

המחלקה להנדסה ביו-רפואית

חברי הסגל האקדמי

ראש המחלקה מזרחי יוסף	פרופסורים חבריים אדם דן גור משה קימל איתן
פרופסור מחקר ויס דניאל *	מרצים בכירים אזהרי חיים לבנברג שולמית לנדסברג אמיר סליקטר דרור
פרופסורים ביאר רפאל * גת יצחק דינר אורי זאבי יהושע * לניר יורם מזרחי יוסף מרמור אברהם * פלטי יורם * פרת הלל * שיצר אברהם *	פרופסורים אמריטי זידמן שמואל לוטן נח מרודס אליס

* בהשתייכות משנית

תאור היחידה

המחלקה להנדסה ביו-רפואית היא יחידה רב-תחומית בה עוסקים ביישום הידע והכלים של תחומי ההנדסה השונים לפיתוח שיטות אבחון וטיפול רפואיות ולחקר הבסיס הפיזיולוגי של מחלות. עם עליית רמת החיים ותוחלת החיים בעולם ועליית הדרישה לרמה גבוהה ולמגוון רחב של שרותי בריאות, עולה הדרישה למכשור ולמוצרים רפואיים חדשניים. במקביל, מתפתחת התעשייה הביו-רפואית והיא כיום בין המובילות ברמתה ובקצב גידולה. מגוון הפעילויות של התעשייה הביו-רפואית כולל תחומים כגון: איברים מלאכותיים, עזרים מלאכותיים ומשתלים, מכשור רפואי לאבחון וטיפול, ציוד לצנתור והדמיה רפואיים, הנדסה שיקומית, עזרי נכים, הנדסה ביוכימית והנדסת רקמות. בכל תחומי הפעילות, התעשייה הביו-רפואית היא עתירת ידע, מוטת ייצוא ומאופיינת בחדשנות, תחכום וחיפוש מתמיד אחר אתגרים חדשים.

המחלקה מהווה ישות טכנוניית עצמאית בתחומי ההוראה והמחקר. החל משנה"ל תש"ס המחלקה מקיימת מסלול לימודים לתואר ראשון. כמו-כן, מציעה המחלקה תכניות השתלמות לתארי מגיסטר ודוקטור לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים, עם מדעי הרפואה, הביולוגיה והביוטכנולוגיה. המחלקה מציעה קורסים ושטחי מחקר רבים ועדכניים בתחומים עיוניים וניסויים. במחלקה מעבדות מתקדמות בשטחים השונים ומערכות מחשבים מצוידות היטב.

נסיון העבר עם בוגרי תארים גבוהים של המחלקה להנדסה ביו-רפואית מלמד כי הם השתלבו בצורה מרשימה בתעשייה הביו-רפואית בארץ וכן בתעשיות אחרות. בוגרי המחלקה מאיישים תפקידי מפתח בקבוצות פיתוח, בייצור, בשיווק וביישום מוצרים בשרותי הבריאות וכן בחברות הזנק רבות בתעשייה הביו-רפואית המתפתחת כיום בקצב מהיר ביותר.

בנוסף לתעשייה הביו-רפואית קיימת פעילות ענפה במכוני מחקר ומוסדות אקדמיים בנושאים הדורשים ידע במספר תחומים הנדסיים וביולוגיים-רפואיים.

תארים

תואר ראשון (B.Sc.) - מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית
תואר זה מקנה את הזכות לרישום בספר המהנדסים ואת הבסיס להמשך השתלמות לתארים גבוהים. משך הלימודים לקבלת התואר הראשון הוא כ-4 שנים.

תואר שני (M.Sc.) - מגיסטר למדעים
ההשתלמות לתואר השני מיועדת להרחיב ולהעמיק את הידע וההתמחות בהנדסה ביו-רפואית. להשתלמות זו מתקבלים גם בוגרי פקולטות אחרות. המחלקה להנדסה ביו-רפואית מעניקה תואר מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית, תואר מגיסטר למדעים וכן תואר מגיסטר להנדסה (M.E) המוקנה ללא כתיבת תיזה.

תואר שלישי (Ph.D.) - דוקטור לפילוסופיה
ההשתלמות לתואר דוקטור מיועדת להכשיר את המשתלם להיות חוקר מדעי. במהלך ההשתלמות מבוצע מחקר יסודי בהיקף נרחב.

לימודי הסמכה

תכנית הלימודים מקנה לסטודנט רקע בסיסי ומעמיק במדעי יסוד וידע רחב בהנדסה (הנדסת חשמל, מחשבים, מכונות וכד'), במדעי החיים והרפואה. תשתית השכלתית מגוונת זו, המשולבת בהתמחות במספר נושאים, תאפשר לבוגר לתפוס מקום מרכזי בתחומי פעילות שונים בתעשיית ההיי-טק על תחומיה השונים, במכוני מחקר ביו-רפואי, בבתי חולים פרטיים וציבוריים ובארגוני בריאות ממשלתיים ובינלאומיים.

תכנית הלימודים מורכבת מקורסי חובה וממגוון רחב של קורסי בחירה. קורסי החובה הם במדעי היסוד (מתמטיקה, פיסיקה, כימיה ומחשבים), במדעי החיים (אנטומיה, ביוכימיה, ביולוגיה של התא ופיסיולוגיה), במקצועות הנדסיים (המיועדים לתת בסיס הנדסי רחב במכניקה, באלקטרוניקה ובקרה, בביוחומרים ובתופעות הסעה) ובמקצועות מחלקתיים המעמיקים את הידע ומרחיבים את היריעה בכיוון ההנדסה הביו-רפואית (תופעות ביו-חשמליות, בקרה פיזיולוגית, מכניקה של תאים ורקמות וכד'). כמו כן, נכללים במקצועות החובה המחלקתיים שני קורסי מעבדה בהנדסה ביו-רפואית, קורסי תכן ותכן מערכתי, ושני קורסי פרויקט בהם מיישם הסטודנט ידע הנדסי שרכש, בתכן של מכשור ומערכות ביו-רפואיות. הפרויקטים מתבצעים בשיתוף פעולה עם התעשייה הביו-רפואית. שנת הלימודים הרביעית כוללת קורס פרויקט הנדסי קליני במחלקות קליניות בבתי החולים. קורס זה נועד להכין את הבוגר לעבודה בסביבה הנדסית/קלינית.

קבוצות התמחות

רשימת מקצועות הבחירה מורכבת מקורסים מקבוצות ההתמחות הבאות:

1. הדמיה ומכשור רפואי: מכשור דיאגנוסטי וטיפול, טכניקות לא חודרניות, טכניקות הדמיה, עיבוד אותות ועיבוד תמונות ברפואה, בקרה פיזיולוגית, שימושי אופטיקה ואולטראסאונד בהדמיה וטיפול ועוד.

2. מערכות ביומכניות: מערכות השלד, השרירים והמפרקים, ביומכניקה אורטופדית ושיקומית, הנדסת הרקמה והתא, איברים ועזרים מלאכותיים, מערכות זרימה ביולוגית, מערכות נשימה, מערכות ביו-חיישנים.

3. ביוחומרים וביוטכנולוגיה: הנדסה ביוכימית, הנדסה מולקולרית, הנדסת רקמות, ביוסנסורים, איברים מטבוליים מלאכותיים, שחרור מבוקר של תרופות.

כל סטודנט יבחר קורסים מתוך 2 רשימות מוצעות: קורסים בהיקף של 20 נקודות מרשימת **מקצועות הליבה** וקורסים בהיקף של 10 נקודות מרשימת **מקצועות ההתמחות**. על כל קבוצת התמחות מופקד יועץ, שניתן להתייעץ עמו בבחירת הקורסים.

תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 161.5 נקודות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	121.5 נק'
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי	30.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית	10.0 נק'

ה'-הרצאה, ת'-תרגיל, מ'-מעבדה, נק'-נקודות

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
4	2	-	5.0	אלגברה 1 מ'
4	2	-	5.0	חדו"א 1 מ'
3	1	-	3.5	פיסיקה 1 מ'
2	-	-	2.0	מבוא לאנטומיה מיקרו' ומאקרו'
2	2	3	3.5	כימיה כללית + מעבדה
-	-	-	1.0	חינוך גופני
			20.0	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
2	1	-	2.5	משוואות דיפרנציאליות רגילות ח'
4	2	-	5.0	חדו"א 2 מ'
3	1	-	3.5	פיסיקה 2
-	-	3	1.0	מעבדה בפיסיקה 1 ח'
2	1	-	2.5	מבוא לתהליכים ביולוגיים
2	1	-	2.5	כימיה אורגנית 1 ב'
2	2	2	4.0	מבוא למחשב שפת C+
				או
2	2	2	4.0	מבוא למדעי המחשב
			21.0	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
2	1	-	2.5	טורי פוריה
2	1	-	2.5	פונקציות מרוכבות
2	1	-	2.5	משוואות דיפרנציאליות חלקיות
2	1	-	2.5	כימיה פיסיקלית 1 ב'
2	1	-	2.5	יסודות הביוכימיה והאנוימולוגיה
3	2	-	4.0	מכניקת מוצקים 1
3	1	-	4.0	תורת המעגלים החשמליים
			20.5	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
-	-	5	2.0	מעבדה בכימיה פיסיקלית לכימאים
2	2	-	3.0	ביופיסיקה וניורופיסיולוגיה למהנדסים
3	2	-	4.0	מכניקת זורמים ביולוגיים
2	2	-	3.0	מבוא לביומכניקה של תנועה
3	1	-	4.0	אותות ומערכות
3	-	-	3.0	אנגלית טכנית
1	-	-	1.0	מפגשים עם התעשייה הביו-רפואית
-	-	-	1.0	חינוך גופני
			21.0	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
4	2	-	5.0	הסתברות וסטטיסטיקה מ'
2	1	-	2.5	מבוא להנדסת חומרים
2	2	-	3.0	פיסיולוגיה של מערכות הגוף למהנדסים
3	2	-	4.0	תכן ביומכני בסיסי
3	2	-	4.0	יסודות תכן ביו-חשמלי קורסי בחירה

מעבדות ועזרי למידה

למחלקה להנדסה ביו-רפואית שורה של מעבדות ועזרי למידה מתקדמים, אשר עומדים לרשות הסטודנטים בנוסף לספריה מחלקתית, חוות מחשבים ובתי מלאכה:

- **המעבדה להדמיה רפואית** - פיתוח שיטות הדמיה חדשות ושיפור מערכות קיימות (ULTRASOUND, MRI וכו').
- **המעבדה לביומכניקה אורתופדית ושיקומית** - חקירת התפקוד המכני של מערכת השלד - שרירים - מפרקים במצבים נורמליים ופתולוגיים.
- **המעבדה למכניקה ותפקוד של איברים ורקמות** - מכניקת הלב, הזרימה הקורונרית, מכניקת תאים ורקמות.
- **מכון הלב** - הפעילות החשמלית והמכנית של הלב, מהרמה המולקולרית ועד לתיפקוד האיבר כולו כחלק ממערכות הגוף.
- **מרכז מחקר לביוחומרים** - חומרים שאינם יוצרים דחיה, תחליפי דם, שחרור מבוקר של תרופות באמצעות מולקולות מושתלות.
- **המעבדה לעיבוד אותות פיזיולוגיים** - פיתוח שיטות מדידה משוכללות ע"י עיבוד אותות ECG, EEG וכו'.
- **המעבדה למפרקים וסחוס** - חקירת תכונות מכניות והסיבות להזדקנות רקמות אלו.
- **המעבדה לקרדיולוגיה מולקולרית** ולחקר רקמות אקסיטביליות.
- **המעבדה לשימושי לייזר** בהנדסה ביו-רפואית.
- **המעבדה לחקר הראיה** - חקירת מרכזי הראיה במוח, ראית צבעים וכו'.
- **המעבדה לביו-זרימה** - זרימה בעורקים ובורידים, השפעת חסימות והצריות ומדידתן בצורה פולשנית ולא-פולשנית.
- **המעבדה לאולטראסאונד** - פיתוח שיטות לעיבוד אותות ותמונות אולטראסוניות לאבחון ובקרה של טיפולים. שימושים בחומרי ניגוד לאבחנה וטיפול ממוקדים.
- **המעבדה להנדסת רקמות קרדיוסקולריות** - הנדסת כלי דם ושריר הלב, פיתוח ביו-ראקטורים לרקמות, גרוי ביומכני של רקמות מהונדסות, תכנון מטריצות לגידול תאים.
- **המעבדה לאולטראסאונד טיפולי וביומכניקה של מערכת הדם** - חקר ההשפעות הרפואיות של אולטראסאונד על מערכת הדם. פיתוח שיטות אבחון לתכונות מכניות של תאים ורקמה במערכת הדם.

קבלה

אופיה הרב-תחומי של ההנדסה הביו-רפואית מתאים במיוחד למועמדים בעלי התעניינות רחבת אופקים ורצון לשלב ידע בתחומים שונים של מדעים מדויקים ורפואה. במקרים רבים ימצא המהנדס הביו-רפואי כי עליו להוות גשר בין עולם ההנדסה לבין עולם הרפואה. אי לכך חייב המהנדס הביו-רפואי להיות בעל כושר לשלב חשיבה אנליטית עם יכולת אינטגרטיבית, בתוספת מידה ניכרת של סקרנות, מקוריות מחשבתית ויצירתיות.

2.0	6	-	-	מעבדה לשיטות בהנדסת ביוחומרים	336511
2.0	6	-	-	מעבדה למערכות בהנדסה ביוכימית	336512
3.0	-	2	2	מעבר חום במערכות ביולוגיות	336518
2.5	-	1	2	שתלים אורטופדיים	336520
3.5	-	1	3	עקרונות הנדסיים של המערכת הקרדיוסקולרית	336521
2.5	-	1	2	מכשור רפואי - סטנדרטים ובטיחות	336523
2.5	-	1	2	ניתוח הנדסי של מערכות נשימה	336530
2.5	-	1	2	תורת הרטט	034011
3.5	-	1	3	תרמודינמיקה 1	034012
3.0	-	2	2	תכן מכני 2	034016
2.0	3	-	-	פרויקט תכן מכני 2	034018
3.0	-	2	2	אנליזה נומרית מ'י	034033
2.5	-	1	2	מבוא לרובוטיקה	035001
3.0	-	2	2	תכן ויצור של התקנים מיקרו-מכניים	035021
3.0	-	3	2	אלמנטים סופיים לאנליזה הנדסית	035022
3.0	-	-	3	שיטות אלמנטים סופיים בהנדסה 1	036015
3.0	-	-	3	רשתות עצביות לבקרה ודיאגנוסטיקה	036049
3.0	-	1	2	מכשור אלקטרוני	044294
3.0	-	1	2	שיטות חישוב באופטימיזציה	046197
3.0	-	1	2	עיבוד וניתוח תמונות	046200
3.0	-	1	2	מבוא לעיבוד אותות אקראיים	046201
3.0	-	1	2	מערכות ראייה ושמיעה	046332
2.0	-	-	2	חומרים בהנדסה ביו-רפואית	315018

18.5					
סמסטר 6					
3.0	-	-	3	מתא לרקמה	134070
2.0	4	-	-	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 1	334012
3.5	-	1	3	תופעות מעבר במערכות פיסיולוגיות קורסי בחירה	336403
8.5					
סמסטר 7					
2.0	4	-	-	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 2	334013
4.0	12	-	-	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 1 קורסי בחירה	334014
6.0					
סמסטר 8					
2.0	3	-	1	פרויקט קליני-הנדסי	334016
4.0	12	-	-	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 2 קורסי בחירה	334015
6.0					

קורסי בחירה בקבוצות ההתמחות

1. מקצועות הליבה (יש לבחור 20 נקודות)

1. הדמיה ומכשור רפואי					
2.5	-	1	2	תופעות ביוחשמליות	334017
2.5	-	1	2	שיטות באנליזה של אותות ביולוגיים	336208
2.5	-	1	2	עקרונות הדמיה ברפואה	336502
3.0	-	2	2	מבוא לבקרה המערכת ביו-רפואיות	*336522
3.0	-	1	2	מבוא לעיבוד ספרתי של אותות	044198
3.0	-	1	2	אותות אקראיים	044202
2. ביומכניקה ואיברים מלאכותיים					
2.0	-	1	2	זרימה במערכות ביולוגיות	336305
2.5	-	1	2	ביומכניקה שיקומית	336506
2.5	-	1	2	ביומכניקה של רקמות	336509
3.0	-	2	2	מבוא לבקרה במערכות ביו-רפואיות	*336522
3. ביוחומרים וביוטכנולוגיה					
2.0	-	-	2	יסודות הנדסיים בביוטכנולוגיה ובביוטכנולוגיה	336405
2.5	-	1	2	ביו-הנדסה של התא	336517
2.5	-	1	2	שחרור מבוקר של תרופות	336528
2.5	-	1	2	תחליפים ביולוגיים והנדסת רקמות	336529

* מומלץ ביותר מקבוצת התמחות אחת.

2. מקצועות ההתמחות (יש לבחור 10 נקודות)

2.0	-	-	2	המוח והמחשב	334303
3.0	-	2	2	יצירתיות בביו-הנדסה	334332
2.5	-	1	2	נתוח תהליכים במערכת הראיה	336214
3.0	-	2	2	איברים מלאכותיים	336314
2.5	-	1	2	אולטראסאונד ברפואה	336325
2.0	-	-	2	ביוחומרים	336401
2.5	-	1	2	סיווג ואישכול בזהוי תבניות ביולוגיות	336501
2.0	-	-	2	עקרונות תהודה מגנטית	336504
2.0	-	-	2	מכניקה של מערכות השלד והמפרקים	336507
2.0	-	-	2	ביופיסיקה של רקמות חיבור	336508
2.0	-	-	2	מבוא למכניקה ומבנה של רקמות	336510



