

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית

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 ראשון כפול (B.Sc.) - מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית ופיסיקה
מסלול משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לפיסיקה. משך הלימודים לקבלת התואר הראשון הכפול הוא כ- 4 שנים.

תואר כפול (B.Sc.) - מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית, תואר "בוגר" (BA) ברפואה ותואר MD ברפואה.
מסלול משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לרפואה בטכניון. משך הלימודים לקבלת התואר הראשון הוא כ- 8 שנים בלבד במקום 11 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. הפקולטה 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 עצמאי. 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, מאפשרת 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 במגמות. קורסי החובה הם במדעי היסוד (מתמטיקה, פיסיקה, כימיה ומחשבים), במדעי החיים (אנטומיה, ביוכימיה, ביולוגיה של התא ופיסיולוגיה), במקצועות הנדסיים המיועדים לתת בסיס הנדסי רחב (אותות ומערכות, תכן חשמלי, יסודות המכניקה, תכן מכני, ביו-חומרים, תופעות מעבר ויסודות אופטיקה. כמו כן, נכללים במקצועות החובה הפקולטיים מקצועות שמטרתם להעניק לסטודנט נסיון מעשי ומעבדתי ולעודד את היצירתיות, ביניהם 4 קורסי מעבדה בהנדסה ביו-רפואית ו- 2 קורסי פרויקט בתעשייה, בהם מיישם הסטודנט ידע הנדסי שרכש בתכן של מכשור ומערכות ביו-רפואיות. בנוסף, מתקיים קורס פרויקט קליני/הנדסי במחלקות קליניות בבתי החולים, שחושף בפני הסטודנט את הסביבה הקלינית ומעלה צרכים הנדסיים הדורשים מענה. באמצעות קורס זה ניתן ליזום נושאים לקורס הפרויקט ההנדסי המתקיים בשנה הרביעית, המתבצע בשיתוף פעולה עם התעשייה הביו-רפואית.

חברי הסגל האקדמי

דיקן הפקולטה לנדסברג אמיר	פרופסורי משנה ויס דפנה יניב יעל קורין נתנאל שניטמן גיוזואה
פרופסורים ביאר רפאל * ברוקשטיין אלפרד * דרבן דוד * מלר עמית מרמור אברהם * פרת הלל *	פרופסורים אמריטי אדם דן גת יצחק דינר אורי לוטן נח לניר יורם מזרחי יוסף מרודס אליס
פרופסורים חבריים אזהרי חיים גור משה ילין דביר לבנברג שולמית לנדסברג אמיר סליקטר דרור קימל איתן שהם שי	* בהשתייכות משנית

תאור היחידה

הפקולטה 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 למערכות רפואיות ולמכשור חדשניים. במקביל, תעשיית ההיטק הביו-רפואית הינה בין המובילות ברמתה ובקצב גידולה. מגוון הפעילויות של התעשייה הביו-רפואית כולל תחומים כגון: איברים מלאכותיים, עזרים מלאכותיים מושתלים, מכשור רפואי לאבחון וטיפול, ציוד לצנתור והדמיה רפואיים, הנדסה שיקומית, עזרי נכים, הנדסה ביוכימית והנדסת רקמות. התעשייה הביו-רפואית בארץ ובעולם היא עתירת ידע, מוטת ייצוא ומאופיינת בחדשנות, תחכום וחיפוש מתמיד אחר אתגרים חדשים.

החל משנה"ל תש"ס מקיימת הפקולטה מסלול לימודים לתואר ראשון ובו מסלולים מגוונים ויחודיים. כמו-כן, מציעה הפקולטה תכניות השתלמות לתארי מגיסטר ודוקטור לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים, עם מדעי הרפואה, הביולוגיה והביוטכנולוגיה. הפקולטה מציעה קורסים ושטחי מחקר רבים ועדכניים בתחומים עיוניים וניסויים. בפקולטה מעבדות מתקדמות בשטחים השונים ומערכות מחשבים מצוידות היטב.

בוגרי הפקולטה להנדסה ביו-רפואית משתלבים בצורה מרשימה בתעשייה הביו-רפואית וכן בתעשיות אחרות. הבוגרים מאיישים תפקידי מפתח בקבוצות פיתוח, בייצור, בשיווק וביישום מוצרים בשרותי הבריאות וכן בחברות הזנק (Startup) 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.

תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 160.0 נקודות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	113.0 נק'
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי	37.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית: 6.0 נק' העשרה	10.0 נק'
4.0 נק' בחירה חופשית	

ה²- הרצאה, ת²- תרגיל, מ²- מעבדה, נק²- נקודות

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
4	2	-	5.0	אלגברה 1 מ'
4	3	-	5.5	חדו"א 1 ת'
2	2	-	3.0	כימיה כללית
2	2	2	4.0	מבוא למחשב שפת C
-	2	-	1.0	חינוך גופני
<hr/>				
18.5				

בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מגמות" 334021 (1.0 נק') במסגרת בחירה חופשית

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
2	1	-	2.5	מד"ר ת'
4	3	-	5.5	חדו"א 2 ת'
3	1	-	3.5	פיסיקה 1 מ'
3	-	-	3.0	ביולוגיה 1
2	1	-	2.5	כימיה אורגנית 1 ב'
3	-	-	3.0	אנגלית טכנית מתקדמים ב'
<hr/>				
20.0				

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
3	2	-	4.0	פונקציות מרוכבות והתמרות אינטגרל'
3	2	-	4.0	מד"ח וטורי פורייה
3	1	-	3.5	פיסיקה 2
-	-	3	1.0	מעבדה בפיסיקה 1 ח'
2	-	-	2.0	מבוא לאנטומיה מיקרו' ומאקרו'
2	1	-	2.5	מבוא לביוכימיה ואנזימולוגיה
2	1	-	2.5	כימיה פיסיקלית 1 ב'
-	2	-	1.0	חינוך גופני
<hr/>				
20.5				

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
2	2	-	3.0	ביופיסיקה ונוירופיסיולוגיה למהנדסים
2	1	-	2.5	תהליכים ביולוגיים
2	1	-	2.5	יסודות של חומרים רפואיים
2	2	-	3.0	מכניקת זורמים ביולוגיים
3	2	-	4.0	יסודות הביומכניקה
3	1	-	4.0	תורת המעגלים החשמליים
<hr/>				
19.0				

בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מפגשים" 334331 (1.0 נק') במסגרת בחירה חופשית

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
2	2	-	3.0	פיסיולוגיה של מערכות הגוף למהנדסים
2	1	-	2.5	מותא לרקמה
3	1	-	4.0	אותות ומערכות
2	2	-	3.0	תופעות מעבר במערכות פיסיולוגיות
2	2	-	3.0	יסודות תכן ביו-חשמלי
<hr/>				
15.5				

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 מגשר המהנדס הביו-רפואי 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.

מעבדות ועזרי למידה

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

- מעבדה לביופיסיקה של מולקולות בודדות וננו-ביוטכנולוגיה פרופ' עמית מלר

- מעבדה לביו-זורמים פרופ"מ ג'וזואה שניטמן

- מעבדה לקרדיולוגיה מולקולרית, תאית, ומערכתית פרופ"ח אמיר לנדסברג

- מעבדה להתמיינות תאי גזע והנדסת רקמות פרופ"ח שולמית לבנברג

- מעבדה להנדסת רקמות פרופ"ח דרור סליקטר

- מעבדה להנדסת ממשקים עצביים פרופ"ח שי שהם

- מעבדה לדימות רפואית פרופ"ח חיים אזהרי

- מעבדה לחקר הראיה פרופ"ח משה גור

- מעבדה לביומכטרוניקה שיקומית וביומכניקה אורתופדית פרופ' יוסף מזרחי

- מעבדה לעבוד והדמיית אותות ותמונות באולטרסאונד פרופ' דן אדם

- מעבדה למכניקה ותפקוד של אברים ורקמות פרופ' יורם לניר

- מעבדה למיקרו זרימה פרופ' אורי דינר

- מעבדה לאולטרסאונד טיפולי וביומכניקה של התא פרופ"ח איתן קימל

- מעבדה לביו-מיקרו-ריאולוגיה פרופ"מ דפנה ויס

- מעבדה לאופטיקה ביו-רפואית פרופ"ח דביר ילין

- מעבדה לביוחומרים פרופ' נח לוטן

- מעבדה לעיבוד אותות ביולוגיים וזיהוי של תבניות ביולוגיות פרופ' יצחק גת

- מעבדה לביוכימיה פיסיקלית של רקמות חיבור פרופ' אליס מרודס

המסלול לתואר כפול הנדסה ביו-רפואית - רפואה

מסלול לימודים משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לרפואה בטכניון. התכנית מיועדת לסטודנטים מצטיינים, אשר בנוסף להכשרתם כמהנדסים מעוניינים להשתלב בלימודי הרפואה. מסלול יחודי זה מקנה תואר משולב: מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית, תואר "בוגר" (BA) ברפואה ותואר ברפואה MD וזאת לאחר 8 שנות לימוד בלבד במקום 11 שנים.

מטרת המסלול היא להכשיר את טובי המדענים/רופאים אשר יהיו בעלי ידע מעמיק הן בהנדסה והן ברפואה, שיוכלו להוביל מחקרים, פיתוחים ויישומים קליניים בשטחי הרפואה, האקדמיה והתעשייה. הרפואה המודרנית, בצידה האבחנתי ובצידה הטיפולי, הופכת למורכבת יותר ויותר, עקב הידע הרב המצטבר ומורכבות השיטות, הציוד והמכשור המשמשים לטיפול ולאבחנה. כיוון שנושא הרפואה תופס מקום יותר ויותר חשוב בחינוך, והמשאבים הכלכליים והאנושיים, הלאומיים והאישיים המופנים לנושא זה הולכים וגדלים, קיים צורך הולך וגובר גם בכוח אדם מיומן. כמוכן שגם תעשיית ההיי-טק מתפתחת בקצב מהיר בכיוון זה, וכיום 45% מחברות ההיזק בארץ עוסקות בפיתוח ומוצרים רפואיים וביוטכניים. האנשים המובילים היום בעולם המערבי במחקר, בפיתוח ובקליניקה הרפואית הם ברובם בעלי השכלה משולבת – הנדסית/מדעית ורפואית.

בתכנית ילמדו סטודנטים שהתקבלו ללימודי רפואה אשר מעוניינים בלימודים בדגש הנדסי וכן סטודנטים בעלי סכס גבוה, המעוניינים בתואר הכפול, שלא התקבלו לרפואה.

תאור התכנית:

- בשנתיים הראשונות נלמד הבסיס במדעים מדויקים, בהנדסה, במדעי החיים וברפואה.

- לסטודנטים שלא התקבלו ישירות לרפואה, המעבר לשנה ג' בתכנית מותנה בקבלה לפקולטה לרפואה, בהתבסס על ההישגים בשנתיים הראשונות, עם דגש על מקצועות מתחום מדעי החיים ורפואה.

- סטודנטים שלא יתקבלו לרפואה יסיימו תואר בהנדסה ביו-רפואית והקורסים העודפים שלמדו יחשבו לקורסי מגמה.

- בשנה השלישית יושלמו כל המקצועות מהשנתיים הראשונות ברפואה, במקביל ללימודי ההנדסה.

- בשנה הרביעית יחזור הסטודנט לקמפוס הטכניון לשנה שכולה לימודי הנדסה, לצורך השלמת התואר בהנדסה.

- בסוף שנה ג' במסלול ניתן להמשיך ברפואה ולסיים רפואה לאחר 7 שנים או להמשיך בשנה ד' בהנדסה ביו-רפואית ואחריה להמשיך בלימודי הרפואה.

תוכנית הלימודים

מעבר לשנה ג' מותנה בקבלה לפקולטה לרפואה. בסוף שנה ג' במסלול ניתן להיכנס לשנה ג' ברפואה (רפואה ב- 7 שנים), או ללמוד שנה ד' בהנדסה ביו-רפואית ולאחריה להמשיך לשנה ג' ברפואה (רפואה והנדסה ביו-רפואית ב- 8 שנים).

סטודנטים שלא יתקבלו לרפואה יצברו את הנקודות העודפות כמגמה בבחירה הפקולטית.

על מנת להשלים את התואר הכפול יש לצבור 172.0 נקודות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	נק'
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי	22.5 נק'
מקצועות בחירה חופשית	--
סה"כ נקודות לקבלת התואר הכפול	172.0 נק'

מגמת הנדסת רקמות וביו-חומרים

במגמה זו חובה ללמוד -
לפחות 2 מהקורסים במסומנים ב- *

336021 ננו-חלקיקים בביוולוגיה, מכניקה וריאולוגיה
336517 ביו-הנדסה של התא
336528 שחרור מבוקר של תרופות
336529 הנדסת רקמות ותחליפים ביולוגיים

לפחות 1 מהקורסים המסומנים ב-

094480 מבוא להסתברות לסטטיסטיקה
104034 מבוא להסתברות ח'

ה'	ת'	מ'	נק'	קורס
2	1	-	2.5	336021 * ננו-חלקיקים בביוולוגיה, מכניקה וריאולוגיה
2	1	-	2.5	336517 * ביו-הנדסה של התא
2	1	-	2.5	336528 * שחרור מבוקר של תרופות
2	1	-	2.5	336529 * הנדסת רקמות ותחליפים ביולוגיים
3	1	-	3.5	# 104034 מבוא להסתברות ח'
3	2	-	3.5	094480 * מבוא להסתברות וסטטיסטיקה
3	1	-	3.5	094423 מבוא לסטטיסטיקה
2	1	-	2.5	336214 ניתוח תהליכים במערכת הראיה
2	1	-	2.5	336326 ניתוח נתונים ושערוך פרמטרים
2	-	-	2.0	336401 ביו-חומרים
2	1	-	2.5	336405 יסודות הנדסיים בביוולוגיה ובביוטכ'
2	1	-	2.5	336509 ביומכניקה של רקמות
2	1	-	2.5	336520 שתלים אורטופדיים ותחליפי רקמה
3	1	-	3.5	336521 עקרונות הנדסיים של המערכת הקרדיוסקולרית
2	1	-	2.5	336531 עקרונות של חיישנים ביומכניים
2	1	-	2.5	336538 ביו-הנדסה של מולקולות
2	2	-	3.0	035021 תכנן ויצור של התקנים מיקרו-מכניים
2	1	-	2.5	054413 פולימרים וישומיהם בביוטכנולוגיה
3	1	-	3.5	134020 גנטיקה
2	1	-	2.5	134082 ביולוגיה מולקולארית
2	1	-	2.5	134119 בקרת הביטוי הגנטי
3	-	-	3.0	134121 מיקרוביולוגיה ווירולוגיה
2	-	-	2.0	134137 תאי גזע
2	1	-	2.5	136105 ביולוגיה של ההתפתחות
4	-	-	4.0	276413 אימונולוגיה בסיסית

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

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 6
2	2	-	3.0	בהנדסה ביו-רפואית יסודות אופטיקה ופוטוניקה 336533
2	2	-	3.0	תכן ביומכני בסיסי 335010
-	-	4	2.0	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 1 335001
2	2	-	3.0	מכניקת זורמים ביולוגיים 335009
ברפואה				
4	-	3	4.5	אנטומיה 2 274114
4	-	-	4.0	ביוכימיה קלינית 276310
-	1	2	1.0	מעבדה בביוכימיה קלינית 274237

20.5

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 7
-	-	-	-	בהנדסה ביו-רפואית
-	-	4	2.0	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 2 335002
2	2	-	3.0	תופעות מעבר במערכות פיסיולוגיות 337403
-	-	9	3.0	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 1 335014
קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית *				
10.0				

18.0

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 8
-	-	-	-	בהנדסה ביו-רפואית
-	-	4	2.0	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 3 335003
-	-	9	3.0	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 2 335015
קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית *				
12.5				

17.5

*** קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית:**

- על הסטודנט ללמוד 22.5 נקודות בחירה ולהשלים לפחות מגמה 1 מתכנית הלימודים של הפקולטה להנדסה ביו-רפואית.

- על הסטודנט ללמוד סטטיסטיקה באחד מהקורסים הבאים: מבוא להסתברות וסטטיסטיקה (094480) או מבוא לסטטיסטיקה (094423) או ביוסטטיסטיקה (274219).

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
4	2	-	5.0	בהנדסה ביו-רפואית אלגברה 1 מ' 104016
4	3	-	5.5	חדו"א 1 ת' 104012
2	2	2	4.0	מבוא למחשב שפת C 234112
-	2	-	1.0	חינוך גופני 394800
ברפואה				
2	2	-	3.0	כימיה כללית 125001
4	1	-	4.5	התא לרפואנים 274137
2	-	-	1.5	מהי פילוסופיה 324300

24.5

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
3	1	-	3.5	בהנדסה ביו-רפואית פיסיקה 1 מ' 114071
2	1	-	2.5	מד"ר ת' 104135
4	3	-	5.5	חדו"א 2 ת' 104013
-	-	3	1.0	מעבדה בפיסיקה 1 ח' 114032
4	-	-	3.0	אנגלית טכנית מתקדמים ב' 324033
-	2	-	1.0	חינוך גופני 394800

ברפואה

2	1	-	2.5	חשיבה וקבלת החלטות 096617
4	2	-	5.0	כימיה אורגנית רבי"מ 125802

24.0

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
3	1	-	3.5	בהנדסה ביו-רפואית פיסיקה 2 114052
3	2	-	4.0	פונקציות מרוכבות והתמרות אינטג' 104221
3	2	-	4.0	מד"ח וטורי פורייה 104223
ברפואה				
3	2	-	4.0	כימיה פיסיקלית ר' 124510
4	1	-	4.5	תורשת האדם 274223
1	-	3	2.0	מבוא לרפואה דחופה 274109

22.0

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
3	2	-	4.0	בהנדסה ביו-רפואית יסודות הביומכניקה 334222
3	1	-	4.0	תורת המעגלים החשמליים 044105
2	1	-	2.5	יסודות של חומרים רפואיים 334221
ברפואה				
4	-	3	5.0	אימונולוגיה 274230
2	-	-	1.5	סוגיות בפילוסופיה של מדעי החיים 324397
3	1	1	4.0	ביופיסיקה ר' 274236
2	-	-	1.5	אנתרופולוגיה חברתית 324803

22.5

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
3	1	-	4.0	בהנדסה ביו-רפואית אותות ומערכות 044130
2	2	-	3.0	יסודות תכן ביו-חשמלי 335011
ברפואה				
7	1	3	8.5	מורפולוגיה האדם 274240
5	2	-	6.0	ביוכימיה כללית ר' 274238
2	-	-	1.5	פסיכולוגיה וסוציולוגיה 1 לרפואה 274232

23.0

תואר כפול

הנדסה ביו-רפואית

פיסיקה

מסלול הלימודים המשותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לפיסיקה בטכניון הינו תכנית חדשנית המיועדת למספר מצומצם של סטודנטים מצטיינים*, המעוניינים לפתח ידע מדעי וטכנולוגי בתחומי ההנדסה הביו-רפואית בשילוב עם ידע והבנה פיסיקליים עמוקים יותר של תופעות וכלי מחקר מודרניים בהנדסה ביו-רפואית. מסלול ייחודי זה מקנה תואר כפול: מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית ו- מוסמך למדעים B.Sc. בפיסיקה, במסלול הנמשך כ- 4 שנים. בנוסף להכשרה בהנדסה הביו-רפואית, המסלול כולל קורסי חובה רחבים במכניקה אנליטית ובפיסיקה קוונטית, סטטיסטית ואלקטרו-מגנטית ואפשרויות בחירה רבות בין קורסים רלוונטיים הן בפיסיקה והן בהנדסה ביו-רפואית.

מטרת המסלול היא להכשיר מהנדסים/מדענים אשר יהיו בעלי ידע מעמיק הן בהנדסה הביו-רפואית והן בפיסיקה. ראיה משולבת-רחבה כזו נדרשת כיום במידה גוברת בחזית הפיתוח של מכשור ביו-רפואי המסתמך על תופעות פיסיקליות מורכבות, למשל בתחומי האופטיקה הביו-רפואית, הדימות הגרעיני והמגנטי והנגו-רפואה. כמו-כן, נושאי מחקר ביו-רפואיים מתקדמים רבים מסתמכים כיום במידה רבה מאוד על כלים ניסיוניים ותיאורטיים מתקדמים שפותחו במקור בפיסיקה, ומסתמכים על ידע פיסיקלי והנדסי מתקדם.

*יתכנו חפיפות בין קורסים בתכנית /או בין בחינות. על הסטודנטים יהיה לדאוג להשלמות בהתאם.

תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 176.5 נקודות

לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	136.5 נק'
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי	30.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית: 6.0 נק' העשרה	10.0 נק'
4.0 נק' בחירה חופשית	

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

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

סמסטר 1	ה'	ת'	מ'	נק'
104016 אלגברה 1 מ'	4	2	-	5.0
104012 חדו"א 1 ת'	4	3	-	5.5
114074 פיסיקה 1 פ'	4	2	-	5.0
125001 כימיה כללית	2	2	-	3.0
# 234112 מבוא למחשב שפת C	2	2	2	4.0
* 044102 בטיחות במעבדות חשמל	4	-	-	0.0
22.5				

* חד פעמי במהלך הסמסטר בהתאם להנחיות שיפורסמו בנפרד

יוכר גם 234111 מבוא למדעי המחשב (4.0 נק')

בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מגמות"

334021 (1.0) במסגרת בחירה חופשית

סמסטר 2	ה'	ת'	מ'	נק'
134058 ביולוגיה 1	3	-	-	3.0
104135 מד"ר ת'	2	1	-	2.5
104013 חדו"א 2 ת'	4	3	-	5.5
114076 פיסיקה 2 פ'	4	2	-	5.0
114032 מעבדה בפיסיקה 1 ח'	-	-	3	1.0
124801 כימיה אורגנית 1 ב'	2	1	-	2.5
324033 אנגלית טכנית מתקדמים ב'	3	-	-	3.0
22.5				

סמסטר 3	ה'	ת'	מ'	נק'
274001 מבוא לאנטומיה מיקרו ומאקרו'	2	-	-	2.0
104034 מבוא להסתברות ח'	3	1	-	3.5
104223 מד"ח וטורי פוריה	3	2	-	4.0
104221 פונקציות מרוכבות והתמרות אינט'	3	2	-	4.0
134019 מבוא לביוכימיה ואנזימולוגיה	2	1	-	2.5
114030 מעבדה לפיסיקה 2 מח'	-	-	3	1.0
114101 מכניקה אנליטית	3	2	-	4.0
114086 גלים	3	1	-	3.5
24.5				

סמסטר 4	ה'	ת'	מ'	נק'
336537 ביופיסיקה וניורופיסיולוגיה למהנדסים	2	2	-	3.0
336004 תהליכים ביולוגיים	2	1	-	2.5
335009 מכניקת זורמים ביולוגיים	2	2	-	3.0
334222 יסודות הביומכניקה	3	2	-	4.0
044105 תורת המעגלים החשמליים	3	1	-	4.0
115203 פיסיקה קוונטית 1	4	2	-	5.0
21.5				

בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מפגשים" 334331 (1.0 נק') במסגרת בחירה פקולטית

סמסטר 5	ה'	ת'	מ'	נק'
115204 פיסיקה קוונטית 2	4	2	-	5.0
044130 אותות ומערכות	3	1	-	4.0
276011 פיסיולוגיה של מערכות הגוף למהנדסים	2	2	-	3.0
337403 תופעות מעבר במערכות פיסיולוגיות	2	2	-	3.0
335011 יסודות תכן ביו-חשמלי	2	2	-	3.0
394800 חינוך גופני	-	-	-	1.0
19.0				

סמסטר 6	ה'	ת'	מ'	נק'
114245 תורה אלקטרומגנטית	3	1	-	4.0
115211 פיסיקה סטטיסטית ותרמית	3	2	-	4.0
335010 תכן ביומכני בסיסי	2	2	-	3.0
335001 מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	4	2.0
394800 חינוך גופני	-	-	-	1.0
קורסי בחירה פקולטיים				
14.0				

סמסטר 7	ה'	ת'	מ'	נק'
335002 מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 2	-	-	4	2.0
335014 פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	-	3.0
114031 מעבדה לפיסיקה 4 מח'	1	-	3	2.5
קורסי בחירה פקולטיים				
7.5				

סמסטר 8	ה'	ת'	מ'	נק'
335003 מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 3	-	-	4	2.0
335015 פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 2	-	-	9	3.0
קורסי בחירה פקולטיים				
5.0				

קורסי בחירה פקולטית

יש לצבור 30.0 נק':

1-2 מהקורסים מקבוצה א' - הבחירה בפיסיקה

ו-2 קורסים מקבוצה ב' - הבחירה בהנדסה ביו-רפואית

ובנוסף יש לסיים לפחות מגמה אחת מהבחירה בהנדסה

ביו-רפואית עפ"י כללי המגמה.

בחירה בפיסיקה - קבוצה א':

ה'	ת'	מ'	נק'
3	1	-	3.5
3	1	-	3.5
3	1	-	3.5
3	1	-	3.5

& קורסים נחוצים לממשיכים ללימודי תואר II בפיסיקה

לימודים לתארים מתקדמים

הנדסה ביו-רפואית - קבוצה ב':

ה'	ת'	מ'	נק'	יסודות של חומרים רפואיים	334221
2	1	-	2.5	מתא לרקמה	336022
2	1	-	2.5	יסודות אופטיקה ופוטוניקה	336533
2	2	-	3.0		

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית היא יחידה רב-תחומית, בה עוסקים ביישום של שיטות הנדסיות וידע טכנולוגי בשטחי הרפואה השונים. במחלקה 13 חברי סגל בזמן מלא, 6 חברי סגל בהשתייכות משנית ו-5 פרופ' אמריטוס. המחלקה מהווה ישות טכניונית עצמאית בתחומי ההוראה והמחקר.

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מציעה תכניות השתלמות לתואר מגיסטר ולתואר דוקטור, לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים, עם מדעי הרפואה, הביולוגיה והביוטכנולוגיה. הפקולטה מציעה קורסים ושטחי מחקר מגוונים ועכשוויים בתחומים עיוניים וניסויים. בפקולטה מעבדות מתקדמות בשטחים השונים ומערכות מחשבים מצוידות היטב. תוכניות ההשתלמות מיועדות לבוגרי תואר ראשון/שני בפקולטות ההנדסיות, בפקולטות למדעים (מדעי המחשב, פיסיקה, מתמטיקה וכימיה) ולבוגרי פקולטות למדעי החיים (ביולוגיה ומדעי הרפואה) שהישגיהם בלימודי התואר הראשון/והשני גבוהים.

התארים המוענקים ע"י היחידה הם:

- מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית (MSc)
- מגיסטר להנדסה בהנדסה ביו-רפואית (ME ללא תזה)
- מגיסטר למדעים (MSc)
- דוקטור לפילוסופיה (PhD)

שטחי המחקר העיקריים:

ביומכניקה ואורטופדיה

- ביומכניקה מולקולארית ותאית
- מכניקה ומבנה של תאים, רקמות ואברים
- דינאמיקת מערכות השלד והשרירים, חקר תנועה והליכה
- משוב תחושי
- הנדסה שיקומית: גפיים ומפרקים מלאכותיים
- הפעלת שרירים משותקים באמצעות גירוי חשמלי פונקציונלי
- מבנה ותפקוד רקמות סחוסיות נורמליות ובמצבי מחלה
- פולי-אלקטרוליטים ומעבר של נוזלים ומומסים - מטבוליטים
- מטבוליזם ומעבר מסה
- ביו-ראולוגיה
- זרימות ביולוגיות ומיקרו-זורמים

אותות ומערכות ביולוגיים והדמיה רפואית

- הדמיה רפואית (אולטרה-סאונד, PET, CT, MRI)
- עיבוד תמונות רפואיות
- טיפולים מונחי הדמיה
- זיהוי תבניות וסיווג תבניות בסיגנלים ותמונות רפואיות
- ניתוח אותות ופירושם הפיסיולוגי
- אלקטרופיסיולוגיה, פוטנציאלים מעוררים
- סימולציה של תהליכי ראייה
- מודליזציה של אותות ביולוגיים
- עיבוד דיבור במחלות נוירולוגיות
- מערכות מיקרו לניטור פעילות הגוף
- Lab on Chip למחקר ודיאגנוזה קלינית
- ביופיסיקה של מולקולה בודדת וננו-ביוטכנולוגיה
- מערכות בקרה פיזיולוגיות ובקרה תוך תאית
- ממשקים עצביים
- ביופוטוניקה

ביו-חומרים וביוטכנולוגיה

- הנדסת רקמות
- שימוש בתאי גזע

יעבור למעמד "מן המניין" לאחר שישלים את מקצועות ההשלמה.

ג. **בוגר מדעי החיים ואחרים**, בעל ציון ממוצע מעל 87 שהוחלט לקבלו יחויב בהתאם לתכנית לימודי השלמה כמפורט בטבלה בהמשך, ויתקבל במעמד של סטודנט "משלים". הוא יעבור למעמד "מן המניין" לאחר שישלים את מקצועות ההשלמה.

ד. **בוגר פקולטה הנדסית/מדעית בעל ציון ממוצע 80-84 ובוגר מדעי החיים/אחרים בעל ציון ממוצע 85-87** שהוחלט לקבלם, יחויבו אף הם בדרישות הנ"ל (א-ג), אולם יתקבלו תחילה במעמד "משלים", כאשר במשך שנת הלימודים הראשונה יהיה עליהם ללמוד לפחות חמישה מקצועות ברמת הסמכה/תארים מתקדמים בהתאם לקביעת הוועדה, להשיג בהם ממוצע 80 לפחות וציון 75 לפחות בכל מקצוע.

המדדים לקבלה הינם: הישגים בתארים קודמים, מציאת מנחה פוטנציאלי והצגת נושא מחקר, קורות חיים והמלצות.

בעת ההרשמה יש לציין בטופס שמות של 2-3 ממליצים. הוועדה תפנה לממליצים בהתאם לשיקוליה. בוגרי הפקולטה פטורים מהגשת שמות ממליצים.

דרישות הלימוד: צבירה של 18 נקודות והגשת עבודת מחקר. על בוגרי הפקולטה ללמוד לפחות 1/2 מהנקודות ועל בוגרי פקולטות אחרות ללמוד לפחות 2/3 מהנקודות מהמקצועות הנלמדים בפקולטה.

מועד הבקשה להגשת נושא המחקר ואישורו:

סטודנט מן המניין במסלול עם תזה - בתחילת ההשתלמות. סטודנט במעמד "משלים" - תוך שני סמסטרים מתחילת ההשתלמות.

תואר מגיסטר להנדסה בהנדסה ביו-רפואית (ME)

תנאי הקבלה

תנאי הקבלה למגיסטר להנדסה (ME) זהים לתנאי הקבלה למגיסטר למדעים (MSc).

דרישות הלימוד

צבירה של 40 נקודות לימוד והגשת פרוייקט גמר. על בוגרי הפקולטה ללמוד 1/2 מהנקודות ועל בוגרי פקולטות אחרות ללמוד לפחות 2/3 מהנקודות ממקצועות הפקולטה.

מעבר למסלול עם תזה

ניתן לעבור למסלול עם תזה, בהמלצת המנחה ובאישור הוועדה לתארים מתקדמים, במקרה שהמועמד נמצא מתאים ושהוגדר נושא מחקר מתאים, או שהעבודה התפתחה לממדים המצדיקים הגדרתה כעבודת גמר או מחקר.

המשך לימודים לתואר דוקטור

סטודנט המסיים תואר שני בנתיב "ללא תזה" ומעוניין להמשיך בלימודי דוקטורט, יידרש להשלים עבודת מחקר במסגרת לימודים "שלא לתואר" בביה"ס לתארים מתקדמים.

לימודים לתואר דוקטור לפילוסופיה (PhD)

ההשתלמות לתואר "דוקטור לפילוסופיה" (PhD) בפקולטה להנדסה ביו-רפואית מיועדת לסטודנטים מצטיינים בעלי זיקה למחקר בשטח של הנדסה ביו-רפואית. המועמד חייב בדרך כלל להיות בעל תואר שני והישגיו בלימודים ובמחקר חייבים להיות טובים מאוד. כמו כן, החלטת הוועדה הפקולטית ללימודים לתארים מתקדמים תתבסס על תעודות, קורות חיים, הישגים מקצועיים, מכתבי המלצה מקצועיים והמלצת ועדה מראיינת.

- ריאקטורים אנזימטיים ומערכות לשחרור מבוקר של תרופות
- אלקטרוניקה מולקולרית, מערכות לוגיות ופולימרים מוליכים
- שתלים קומפוטביילים
- הנדסה ביוכימית
- איברים מלאכותיים לתמיכה במטבוליזם וטיפול בדם
- הפרדה וטיהור של מוצרים ביוטכנולוגיים
- תחליפים לדם ולפלסמת הדם

המערכת הקרדיו-וסקולרית

- צימוד חשמלי מכני בשריר הלב
- בקרת התמרת אנרגיה כימית למכאנית בלב
- אלקטרופיסיולוגיה והיווצרות אריתמיות
- יישומי אלקטרו-אופטיקה בחקר השריר
- זיהוי וטיפול בהפרעות חשמליות
- כשל מכני של הלב ומתקני עזר ללב הכושל
- אנליזה וסימולציה תלת ממדית של תפקוד הלב
- מיפוי תלת-ממדי של מהירויות זרימת הדם בעורקים
- זרימה כללית – מיפוי, אבחון וטיפול בטרשת עורקים
- מיפוי פוטנציאלים על פני הגוף
- אלקטרוקרדיוגרפיה - הבעיה הישירה והבעיה ההפוכה
- זרימה במערכות הגוף (מחזור הדם, עצמות, מפרקים, ריאה)
- ביומכניקה של מערכת מחזור הדם
- מיקרוצירקולציה
- מדידות פולשניות ובלתי פולשניות למדידות זרימת דם

לימודים לתואר מגיסטר דוקטור

תנאי הקבלה ודרישות הלימוד

תנאי הקבלה ללימודים בפקולטה להנדסה ביו-רפואית כפופים לדרישות ותקנות ביה"ס לתארים מתקדמים. בדיון בבקשת קבלה של מועמד, תתחשב הוועדה ללימודים לתארים מתקדמים הפקולטית בממוצע המצטבר בלימודי הסמכה/תארים מתקדמים, בהישגיו במקצועות ספציפיים בלימודי הסמכה/תארים מתקדמים, ובנתונים נוספים לגבי היכולת האקדמית, המדעית והמקצועית שלו. כמו כן יובאו בחשבון שיקולים פקולטיים נוספים (כגון הגבלה במספר המקומות ופוטנציאל ההנחיה).

סטודנט המעוניין בנתיב מחקרי (להבדיל ממסלול ללא תזה) יצור קשר עם מנחה פוטנציאלי ויקבל את הסכמתו לפני ההרשמה. הצגת נושא מחקר עם ההרשמה תקנה עדיפות למועמד.

סטודנט שהחל את לימודיו במסלול ללא תזה (ME) יוכל לעבור למסלול עם תזה (MSc) בהמלצת המנחה והוועדה ללימודים מתקדמים ובתנאי שהמועמד נמצא מתאים והוגדר נושא מחקר.

תואר מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית (MSc)

תנאי הקבלה

בעת הקבלה הועדה תתחשב בממוצע הציונים המצטבר של התואר הראשון, ובנתונים לגבי היכולת האקדמית המדעית והמקצועית ובנוסף יתקיים ראיון אישי.

א. **בוגר פקולטה הנדסית** בעל ציון ממוצע מעל 84 שהוחלט לקבלו יחויב בדרישות לימודיות כמפורט בטבלה בהמשך, ויתקבל במעמד של סטודנט "מן המניין".

ב. **בוגר פקולטה מדעית בתואר תלת-שנתי**, בעל ציון ממוצע מעל 84 שהוחלט לקבלו יחויב בדרישות לימודיות כמפורט בטבלה בהמשך ויתקבל במעמד של סטודנט "משלים". הוא

דרישות לימודי ההשלמה

לימודי ההשלמה נועדו להקנות למשתלם את הרקע ההנדסי הספציפי הדרוש להתמחותו ולביצוע עבודת המחקר. מקצועות ההשלמה בהנדסה ביו-רפואית יהיו מתוך המקצועות העיוניים הנלמדים במסגרת לימודי תואר ראשון בפקולטה, למעט מעבדות, פרויקטים ומקצועות סמינרים. מקצועות ההשלמה ייבחרו על ידי המנחה הארעי ויאושרו על ידי הוועדה הפקולטית לתארים מתקדמים. ההשלמה כוללת מקצועות לימוד במדעי החיים ובהנדסה ביו-רפואית, לפי המכסה המתוארת בטבלה.

מקצועות ההשלמה במדעי החיים 10.5-11 נקודות:

274001	מבוא לאנטומיה מיקרו ומאקרו	2.0
134058	ביולוגיה – 1 (3 נק') או	3-2.5
134067	יסודות הביוכימיה והאנזימולוגיה (2.5 נק') או	
336004	מבוא לתהליכים ביולוגיים (2.5 נק')	
336537	ביופיסיקה ונוירופיסיולוגיה למהנדסים	3.0
276011	פיסיולוגיה של מערכות הגוף	3.0

על הסטודנט המשלים לקבל ממוצע ציונים במקצועות ההשלמה מעל 80, כאשר בכל מקצוע הציון יהיה מעל 75. בתקופת ההשלמות הסטודנט יהיה במעמד של "סטודנט משלים". רק לאחר סיום ההשלמות יעבור למעמד של "סטודנט מן מניין".

תנאי קבלה

- על המועמד לעמוד בדרישות של ציון ממוצע מעל 85 בלימודי המגיסטר וציון תזה מעל 85.
- מועמד שאינו בעל רקע הנדסי וכן מועמד בעל תואר דוקטור ברפואה, יחויב במקצועות השלמה בהיקף של 15 נקודות במדעים ובהנדסה ביו-רפואית, חלקם ברמת הסמכה. מקצועות ההשלמה ייקבעו בהתאם לרקע האקדמי של הסטודנט. סטודנט החייב בהשלמה יתקבל במעמד משלים.

הערה: במקרה של שינוי כיוון מהותי בהתמחות ביחס לתואר הקודם, רשאי המנחה לדרוש השלמת ידע על ידי לקיחת קורסים מעבר למכסה הנ"ל.

דרישות הלימוד

צבירה של 9 נקודות והגשת עבודת מחקר.

נושא ומנחה

על המועמד לתואר דוקטור למצוא מנחה ולגבש נושא לפני הרשמתו. לאחר גיבוש הנושא יעבור המועמד, במידת הצורך, ראיון קבלה ע"י ועדה "אד-הוק" שתורכב משלושה חברי סגל (שאינה כוללת את המנחה) ותיתן חוות דעת על התאמת המועמד ללימודי תואר דוקטור. ההמלצה תעבור לוועדה לתארים מתקדמים של הפקולטה לאישור סופי.

בחינת מועמדות

סטודנט לתואר דוקטור במעמד "מן המניין" – הצעת המועמדות (התיאור התמציתי) תוגש תוך 11 חודשים מתחילת ההשתלמות.

סטודנט לתואר דוקטור במעמד "משלים" – הצעת המועמדות (התיאור התמציתי) תוגש תוך 11 חודשים מהמעבר למעמד "מן המניין".

טבלת דרישות ההשלמה – הנדסה ביו-רפואית

לימודים לקראת התואר	רקע אקדמי קודם	מספר נקודות השלמה	הערות
PhD	MSc בהנדסה	10.5-11	מקצועות מדעי החיים
	MD	15	מקצועות בהנדסה ביו-רפואית בלבד
	MSc במדעים מדוייקים	15	עד 11 נקודות במדעי החיים
	MSc במדעי החיים	15	עד 5 נקודות במדעי החיים
מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית או מגיסטר להנדסה ביו-רפואית	הנדסה	10.5-11	מקצועות מדעי החיים
	תואר תלת-שנתי במדעים מדוייקים	30	עד 11 נקודות במדעי החיים
	תואר תלת-שנתי במדעי החיים	30	עד 5 נקודות במדעי החיים
	תואר ארבע-שנתי במדעים	20	עד 11 נקודות במדעי החיים
	תואר ארבע-שנתי במדעי החיים	20	עד 5 נקודות במדעי החיים
מגיסטר למדעים	לפי הצורך, עד למכסה של MSc בהנדסה ביו-רפואית		

מידע נוסף

מזכירות תארים מתקדמים בפקולטה להנדסה ביו-רפואית
 טל. 04-8294130, פקס. 04-8294599
 haviva@biomed.technion.ac.il

<http://www.bm.technion.ac.il>
<http://www.bm.technion.ac.il/studies/graduate.htm>