים סולאריים- סטרינגים. 4.4 ממירים ממתח ישר למתח חילופין. 4.5	
--	22	22	סה"כ שעות	





נספחים





נספח א'-

רשימת תרגילים לביצוע בעבודה מעשית לרמת "חשמלאי מוסמך"

1. מעגלי מאור וכח ביתיים

מספר התרגיל	תיאור כללי של התרגיל
1.	הפעלת נורה בעזרת מפסק יחיד ועוד הפעלת שתי נורות בעזרת מפסק כפול ועוד בית תקע.
2.	הפעלת שתי נורות משני מקומות בעזרת שני מפסקים מחליפים ועוד בית תקע.
3.	הפעלת שלוש נורות משלושה מקומות בעזרת שני מפסקים מחליפים ומפסק צלב.
4.	הפעלת 4 נורות ע"י מפסק יחיד, מפסק כפול ושני מפסקים מחליפים.
5.	הפעלת שלוש נורות בעזרת שלושה לחצנים בעזרת ממסר צעד.
6.	הפעלת שלוש נורות משלושה מקומות בעזרת שלושה לחצנים וממסר זמן לחדר מדרגות- "מדרגונית" ועוד הפעלת זמזום בעזרת לחצן.
7.	הפעלת שלוש נורות על-ידי מפסק יחיד ומפסק כפול דרך שעון שבת.
8.	מיתוג פעולת מנוע חד-פאזי באמצעות מגען, דרך שעון שבת.
9.	מיתוג פעולת דוד חשמלי לחימום מים, הכולל גוף חימום, תרמוסטט, מפסק דו-קוטבי ונורה לציון הפעולה.
10.	הפעלת תאורת רחוב בעזרת "ממסר רגיש לאור", תא פוטו-אלקטרי, עם אפשרות להפעלה נוספת באופן ידני.
11.	הרכבת לוח חשמלי חד-פאזי על כל אביזריו: מונה, פחת, מא"ז ראשי ושלושה מאז"ים. לכל מעגל יחובר מפסק יחיד ונורה או בית תקע.
12.	הרכבת לוח חשמלי תלת-פאזי על כל אביזריו: מונה, פחת, מא"ז ראשי ושלושה מאז"ים. לכל מעגל יחובר מפסק יחיד ונורה או בית תקע.





2. מעגלי כח, פיקוד ובקרה, באמצעות מגענים ובאמצעות בקרים מתוכנתים.

***** לצורך הקלה, נבחרו אותן המטלות של פיקוד ובקרה באמצעות מגענים גם עבור פיקוד ובקרה באמצעות בקרים מתוכנתים.**

מספר התרגיל	תיאור כללי של התרגיל
1.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי משני מקומות באופן ריגעי ובאופן קבוע.
2.	מיתוג שלי מנועים תלת-פאזיים לסירוגין. כאשר מנוע אחד עובד השני מושבת ולהיפך. כולל לחצן הפסקה ראשי.
3.	מיתוג פעולת מנוע תלת-מופעי לשני כיווני סיבוב, קבועה או רגעית עם אותם לחצני הפעלה. כולל הגנה חשמלית והגנה מכנית וחצן הפסקה ראשי.
4.	מיתוג פעולת מנוע תלת פאזי עם השהייה בהפעלה והשהייה בהפסקה כולל אפשרות להפעלה קבועה.
5.	מיתוג פעולת שלושה מנועים בהדרגה. הפעלה בסדר עולה וההפסקה בסדר יורד, על ידי לחצנים. הגנות המנועים באמצעות "מפסקי הגנה למנוע" תקלה של עומס יתר במנוע הראשון, תגרום להפסקה כללית.
6.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי בארבעה מצבים: 1. הפעלה קבועה. 2. הפעלה רגעית. 3. הפעלה לאחר השהייה. 4. הפסקה לאחר השהייה. לכל מצב הפעלה יהיה לחצן נפרד.
7.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי לפתיחה וסגירה של שער חשמלי, כולל מפסקי גבול, הגנה מכנית והגנה חשמלית ושתי נורות לחיווי מצב השער, פתוח או סגור.
8.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי, בהתנעת כוכב משולש, כולל הגנה מכנית והגנה חשמלית ונורות פעולה. המעבר מכוכב למשולש ייעשה אוטומטית באמצעות טיימר.
9.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי בהתנעת כוכב משולש לשני כיווני סיבוב.
10.	מיתוג פעולת מנוע מסוג דלנדר לשתי מהירויות ועוד ממסר לחוסר פאזה.
11.	מיתוג פעולת מנוע תלת-פאזי, לשני כיווני סיבוב, באופן מחזורי. לאחר חמישה מחזורים המנוע ייעצר.
12.	מיתוג פעולת שלושה מנועים. הפעלה בסדר עולה. כל מנוע שנכנס לפעולה מנתק את קודמו.





3. בית חכם, התייעלות אנרגטית ומערכות אנרגיה מתחדשת

מערכת אנרגיה סולארית 2x100W PV

המערכת הלימודית המאפשרת לימוד של עקרונות הפעולה של מערכת פוטוולטאית אמיתית. המערכת כוללת שני לוחות בהספק כולל של 200W. המערכת כוללת את כל הרכיבים הנדרשים לייצר חשמל בעזרת הלוחות הסולאריים, מכשירי מדידה וכן הוראות הפעלה וחומר לימודי.



מידות:

יחידת מדידה ובקרה: גובה 1640 מ"מ, רוחב 985 מ"מ, אורך 600 מ"מ.
יחידה פוטוולטאית: גובה 866 מ"מ, רוחב 1266 מ"מ, אורך 1283 מ"מ.
מערכת אנרגיה סולארית 2x100W PV.

המערכת הלימודית מאפשרת לימוד של עקרונות הפעולה של מערכת פוטוולטאית אמיתית. היא כוללת שני לוחות בהספק כולל של 200W. המערכת כוללת את כל הרכיבים הנדרשים לייצר חשמל בעזרת הלוחות הסולאריים, מכשירי מדידה וכן הוראות הפעלה וחומר לימודי.



רכיבים:

1. יחידה פוטוולטאית:

- מסגרת אלומיניום על 4 גלגלים עם מעצורים, עם אפשרות לכוון את הזווית של הלוחות הסולאריים.
- 2 לוחות מערכת אנרגיה סולארית PV סיליקון חד גבישי (100W כ"א).
- 1 חישן למדידת עצמת הקרינה הסולארית בטווח $100-800 \text{ W/m}^2$.
- 1 חישן טמפרטורה.

2. יחידת הארה

- 4 מנורות הלוגן (500W) עם מתג.
- מעמד עם אפשרות לשינוי גובה.

3. יחידת בקרה ושליטה

- מסגרת אלומיניום על 4 גלגלים עם מעצורים ומדפים
- אינוורטר 12V DC/230V AC. על מנת לייצר מצג אמיתי יש לבחור בממיר מחובר רשת במתח רשת תקני.
- 2 רב מודד דיגיטליים.
- 1 מצג טמפרטורה דיגיטלי.
- 1 מצג עצמת אור דיגיטלי.
- 2 מתגים כפולים לאור (dual light switch).
- 1 מתג פקה סיבובי 1P; 16A.
- 1 מתג פקה סיבובי 3P; 16A.
- 1 מתג בטחון.
- נורה ובית נורה 230V AC
- מאוורר 12V DC
- מאוורר 230V AC
- פוטנציומטר
- 2 סוללות 12V 14 Ah
- 9 שקעי בננה אדומים 4 מ"מ 60V DC 10A
- 9 שקעי בננה שחורים 4 מ"מ 60V DC 10A
- 2 שקעי בננה אדומים 4 מ"מ 1kV 20A
- 2 שקעי בננה שחורים 4 מ"מ 1kV 20A
- 1 נורת לד 24V ; 1 נורת לד 230V
- 1 נורת לד עבור מתמרים מודדים (measuring transducers)
- 1 מתג חשמלי
- 3 שקעי XLR
- לוח ביטחון
- 3 מפסקים
- מפסק זליגת הארקה
- מד אנרגיה 1P
- 3 כבלים שחורים 4 מ"מ 24A 1kV
- 3 כבלים אדומים 4 מ"מ 24A 1kV
- 6 כבלים שחורים 4 מ"מ DC 60V
- 6 כבלים אדומים 4 מ"מ DC 60V
- 3 כבלים XLR



רשימת ניסויים:

- בניית מעגל.
- חוק אוהם.
- חיבור בטור ובמקביל של תאים סולאריים (מדידת מתח מעגל פתוח וזרם קצר).
- תלות הספק הלוח הסולארי בזווית האור הנכנס.
- תלות הספק הלוח הסולארי בעצמת האור.
- הצללה חלקית של לוחות סולאריים מחוברים בטור.
- הצללה חלקית של לוחות סולאריים מחוברים במקביל.
- תלות ההתנגדות הפנימית בעצמת האור.
- תלות הספק הלוחות הסולאריים בטמפרטורה.
- אפיון מתח/זרם/הספק i-V , MPP ופקטור מילוי של תא סולארי.
- תלות מאפייני מתח/זרם/הספק i-V בעצמת האור.
- תלות מאפייני מתח/זרם/הספק i-V בטמפרטורה.
- השוואה של מאפייני i-V בצורות חיבור שונות (מקבילי/טורי).
- מרכיבים של מערכת סולארית.
- תלות ההספק בעצמת האור תחת עומס
- מאפייני מתח/זרם/הספק i-V בתנאי הצלה חלקית
- מאפיינים של מנוע חיפוש PMM (איתור נקודת אור מקסימלית)
- חיבור מקבילי לרשת החשמל.
- סנכרון לרשת החשמל.
- ניתוק עקב כשל מרשת החשמל.

מעבדת התייעלות אנרגטית

עמדה אחת לפחות.

תקן ודרישות יפורסמו על ידי תא הפיקוח, בחוזר נפרד בהתאם להשתלמויות המורים שתקיימנה במהלך השנה.

מעבדת בית חכם

מזוודה אחת לפחות, לכל שני תלמידים .

תקן ודרישות יפורסמו על ידי תא הפיקוח, בחוזר נפרד בהתאם להשתלמויות המורים שתקיימנה במהלך השנה.



נספח ב' - קישורים אינטרנטיים למאמרים, תמונות וסרטונים

פרק	סעיף	שם הקישור
1	1	שימוש במחשבון - casio fx-991ES - עידו מרבך
1	1	הדרכה על המחשבון החדש - fx991EX - עידו מרבך
1	1	Casio fx-991ES Plus - פתרון משוואה ריבועית ומשוואה בנעלם אחד
2	2	מספרים מרוכבים מתוך קורס הכנה במתמטיקה של הטכניון. מרצה: ד"ר אביב מדריר
3	1	Microsoft Office Visio - להתקנה ושימוש בתוכנת
6	3	הזרם החשמלי - סרטון
6	4	פוטנציאל חשמלי
6	4	כיצד בנוי מקור מתח חשמלי - סרטון
6	5	התנגדות ומוליכות סגולית - סרטון
6	5	קוד צבעים של נגדים - סרטון
6	5	קוד צבעים של נגדים - מחשבון
6	5	נחושת או אלומיניום כמוליכי חשמל
6	5	חומרים בעלי מוליכות חשמלית גבוהה
6	6	חוק אוהם - סרטון
6	7	ההבדל בין הספק ואנרגיה חשמלית
6	8	מדידת התנגדות בשיטת ארבעה מוליכים
6	8	מעגל חשמלי - חוק אוהם
6	8	המרת משולש נגדים לכוכב ולהיפך - סרטון
6	8	רב מודד דיגיטלי - DMM - סרטון
6	11	כא"מ, התנגדות פנימית, מתח ריקם ומתח הדקים - סרטון
6	12	שדה מגנטי - סרטון
6	12	זרם, מתח, הפרש פוטנציאלים, מעגל טורי ומקבילי ומגנטיות.
6	12	עקרון הפעולה של ממסר אלקרומגנטי - סרטון
6	12	עקרון הפעולה של מנוע ושל גנרטור - סרטון
6	12	עקרון פעולה של מנוע חשמלי - סרטון
6	12	עקרון הפעולה של מנוע - סרטון
6	12	עקרון פעולה של מנוע חשמלי - סרטון
6	13	טעינת קבל במתח קבוע- טעינה מעריכית
6	13	טעינה ופריקה של קבל
6	13	קבלים בזרם ישר
6	13	חיבור קבלים במעגלי מתח ישר ובמתח חילופין - סרטון
6	14	נגד סליל וקבל במעגל מתח חילופין - סרטון
6	14	תהודה חשמלית- מעגל RLC טורי - סרטון
6	14	תהודה חשמלית - סרטון





פרק	סעיף	שם הקישור
6	15	רשת תלת מופעית - סרטון
6	15	רשת תלת מופעית - סרטון
6	15	עקרון פעולה של רשת תלת מופעית
7	2	מבנה של מכונה לזרם ישר - סרטון
7	2	מבנה ועקרון פעולה של מנוע לזרם ישר - סרטון
7	2	מנוע לזרם ישר - סרטון
7	2	שנאים חד ותלת-פאזיים - סרטון
7	3	מבנה ועקרון פעולה של שנאי
7	3	ניסוי בקצר ובריקם ומעגל תמורה חשמלי של שנאי
7	3	עקרון הפעולה של שנאי
7	3	קבוצות חיבורים בשנאים- אריאל סגל
7	3	שנאי עצמי
7	4	כיצד פועל גנרטור למתח חילופין - סרטון
7	4	כיצד פועל מנוע השראה אסינכרוני תלת-פאזי - סרטון
7	4	מבנה ועקרון פעולה של מנוע השראה חד-פאזי - סרטון - צבי גלבר
7	4	מנועי השראה - אריאל סגל
8	1	חק החשמל, התשי"ד-1954
8	1	חוקים ותקנות החשמל- חשמלאים.קום
8	1	פאזה אחרת- מידעון מקצועי, חברת החשמל.
8	1	אתר פורום החשמלאים- - חשמלאים.קום
8	2	רשת הייצור ההולכה והחלוקה בארץ - סרטון של חברת החשמל
8	2	כיצד פועלת טורבינת קיטור - סרטון
8	2	רשת החלוקה והאספקה של החשמל
8	5	תכנון לוח חשמל דירתי סרטון - צביקה גלבר
8	5	מוליכים והגנות סרטון - צביקה גלבר
9.2	1	מדידות בשנאי - אוניברסיטת בן גוריון
9.2	3	מדידות במנוע השראה- אוניברסיטת בן גוריון
9.3	1	מיישר גשר גרץ - צביקה גלבר
10.2	1	מעגל פיקוד בסיסי באמצעות מגענים- צביקה גלבר
10.4	1	אנרגיה סולארית ותרמו-סולארית-ויקיפדיה
10.4	1	אנרגיה סולארית-סרטון של מוזיאון המדע בירושלים
10.4	1	כיצד מייצרים חשמל מתאים פוטו-וולטאיים, סרטון
10.4	1	פאנלים סולאריים
10.4	1	ממירים סולאריים





נספח ג' – ביבליוגרפיה

1. אוסטר, ב'. (1984). **מכונות חשמל: פרקים נבחרים**, הוצאת אורט ישראל.
2. אינג' דונייבסקי, ז'. (2015). **מדריך לחשמלאי**, הוצאת אינג' ז' דונייבסקי ובנו.
3. אסטרוב, א'. (2004). **מכונות חשמל - המרת אנרגיה**, הוצאת ליאור 1.
4. גירון, ח'. (1987). **יסודות תורת החשמל, חלק א'**, הוצאת אורט ישראל.
5. גירון, ח'. (1987). **יסודות תורת החשמל, חלק ב'**, הוצאת אורט ישראל.
6. גל, א'. בריקר, ר'. (2019). **תורת החשמל לחשמלאי/ת**, המחלקה לפיתוח פדגוגי טכנולוגי, האגף להכשרה מקצועית ולפיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
7. גינת א'. (2006). **המארו לחשמלאי מעשי, מאגר שאלות ותשובות במתקנים ומכונות חשמל לחשמלאי מעשי**, האגף להכשרה מקצועית ופיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
8. גינת א'. (2008). **המארו לחשמלאי מעשי, מאגר שאלות ותשובות בתורת החשמל לחשמלאי מעשי**, האגף להכשרה מקצועית ופיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
9. גינת א'. (2006). **המארו לחשמלאי מוסמך, מאגר שאלות ותשובות במכונות חשמל לחשמלאי מוסמך (חלק א' - מכונות חשמל לזרם ישר)**, האגף להכשרה מקצועית ופיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
10. גינת א'. (2006). **המארו לחשמלאי מוסמך, מאגר שאלות ותשובות במכונות חשמל לחשמלאי מוסמך (חלק ב' - מכונות חשמל לזרם חילופין)**, האגף להכשרה מקצועית ופיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
11. גינת א'. (2016). **המארו לחשמלאי מוסמך, מאגר שאלות ותשובות בתורת החשמל לחשמלאי מוסמך**, האגף להכשרה מקצועית ופיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
12. גינת א'. (2006). **המארו לחשמלאי מוסמך, מאגר שאלות ותשובות במתקני חשמל ורשת לחשמלאי מוסמך**, האגף להכשרה מקצועית ופיתוח כח אדם, משרד העבודה, הוצאת מא"ה.
13. ויסמן, ז'. (1993). **תאורה חשמלית**, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.
14. **חוק החשמל ותקנותיו התשי"ד - 1954**, הוצאת המוסד לבטיחות וגהות (2014).
15. מיר, ד'. בוסקילה, י'. (2016). **מערכות הספק ומתקני חשמל**, הוצאת שורש.
16. סגל, א'. (2012). **מערכות הספק-2012**, הוצאת אמי"ת ומשרד החינוך.



נספח ד' - גיליון מידע על סיכונים תעסוקתיים, המוסד לבטיחות ולגהות

מה הם הסיכונים העיקריים של עיסוק זה ?

- נפילה מסולמות או משטחים מוגבהים בזמן ביצוע עבודות חיווט, התקנה ותחזוקה של מעגלים או אביזרים חשמליים בבניינים, קירות, תקרות, חדרי מדרגות, עליות גג וכדומה.
- פגיעה ממכות חשמל.
- חתכים ודקירות הנגרמים מהשימוש בכלי עבודה, מגע בקצוות חדים של לוחות מתכת, זכוכית של מנורות שבורות, חוטי מתכות וכיו"ב.
- פגיעות במערכת שריר-שלד כולל פגיעות הקשורות: ביציבה בעת עבודה בתנוחות של עמידה או כריעה, תוך כדי חציבה, וטיפול באביזרים, לוחות, וחלקי מכונות כבדים מה שעלול לגרום לעייפות רבה ולכאבי גב.
- חשיפה לאבק ולכימיקלים מסוכנים המצויים בתוך בטון, מלט, ממיסים, דבקים, צבעים, חומרי הלחמה וריתוך וכדומה. מה שעלול לגרום לדלקות עור, כוויות, גירוי של העיניים ומערכת הנשימה.

סיכוני תאונות

- נפילה מסולמות או משטחים מוגבהים בזמן ביצוע עבודות חיווט, התקנה ותחזוקה של מעגלים או אביזרים חשמליים בבניינים, קירות, תקרות, חדרי מדרגות, עליות גג וכדומה.
- נפילה, מעידה או החלקה במישור, במיוחד בזמן הובלה ונשיאה של אביזרים או לוחות כבדים.
- היפגעות ע"י חפצים נופלים/או דריכה על, התנגשות או היפגעות מחפץ.
- חתכים ודקירות הנגרמים מהשימוש בכלי עבודה, מגע בקצוות חדים של לוחות מתכת, זכוכית של מנורות שבורות, חוטי מתכות וכיו"ב.
- התחשמלות כתוצאה מעבודה במכשירים חשמליים שבידודם/הארקתם פגומים.
- פגיעה בעיניים כתוצאה מרסיסי/חלקיקי אבן ומתכת הנפלטים בזמן ליטוש/השחזה.
- עקיצות ונשיכות של חרקים, מכרסמים, נחשים ובעלי חיים קטנים אחרים, תוך כדי ביצוע עבודות תחזוקה והתקנה חשמליות במרתפים ו/או עליות גג.

סיכונים כימיים

- חשיפה לגזים ולנדפים הנוצרים בעת פעילויות ריתוך (קדמיום, אנטימון, עופרת).
- חשיפה לממיסים שונים, כולל פחמימנים ארומטיים (חומר-ניקוי, מסירי-שומנים, וכו'), חומרי איטום (דבקים, חומרים דביקים) והאדים שלהם.
- חשיפה לחלקיקי אבק ואבק עץ אלרגני הנוצרים ע"י פעולות מכניות (חיתוך, קידוח, הקצעה, שיוף, ליטוש, וכו'), טיפול בעצי הבנייה, פסולות, וכו'.



סיכונים ביולוגיים

- לא זוהו סיכונים הקשורים ספציפית לעבודת החשמלאי. חללים דוגמת מרתפים ועליות גג עשויים להיות מזהמים באבק שנוצר כתוצאה מהפרשות של נברנים וחרקים, ציפורים, קיני יונים, וכדומה. אלו עשויים לייצר תגובות שליליות מסוימות של העור (אלרגיות, פריחות) ושל מערכת הנשימה, וזיהום.

סיכונים פיזיקליים

- פגיעה בשמיעה בגלל עבודה ממושכת עם פטישים, מקדחים, דיסקים, וכדומה.
- גירוי ופגיעות בעיניים, כתוצאה ממגע מרובה עם אבק הנוצר בזמן החציבה בקירות ורצפות, לצורך החיווט.
- עומס חום הנוצר כאשר בימים חמים עובדים במקומות סגורים ומוקפים או כאלה שאינם מאווררים היטב, כמו מרתפים ועליות גג.
- חשיפה לגורמים סביבתיים דוגמת חום או קור קיצוניים, לחות גבוהה, לחץ סביבתי מוגבר או מוקטן וכדומה.

בעיות ארגונומיות, פסיכולוגיות וחברתיות

- פגיעות במערכת שריר-שלד, כולל פגיעות הקשורות: ביציבה בעת עבודה; הזזה, הרמה או נשיאה של חפצים כבדים או בעלי נפח גדול; מאמץ חוזר ונשנה; עומס-יתר ממושך על הפרקים.
- גורמים פסיכולוגיים/חברתיים הקשורים לאופי או למקום העבודה, כולל יחסי אנוש, עבודה במשמרות, וכו'.

מקורות

1. גליון מידע על סיכונים תעסוקתיים – המוסד לבטיחות ולגיהות.