

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים

התמחות

מערכות אלקטרוניות

תכנית הלימודים בחלופה

הנדסה ביו רפואית

מעודכן ל-
2026

תוכן עניינים

3	מבוא לתוכנית הלימודים.....
3	חלוקת שעות.....
3	רציונל לחלופה הנדסה ביו רפואית.....
3	תכנית לימודים בחלופה הנדסה ביו רפואית - כיתה יא' ו-יב' – לימודים עיוניים.....
4	חלוקת שעות לפי פרקים.....
4	תוכנית לימודים בחלופה תקשורת בין מערכות אלקטרוניות - כיתה יא' ו-יב' - לימודים עיוניים.....
4	פרק 1. מבוא להנדסה ביו-רפואית – כיתה יא'.....
6	פרק 2: עקרונות ויישומים בביו-רפואה ובתקשורת – כיתה יב'.....
9	הנדסה ביו-רפואית לימודים התנסותיים - כיתה יא'.....
11	הנדסה ביו-רפואית לימודים התנסותיים - כיתה יב'.....

מבוא לתוכנית הלימודים

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי ההתמחות בחלופה הנדסה ביו רפואית בכיתות י"א ו- י"ב נתונה בטבלה להלן:

מקצוע הבחינה	שם מקצוע	י"א		י"ב		סה"כ
		ע	ה	ע	ה	כללי
מערכות אלקטרוניות (11.40)	חלופה בהנדסה ביו רפואית	2	1	2	1	6

הערה: ש"ש אחת מהווה 30 שעות שנתיים

רציונל לחלופה הנדסה ביו רפואית

תכנית לימודי ההתמחות מכילה בסיס חשוב לביצוע פרויקטים בתחום ההנדסה הביו רפואית. התלמיד ילמד את עיקרי הנושאים המהווים תשתית לעולם התכן של מקצוע זה ובנוסף הוא ייחשף למערכות רפואיות מתקדמות בתחום בתעשייה ובבתי חולים. בתחום העיוני יילמדו האנטומיה והפיזיולוגיה של מערכות בגוף האדם, יסודות באלקטרוניקה ובתקשורת בין מערכות ביו רפואיות, וכן מבוא הכרחי לרשתות תקשורת בין מחשבים, לתקשורת באינטרנט, ולתקשורת באמצעים אלחוטיים מתקדמים. הלימודים בפרק 1 בתחום "מבוא להנדסה ביו-רפואית" נלמדים בכתה י"א על פי חלוקת שעות זו אך המלצתנו היא שחלק נכבד מפרק זה כולל ההדגמות והניסויים בתחום יילמדו במידת האפשר בכתה י"ד.

ההתנסות מבוצעת באמצעות מערכות ניסויים בתחומים המוזכרים לעיל, ולחלופין ניתן ואף רצוי מפאת מורכבות ומחיר המערכות הטכנולוגיות הרפואיות לבצע את חלקם כהדגמה במפעלים\ בבתי חולים\ מרפאות. במסגרת ההתנסות יבוצעו גם פרויקטונים בשיטת מעגל הפרויקט הצומח והם יכולים להוות תשתית לפרויקט עתידי בסיום הלימודים. הפרויקטים המבוצעים מהווים תכלול של בקרה ממוחשבת על מתקנים\חיישנים ביו רפואיים דרך קביעת הממשק למערכות אלו, תכנון החמרה וכתובת קוד הפעולה למימוש אלגוריתמים לעבוד אותות ולבצוע הבקרה של המערכת עם דגש על עזרה לאנשים עם מוגבלויות רפואיות.

תכנית לימודים בחלופה הנדסה ביו רפואית - כיתה י"א ו-י"ב – לימודים עיוניים

חלוקת שעות לפי פרקים

נושא	עיוני (שעות)	התנסותי (שעות)
פרק 1: מבוא להנדסה ביו רפואית - יא'	60	30
פרק 2: עקרונות ויישומים בתקשורת ובביו-רפואה - יב'	60	30
סה"כ שעות:	120	60

תוכנית לימודים בחלופה תקשורת בין מערכות אלקטרוניות - כיתה יא' ו-יב' - לימודים עיוניים

פרק 1. מבוא להנדסה ביו-רפואית – כיתה יא'

שעות	נושא
2	מבוא להנדסה ביו רפואית
	- הנדסה ביו-רפואית מהי ? - הגדרת טכנולוגיה רפואית, תחומים בטכנולוגיה רפואית ובהנדסה ביו-רפואית, מיון טכנולוגיה רפואית
4	מבוא לגוף האדם
	- מקומו של האדם בקרב היצורים החיים - התא ותהליכי החיים - יסודות המבנה של גוף האדם, הרקמות השונות שבגוף האדם
6	אנטומיה של מערכת העצבים
	- מבנה רקמת העצבים - תכונות תא עצב - אקסון ודינדרוט וההבדלים בניהם, סינפסה - מבנה מערכת העצבים המרכזית, מבנה מערכת העצבים האוטונומית, קשת רפלקס
4	אנטומיה של מערכת השרירים
	- סוגי השרירים, התכווצות שרירי השלד, המבנה המיקרוסקופי של שרירי השלד - השואה בין התכונות הפיזיולוגיות של השרירים השונים
5	פיזיולוגיה של שריר ועצב

	- פוטנציאל פעולה בתא עצב, מעבר האימפולס העצבי בעצב, מעבר האימפולס בסינפסה - פיזיולוגיה של רפלקסים, עקרונות ההרדמה.
7	המערכת הקרדיווסקולארית - חשיבות הדם בקיום החיים - מבנה הדם, חלקי רשת התובלה - מבנה הלב, שריר הלב – מבנה ותכונות אופייניות, התכווצות שריר הלב - אלקטרוקרדיוגרפיה מחלות לב וניתוחי לב, מחזורי הדם.
4	מערכת הנשימה - אנטומיה של מערכת הנשימה, מכניזם הנשימה - הובלת הגזים בדם, עקרונות ההנשמה המלאכותית.
4	מערכת ההפרשה אנטומיה של הכליה, פיזיולוגיה של הנפרון, מחלות כליה, דיאליזה, תופעת לחץ דם גבוה שמקורו בכליה, מדידת לחץ דם.
8	מערכות אחרות בגוף האדם - מערכת העיכול – אנטומיה ופיזיולוגיה - השלד – אנטומיה, הורמונים ואנזימים - מערכת הרבייה – אנטומיה - העין-. אנטומיה, עקרונות אופטיים, פיזיולוגיה, תיקוני ראייה
6	מבוא לאלקטרוניקה (סקירה) המרת אותות ביו-רפואיים לאותות חשמליים, חיישנים, ממירים, מעגלי הגברה אלקטרוניים, מגברי שרת, רעשים במעגלי הגברה אלקטרוניים, מגברי מכשור, סינון במעגלי הגברה אלקטרוניים.
10	מבוא לסריקה ממוחשבת העקרונות הפיזיקליים והחשמליים של הטומוגרפיה הממוחשבת (CT), הדימות MRI- (תהודה מגנטית), והאולטרה סאונד- US.

פרק 2: עקרונות ויישומים בביו-רפואה ובתקשורת – כיתה יב'

שעות	נושא
4	מבוא לתקשורת
	• תיאור אות שמע ותרשים מערכת שמע הכוללת מיקרופון, מגבר ורמקול הצורך באפנון להעברת השמע בצורה אלחוטית • מבנה בסיסי של משדר ומקלט אלחוטי • מאפיינים עיקריים של רשת תקשורת אלחוטית : סוג מידע, טווח, תדרי עבודה, רוחב פס, רעש ומקורותיו, יחס אות לרעש • אופני התפשטות של גלי הרדיו – גלי קרקע, גלי רקיע
8	אפנון AM
	• תיאור האפנון בציר הזמן וציר התדר • תרשים מלבנים של משדר AM - אפנון, מגבר RF, מאפייני משדר • תרשים מלבנים של מקלט AM – מגבר RF, ערבל, גלאי, מגבר שמע AGC • מאפייני מקלט- רגישות, ברירות, רוחב פס, נאמנות, חסינות לרעש.
8	אפנון FM
	• תיאור האפנון בציר הזמן ובציר התדר • תרשים מלבנים של משדר FM - אפנון, מגבר RF, מאפייני משדר • תרשים מלבנים של מקלט FM – מגבר RF, ערבל, גלאי, מגבר שמע AFC • מאפייני מקלט- רגישות, ברירות, רוחב פס, נאמנות, חסינות לרעש. • השוואה בין שיטות שידור AM ו-FM
6	האות הספרתי
	• הפיכת אות מידע אנלוגי לאות מידע ספרתי. תיאור גרפי של שיטות להצגת מידע ספרתי. פעולות דגימה ושמירה. דיאגרמת מלבנים עקרונית של מערכת לדגימה ושמירה; תיאור מעגל דגימה ותיאור

- צורות הגלים במוצאו. משפט הדגימה – משפט ניקוויסט. תיאור גרפי של אותות, בזמן ביצוע פעולות הדגימה והשמירה.
 - פעולת הכימוי, רעש כימוי, מדדי קצב (b/s, baud)
 - פעולת הקידוד. שיטות לקידוד האות; שיטת RZ ושיטת NRZ, מנצ'סטר רגיל ודיפרנציאלי
 - שחזור האות. מערכות סינכרוניות ואסינכרוניות
 - דיאגרמת מלבנים של מערכת שידור וקליטה של ערוץ תקשורת ספרתי
 - סיבות לשגיאות בהעברת מידע ספרתי
- 6 שיטות אפנון וריבוב ספרתי
- עקרונות של אפנון דפקים: אפנון דופק מקודד (PCM) ריבוב אותות ספרתיים, ריבוב בזמן (TDM) שיטות ספרתיות בסיסיות למפתוח ואפנון (ASK, FSK, PSK) תיאור גרפי של האותות בשיטות האפנון השונות.
 - דיאגרמות עקרוניות לתיאור מערכות לייצור האפנונים הדרושים. דיאגרמה עקרונית לתיאור גילוי של אות מאופנן.
- 6 מבוא לרשתות תקשורת בין מחשבים
- מושגים בתקשורת נתונים
 - שירותי תקשורת ומודל שרת-לקוח
 - שכבות וארכיטקטורה של מערכות תקשורת
 - מבנה האינטרנט
- 4 Wi-Fi
- הכרת התקני הרשת .
 - כללים לפעולת הרשת .
 - הכרת פרוטוקול גישה לרשת אלחוטית.
 - תקן 802.11
- 4 BLUETOOTH
- היסטוריה של הבלוטוס.
 - טווח התקשורת, סוגי תדרים, הספקים, כמות מכשירים מקסימלית לחיבור
 - חיבור בלוטוס ל- UART, חמרה, פרוטוקול, קצב סל"ש.

- הצורך בטלמטריה במערכות הנדסיות ביו-רפואיות, דוגמאות של מערכות טלמטריה בהנדסה ביו-רפואית, תווך מעבר הטלמטריה - קווית ואלחוטית (מאפיינים, מגבלות, שדה יישום).
- טלמטריה חד-כיוונית - מבנה עקרוני ומאפיינים של מערכת טלמטריה חד-כיוונית.
- טלמטריה דו-כיוונית - מבנה עקרוני ומאפיינים של מערכת טלמטריה דו-כיוונית.

4

מדידה הגברה וסינון של אותות חשמליים אנלוגיים

- מדידת אות כחוליה ראשונה במערכת ביו-אלקטרונית (דוגמא במערכת EXG): מבנה אופייני של אלקטרודה/חיישן ומגבר דיפרנציאלי, שיטת המדידה (ישירה או עקיפה) נקודות המדידה (נקודה יחידנית, רב נקודתית), ביצוע המדידה (גשר, מחלק מתח, מחלק זרם, דגימת מתח, דגימת זרם), אופן המדידה והשפעת הרעש על המדידה (מדידה באופן משותף Common Mode (CM), מדידה יחסית Deferential Mode (DM), השפעת הרעש באופני המדידה השונים, דיוק המדידה והגורמים המשפיעים עליה (גורמי המערכת וגורמי הביצוע).

2

תקנים במערכות משולבות אלקטרוניקה ורפואה

- מבוא לבטיחות במכשיר רפואי, סוגי תקנים: א-מה נדרש מצידוד כדי להבטיח שיבצע את הנדרש, ב- אי גרימת נזק לצידוד אחר או לבני אדם.
- הצורך בהוראות בטיחות, תקני בטיחות ארציים ובין-לאומיים (גורמי סיכון, שיטות הגנה), בטיחות רפואית, תקני בטיחות ארציים ובין-לאומיים.
- תקני בטיחות.

4

מגברי מכשור במערכת ביו-אלקטרונית:

- תיאור המאפיינים החשמליים של מגבר מכשור (הגבר, עכבת מבוא/מוצא, רוחב פס, הסטים ו-CMRR), חישובי הגבר של מגבר מכשור, דוגמאות של מגברי הפרש ומגברי מכשור במערכות EXG.

הנדסה ביו-רפואית לימודים התנסותיים - כתה יא'

השימוש במושג תצפית : "תצפית" ככלל תערך באמצעות מיקרוסקופ אלא אם צוין אחרת. התצפית מטרתה להכיר את האנטומיה של האובייקט הנצפה. התלמיד יתאר באמצעות איור ותאור מילולי את מרכיבי האובייקט הנצפה. חלק מן הניסויים ימומשו בהדגמות באמצעות מערכות מולטילוג, או צפייה בביקור במפעלים\בתי חולים, וחלק מן הניסויים ימומשו באמצעות ערכות מיקרו בקר כמו למשל כרטיס בקר ממשפחת ארדואינו הבנויות בתצורה מינימלית אך מאפשרות הרחבה לפרויקט צומח והמחברות לממשקים מוכנים ואו הנבנים במעבדה. **יש לבצע לפחות מחצית מהניסויים בכל תחום** (ביולוגיה, מיקרו בקרים, ביקור במפעל\בי"ח)

נושא

ניסוי 1 – מיקרוסקופ

1. הכרת מבנה המיקרוסקופ
2. תפעול המיקרוסקופ
3. תצפיות במיקרוסקופ (כדוגמת תאי גלד בצל)

ניסוי 2 - מערכת העצבים ובדיקתה

1. ניסוי רפלקסים לבדיקת פעולה ותגובה כדוגמת הרפלקס בברך או התכווצות האישון.

2. תצורת חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם בבדיקת EEG

ניסוי 3 – המערכת הקרדיוסקולרית א'

1. תצפית באמצעות מכשיר ECG או תפעול ותצפית בגל הנשמה מכני בזמן הפעלת מנשם .

ניסוי 4 - המערכת הקרדיוסקולרית ב'

1. שימוש במעגל כדוגמת ad8232 לקבלת גל ECG חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם, חיבור לערכת מיקרו בקר, והצגת הגלים באוסצילוסקופ.

ניסוי 5 – המערכת הקרדיוסקולרית ג'

1. חיבור חיישן מד דופק לכניסה אנלוגית במיקרו בקר, חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם, המרה לערכים דיגיטליים, עבודת התוצאות, הצגת צורות הגלים באוסצילוסקופ, והצגת קצב הדופק\לב של נבדקים שונים בתצוגת המיקרו בקר.

ניסוי 6 – בדיקת מערכת הנשימה Pulmonary Function

1. תיאור עקרונות הניסוי	
2. תצורת חיבור חיישנים אל גוף האדם	
3. חיבור חיישן לזיהוי נשימה.	
ניסוי 7 – בדיקת מערכת השרירים	
1. תצפית בתא שריר	
2. בדיקת מערכת השרירים EMG	
תיאור עקרונות הניסוי	
תצורת חיבור החיישנים/אלקטרודות אל גוף האדם	
ביצוע מדידות וניתוח התוצאות .	
ניסוי 8 – מערכת ההפרשה (הדגמה בבתי חולים\ מרפאות\מכונים)	
1. תצפית בתאי כליה	
2. תצפית בתהליך שבמכונת דיאליזה	
3. מדידת לחץ דם.	
ניסוי 9- סורקים (הדגמה בבתי חולים\ מרפאות\מכונים)	
CT – לימוד עקרונות הבדיקה, הדגמת ציוד שבשימוש, יתרונות וחסרונות.	
ניסוי 10- סורקים (הדגמה בבתי חולים\ מרפאות\מכונים)	
US - לימוד עקרונות הבדיקה, הדגמת ציוד שבשימוש, יתרונות וחסרונות.	
ניסוי 11- סורקים (הדגמה בבתי חולים\ מרפאות\מכונים)	
MRI - לימוד עקרונות הבדיקה, הדגמת ציוד שבשימוש, יתרונות וחסרונות	
סה"כ שעות:	30

שעות	נושא
5	ניסוי 1 - תרגול שימוש בציוד מעבדה ובמערכי מדידה ובדיקה. הפעולות המתוארות להלן יבוצעו על כרטיס המיקרו בקר שבשימוש בכתה יא: שימוש בציוד בדיקה אלקטרוני מעבדתי, הפעלת משקף תנודות, הפעלת מחולל, בדיקת גלים מחזוריים בנקודות בדיקה במעגלים (TP), כתיבת תכניות בדיקה קצרות בלולאה. הזרקה של אותות לצמחים במטרה לתרגל בדיקת מכלולים
6	ניסוי 2 - מערכת משדר-מקלט מבוססת על IR שידור מידע מאופן למרחק מספר מטרים באמצעות מערכת משדר-מקלט הפועלת בתחום תדרי אינפרא אדום. הפעלת מכלולים במערכת, קבלת צורות גלים של גל נושא וגל מאופן, הצגתם על גבי מסך האוסצילוסקופ.
6	ניסוי 3 - תקשורת ספרתית בערוץ אנלוגי – המחשת שיטות מפתוח שימוש ברכיבים מוכללים, יצירת אותות בשיטות המפתוח הבאות: ASK, FSK, קבלת צורות גלים של גל נושא וגל מאופן, הצגתם על גבי מסך האוסצילוסקופ.
6	ניסוי 4 - חיבור רכיבים וחיישנים ביו רפואיים לכרטיס המיקרו בקר ובדיקתם הפעילות המתוארת כאן תתבצע לאחר חיבורם של רכיבים נוספים לכרטיס המיקרו בקר. המערכת הנבנית תכלול בקרה בחוג סגור של פרמטר ביולוגי/פיזיקלי מעולם התוכן של החלופה ביו-רפואה למשל, טמפרטורה\ לחץ דם\דופק\כמות אור\ מהירות\צפיפות (ריכוז) גז וכדומה. הפעולות הנדרשות כוללות: תכנון המעגלים, שרטוט חומרה, בנית המכלול כולל אמצעי תצוגה בדיקות עצמיות בזמן שהמערכת עולה ומימוש עם דיווח על תקלה בתצוגה המתאימה תיעוד התהליך בספר הפרויקט כולל רפלקציה
7	ניסוי 5 - תרגול מערך תקשורת בין כרטיסי מיקרו בקר הפעילות המתוארת כאן תקשר אלחוטית בין שני כרטיסי מיקרו בקר או בין כרטיס מיקרו בקר לאנדרואיד או בין מיקרו בקר למערכת המחוברת לרשת האינטרנט.

במהלך בצוע התקשורת יועברו נתונים בכוון אחד או בשני כוונים.

הנתונים יישמרו במבני נתונים ויבוצע עיבוד על המידע

תוך כדי העברת המידע הוא יוצג ויתקבל חיווי על תקינות התהליך

באמצעות רכיב תצוגה מתוך אלו הנלמדים בתוכנית הלימודים.
