

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית

לימודי הסמכה

המסלול בהנדסה ביו-רפואית

תכנית הלימודים בהנדסה ביו-רפואית בטכניון מקנה לסטודנט רקע בסיסי ומעמיק במדעי יסוד, במדעי החיים והרפואה וידע רחב ומעמיק בהנדסה ביו-רפואית. תשתית השכלתית מגוונת זו, המשולבת בהתמחות במספר נושאים, מאפשרת לבוגר לתפוס מקום מרכזי בתחומי פעילות שונים בתעשיית ההיי-טק על תחומיה השונים ובמכוני מחקר ביו-רפואי.

התכנית מורכבת מקורסי חובה וממגוון רחב של קורסי בחירה במגמות. קורסי החובה הם במדעי היסוד (מתמטיקה, פיזיקה, כימיה ומחשבים), במדעי החיים והרפואה (אנטומיה, ביוכימיה, ביולוגיה של התא ופיזיולוגיה), 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 לזווג נושאים לקורס הפרויקט ההנדסי המתקיים בשנה הרביעית, המתבצע בשיתוף פעולה עם התעשייה הביו-רפואית.

בנוסף למקצועות החובה על הסטודנט ללמוד 2 מגמות התמחות. מגמות הבחירה הינן: מגמת הדמיה ואותות רפואיים, מגמת ביומכניקה וזרימה ומגמת הנדסת רקמות וביו-חומרים.

מסלול זה מקנה תואר מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית.

בנוסף למסלול בהנדסה ביו-רפואית מציעה הפקולטה את שני המסלולים הבאים:

התכנית המשולבת בהנדסה ביו-רפואית ובפיזיקה

מסלול הלימודים המשולב לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לפיזיקה בטכניון הינו תכנית חדשנית המיועדת לסטודנטים מצטיינים*, המעוניינים לפתח ידע מדעי וטכנולוגי בתחומי ההנדסה הביו-רפואית בשילוב עם ידע והבנה פיזיקליים עמוקים יותר של תופעות וכלי מחקר מודרניים בהנדסה ביו-רפואית.

בנוסף להכשרה בהנדסה הביו-רפואית, המסלול כולל קורסי חובה רחבים במכניקה אנליטית ובפיזיקה קוונטית, סטטיסטיקה ואלקטרו-מגנטית ואפשרויות בחירה רבות בין קורסים רלוונטיים הן בפיזיקה והן בהנדסה ביו-רפואית.

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

מסלול יחודי זה מקנה תואר מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית ובפיזיקה, במסלול הנמשך כ-4 שנים.

חברי הסגל האקדמי

דיקנית הפקולטה לבנברג שולמית	פרופסורי משנה דניאל ראמוז ויס דפנה יניב יעל קורין נתנאל שכטמן יואב שמאי יוסף
פרופסורים ביאר רפאל * ברוקשטיין אלפרד * לבנברג שולמית מלך עמית קימל איתן שהם שי	פרופסורים אמריטי אדם דן גת יצחק לוטן נח לניר יורם מזרחי יוסף מרודס אליס
פרופסורים חבריים אזהרי חיים ילין דביר לנדסברג אמיר סליקטר דרור שניטמן גיזואה	* 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 הבסיסי 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 ברמותה 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 משנת 1999 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 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 קיימות פעילות ענפה במכוני מחקר ומוסדות אקדמיים בנושאים הדורשים ידע רב תחומי בהנדסה ביו-רפואית.

* יתכנו חפיפות בין קורסים במערכת השעות ו/או בין בחינות. על הסטודנטים יהיה לדאוג להשלמות בהתאם.

התכנית המשולבת בהנדסה ביו-רפואית

וברפואה

מסלול לימודים משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לרפואה בטכניון, המיועד לסטודנטים מצטיינים, אשר בנוסף להכשרתם כמהנדסים מעוניינים להשתלב בלימודי הרפואה.

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 בחיינו, והמשאבים הכלכליים והאנושיים, הלאומיים והאישיים המופנים לנושא זה הולכים וגדלים, קיים צורך הולך וגובר גם בכוח אדם מיומן. כמובן שגם תעשית ההיי-טק מתפתחת בקצב מהיר בכיוון זה, וכיום כמחצית מחברות ההיזק בארץ עוסקות בפיתוח שיטות ומוצרים רפואיים וביולוגיים. האנשים המובילים היום בעולם המערבי במחקר, בפיתוח ובקליניקה הרפואית הם ברובם בעלי השכלה משולבת – הנדסית/מדעית ורפואית.

בתכנית ילמדו סטודנטים שהתקבלו ישירות ללימודי רפואה אשר מעוניינים בלימודים בדגש הנדסי וכן סטודנטים בעלי סכם גבוה, המעוניינים בתואר משולב, שלא התקבלו לרפואה. לסטודנטים שלא התקבלו ישירות לרפואה, הקבלה מותנית בקבלה לפקולטה לרפואה ותתבסס על הישגים 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.

מסלול יחודי זה מקנה תואר משולב: מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית ובמדעי הרפואה לאחר 4 שנים. קבלת תואר ברפואה MD תתקיים לאחר 3 שנים נוספות (קליניות) ושנת סטאז' (ראה תקנון רפואה שנים קליניות)

תאור התכנית

- בשנתיים הראשונות נלמד הבסיס במדעים מדויקים, בהנדסה, במדעי החיים וברפואה.
- בשנה השלישית והרביעית נלמדים מקצועות מרפואה במקביל למקצועות בהנדסה ביו-רפואית.
- מעבר לחטיבה הקלינית יתאפשר לאחר עמידה בכל מקצועות התכנית המשותפת ולפי תקנון רפואה.

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 למדידות באולטרסאונד**
פרופ' אמריטוס דן אדם

- **מעבדה להדמייה רפואית**
פרופ' חיים אזהרי

- **מעבדה לביולוגיה סינתטית וביואלקטרוניקה**
פרופ' ראמוז דניאל

- **מעבדה למכאנוביולוגיה של סרטן ופצעים**
פרופ' מ דפנה ויס

- **מעבדה לאופטיקה ביו-רפואית**
פרופ' ח דביר ילין

- **מעבדה למערכות ביואנרגטיות וביו-חשמליות**
פרופ' יעל יניב
- **מעבדה להנדסת רקמות ותאי גזע**
פרופ' שולמית לבנברג
- **מעבדה לביו-חומרים**
פרופ' אמריטוס נח לוטן
- **מעבדה לקרדיולוגיה מולקולרית וחקר השריר**
פרופ' ח אמיר לנדסברג
- **מעבדה לביו-ננוטכנולוגיה**
פרופ' עמית מלך
- **מעבדה להנדסת רקמות וביו-חומרים**
פרופ' ח דרור סליקטר
- **מעבדה להנדסת ננורפואה קרדיוסקולרית**
פרופ' מ נתנאל קורין
- **מעבדה לאולטרסאונד טיפולי וביומכניקה של התא**
פרופ' איתן קימל
- **מעבדה להנדסת ממשקים עצביים**
פרופ' שי שהם
- **מעבדה לזרמים ביולוגיים**
פרופ' ח גיזואה שניטמן
- **מעבדה לננו-ביואופטיקה**
פרופ' מ יואב שכטמן

תכנית הלימודים לתואר ראשון בהנדסה ביו-רפואית

תכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 160.0 נקודות

לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה

מקצועות בחירה במסלול הפקולטי	115.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית: 6.0 נק' העשרה	35.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית	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'
044102	4	-	-	0.0
104016	4	2	-	5.0
104018	4	2	-	5.0
114071	3	1	-	3.5
125001	2	2	-	3.0
134058	3	-	-	3.0
394800	-	2	-	1.0
				20.5

* חובה להירשם למקצוע זה. ההרצאות ינתנו במהלך הסמסטר, בהתאם להנחיות שיפורסמו בנפרד.

בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מגמות" 334021 (נק' 1.0) כבחירה חופשית.

סמסטר 2	ה'	ת'	מ'	נק'
104013	4	3	-	5.5
104135	2	1	-	2.5
114052	3	1	-	3.5
*124801	2	1	-	2.5
234112	2	2	2	4.0
324033	3	-	-	3.0
				21.0

* ניתן ללמוד 125801 כימיה אורגנית (נק' 5.0) הנחוץ כקדם חלק מקורס ביולוגיה המופיעים כבחירה חופשית במגמת הנדסת רקמות וביו-חומרים. הנקודות העודפות יחשבו כבחירה חופשית.

סמסטר 3	ה'	ת'	מ'	נק'
044105	3	2	-	4.0
104221	3	2	-	4.0
104223	3	2	-	4.0
124503	2	1	-	2.5
134019	2	1	-	2.5
274001	2	-	-	2.0
394800	-	2	-	1.0
				20.0

סמסטר 4	ה'	ת'	מ'	נק'
044131	4	2	-	5.0
336537	2	2	-	3.0
334221	2	1	-	2.5
335009	2	2	-	3.0
334222	3	2	-	4.0
				17.5

בסמסטר זה מומלץ ללמוד את הקורסים הבאים במסגרת בחירה חופשית:

"מפגשים עם התעשייה" 334331 (נק' 1.0)

"מבוא להסתברות ח'" 104034 (נק' 3.5)

הדמיה ואותות רפואיים ובמגמת ביומכניקה וזרימה

סמסטר 5	ה'	ת'	מ'	נק'
134113	3	1	-	3.5
276011	2	2	-	3.0
334022	3	1	-	3.5
336022	2	1	-	2.5
336533	2	2	-	3.0
337403	2	2	-	3.0
				18.5

סמסטר 6	ה'	ת'	מ'	נק'
335001	-	-	4	2.0
335010	2	2	-	3.0
335016	1	-	2	1.5
				6.5

בסמסטר זה מומלץ ללמוד 094423 מבוא לסטטיסטיקה (נק' 3.5) הנחוץ כבחירה חופשית במגמת הנדסת רקמות וביו-חומרים.

סמסטר 7	ה'	ת'	מ'	נק'
334014	-	-	9	4.0
335002	-	-	4	2.0
				6.0

סמסטר 8	ה'	ת'	מ'	נק'
335003	-	-	4	2.0
335015	-	-	9	3.0
				5.0

הערות

חלק מהקורסים ניתנים אחת לשנה ומהווים חלק משרשרת, לכן מומלץ מאד לקחתם עפ"י התכנית המומלצת על מנת למנוע עיכוב בסיום התואר.

מאחר שיתכנו שינויים עתידיים בתכנית הלימודים חובה על כל סטודנט להתעדכן בתחילת כל שנה אקדמית בפרטי השינויים, באם יחולו.

קורסי בחירה חופשית

יש לצבור 35.0 נק'.

על הסטודנט ללמוד 2 מגמות לפחות, 5 קורסים בכל מגמה.

לפחות 8 מקורסי הבחירה יהיו מהפקולטה.

חלק מהקורסים יוכרו ביותר ממגמה אחת.

קורסי הבחירה כוללים קורסי התנסות במעבדה מתקדמת, קורס מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 4 וקורס ביזמות.

ה'	ת'	מ'	נק'
-	-	6	2.0
-	-	6	2.0
-	-	4	2.0
2	1	-	2.0

@ קורסי המעבדה המתקדמת מיועדים לחשוף סטודנטים לתואר ראשון בפקולטה לנושאי המחקר של חברי הסגל ולשיטות מעבדה מתקדמות. הלמידה מתקיימת במעבדת החוקר, בתאום עם החוקר ובאישור מרכז לימודי הסמכה.

קורס מעבדה מתקדמת אחד יוכר כבחירה חופשית והשני כבחירה חופשית.

תכנית הלימודים המשולבת לתואר מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית ובפיזיקה

תכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 178.0 נקודות

לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	145.0 נק'
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי	23.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית: 6.0 נק' העשרה	10.0 נק'
מקצועות בחירה חופשית	4.0 נק'

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

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

סמסטר 1	ה'	ת'	מ'	נק'
044102 * ביטוחות במעבדות חשמל	4	-	-	0.0
104016 אלגברה 1 מ'	4	2	-	5.0
104031 אינפי 1 מ'	4	3	-	5.5
114074 פיזיקה 1 פ'	4	2	-	5.0
125001 כימיה כללית	2	2	-	3.0
134058 ביולוגיה 1	3	-	-	3.0
21.5				

* חובה להירשם למקצוע זה. ההרצאות ינתנו במהלך הסמסטר בהתאם להנחיות שיפורסמו בנפרד.

בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מגמות" 334021 (1.0) כבחירה חופשית.

סמסטר 2	ה'	ת'	מ'	נק'
104013 חדו"א 2 ת'	4	3	-	5.5
104035 מד"ר ואינפי 2 ח'	4	2	-	5.0
114032 מעבדה בפיזיקה 1 ח'	-	-	3	1.0
114076 פיזיקה 2 פ'	4	2	-	5.0
124801 כימיה אורגנית 1 ב'	2	1	-	2.5
234112 מבוא למחשב שפת C	2	2	2	4.0
324033 אנגלית טכנית מתקדמים ב'	3	-	-	3.0
26.0				

* ינתן ללמוד 125801 כימיה אורגנית (5.0 נק') הנחוץ כקדם בחלק מקורסי ביולוגיה המופיעים כבחירה פקולטית במגמת הנדסת רקמות וביו-חומרים הנק' העודפות יחשבו כבחירה חופשית.

סמסטר 3	ה'	ת'	מ'	נק'
044105 תורת המעגלים החשמליים	3	2	-	4.0
104221 פונקציות מרוכבות והתמרות אינטי'	3	2	-	4.0
104223 מד"ח וטורי פוריה	3	2	-	4.0
114030 מעבדה לפיזיקה 2 מח'	-	-	3	1.0
114086 גלים	3	1	-	3.5
114101 מכניקה אנליטית	3	2	-	4.0
134019 מבוא לביוכימיה ואנזימולוגיה	2	1	-	2.5
274001 מבוא לאנטומיה מיקרו' ומאקרו'	2	-	-	2.0
25.0				

סמסטר 4	ה'	ת'	מ'	נק'
044131 אותות ומערכות	4	2	-	5.0
104034 מבוא להסתברות ח'	3	1	-	3.5
114035 מעבדה לפיזיקה 3	-	-	3	1.5
115203 פיזיקה קוונטית 1	4	2	-	5.0
334222 יסודות הביומכניקה	3	2	-	4.0
335009 מכניקת זורמים ביולוגיים	2	2	-	3.0
336537 ביופיזיקה וניורופיזיולוגיה למהנדסים	2	2	-	3.0
25.0				

בסמסטר זה מומלץ ללמוד את הקורסים הבאים במסגרת בחירה פקולטית: "מפגשים עם התעשייה" 334331 (1.0 נק') קורס בחירה מקבוצה ב': "חומרים רפואיים" 334221 (2.5 נק')

סמסטר 5	ה'	ת'	מ'	נק'
115204 פיזיקה קוונטית 2	4	2	-	5.0
134113 מסלולים מטבוליים	3	1	-	3.5
276011 פיזיולוגיה של מערכות הגוף למהנדסים	2	2	-	3.0
334022 יסודות תכן ביו-חשמלי	3	1	-	3.5
337403 תופעות מעבר במערכות פיזיולוגיות	2	2	-	3.0
394800 חינוך גופני	-	-	-	1.0
19.0				

בסמסטר זה מומלץ ללמוד קורס בחירה מקבוצה ב' במסגרת בחירה פקולטית: "מתא לרקמה" 336022 (2.5 נק') או

"אופטיקה ופוטוניקה" 336533 (3.0 נק')

סמסטר 6	ה'	ת'	מ'	נק'
114036 פיזיקה סטטיסטית ותרמית	4	2	-	5.0
114037 מעבדה לפיזיקה 4 מח'	-	-	3	1.5
114246 אלקטרומגנטיות ואלקטרודינמיקה	4	2	-	5.0
335001 מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	4	2.0
335010 תכן ביומכני בסיסי	2	2	-	3.0
394800 חינוך גופני	-	-	-	1.0
קורסי בחירה פקולטיים				
17.5				

בסמסטר זה מומלץ ללמוד 094423 מבוא לסטטיסטיקה (3.5 נק') הנחוץ כבחירה פקולטית במגמת הנדסת רקמות וביו-חומרים

סמסטר 7	ה'	ת'	מ'	נק'
334014 פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	9	4.0
335002 מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 2	-	-	4	2.0
קורסי בחירה פקולטיים				
6.0				

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				

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

קורסי בחירה פקולטית

יש לצבור 23.0 נק':

- 1-2 מהקורסים מקבוצה א' - הבחירה בפיזיקה
- ו-2 קורסים מקבוצה ב' - הבחירה בהנדסה ביו-רפואית

ובנוסף

יש לסיים לפחות מגמה אחת מהבחירה בהנדסה ביו-רפואית עפ"י כללי המגמה (ראה קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית).

לפחות 8 מקורסי הבחירה יהיו מהפקולטה.

בחירה בפיזיקה - קבוצה א':

ה'	ת'	מ'	נק'
3	1	-	116004 & פיזיקה של גרעינים וחלקיקים יסודיים
3	1	-	116029 מבוא לביופיזיקה
3	1	-	116217 * פיזיקה של מצב מוצק
3	1	-	116354 אסטרופיזיקה וקוסמולוגיה
			& קורסים הנחוצים לממשיכים ללימודי תואר II בפיזיקה

הנדסה ביו-רפואית - קבוצה ב':

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

תכנית הלימודים המשולבת לתואר מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית ובמדעי הרפואה

תכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר בהנדסה ביו-רפואית ואת הלימודים הפרה-קליניים ברפואה יש לצבור 206.0 נקודות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה 189.0 נק'
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי 17.0 נק'

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה' - הרצאה, ת' - תרגיל, מ' - מעבדה, נק' - נקודות סמסטר 1

ה'	ת'	מ'	נק'	ברפואה	274246
2	-	-	2.0	הבסיס המולקולרי לטרטן	
3	2	-	4.0	פיזיולוגיה תאית	274253
3	-	-	3.0	אימונולוגיה בסיסית	274249
2	-	-	2.0	בקטריוולוגיה כללית	274245

25.5

בסמסטר זה מומלץ לקחת את הקורסים הבאים במסגרת בחירה פקולטית: "מפגשים עם התעשייה" (334331 נק' 1.0) "מבוא להסתברות ח" (104034 נק' 3.5) הנחוץ כבחירה פקולטית בהנדסה ביו-רפואית, במגמת הדמיה ואותות רפואיים ובמגמת ביומכניקה ורומה.

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
3	1	-	3.5	בהנדסה ביו-רפואית יסודות תכן ביו-חשמלי
2	2	-	3.0	תופעות מעבר במערכות פיזיולוגיות
2	2	-	3.0	יסודות אופטיקה ופוטוניקה

ברפואה

7	1	3	8.5	מורפולוגיה האדם	274240
1	-	3	2.0	אימונולוגיה קלינית	274362
2	-	2	2.5	בקטריוולוגיה רפואית ומעבדה	274339
2.5	-	2.5	2.5	וירולוגיה	274247
2	-	2	2.0	בהנדסה ביו-רפואית פתוגנים ואוקריוטים	274252

27.0

4	2	-	5.0	בטיחות במעבדות חשמל	* 044102
4	2	-	5.0	אלגברה 1	104016
4	2	-	5.0	חדו"א 1	104018
3	1	-	3.5	פיזיקה 1	114071
4	1	-	3.0	אנגלית טכנית מתקדמת	324033
2	2	-	3.0	חינוך גופני	394800

ברפואה

4	2	-	5.0	יסודות הכימיה	124120
1	2	-	1.0	מבוא לרפואה דחופה	274109
4	3	-	5.0	אנטומיה ראש וצוואר	274254
4	-	-	4.0	בהנדסה ביו-רפואית ביוכימיה קלינית	276310

ברפואה

1	2	1	1.0	בהנדסה ביו-רפואית תזונה קלינית	274352
2	-	-	2.0	אפידמיולוגיה	274318
2	-	-	2.0	אתיקה ומשפט	274320
2	-	-	2.0	בהנדסה ביו-רפואית חדו"א 2	104013
4	3	-	5.5	מד"ר ת'	104135

21.0

2	-	-	2.0	בהנדסה ביו-רפואית פיזיקה 2	114052
2	-	-	2.0	מבוא למחשב שפת C	234112
4	2	-	5.0	כימיה אורגנית רב"מ	125802
3	1	-	3.5	גנטיקה כללית	274165
9	-	-	4.0	ביוולוגיה של התא	274167

134058 ביוולוגיה 31 -

ברפואה

4	1	1	4.5	בהנדסה ביו-רפואית פיזיקה 3	274373
3	1	1	4.0	תורת המעגלים החשמליים	044105
3	-	-	3.0	פונקציות מרוכבות והתמונה האטלנטית	104221
1	2	-	1.5	מד"ח וטורי פורייה	104223
3	-	-	3.0	חינוך גופני	394800

ברפואה

2	-	-	2.5	כימיה פיזיקלית ב'1	124503
2	-	-	1.5	פסיכולוגיה לרפואנים	274232
4	1	-	4.5	ביוכימיה כללית	274241
2	-	-	2.0	גנטיקה של האדם	274242

20.0

3	4	-	2.0	בהנדסה ביו-רפואית ביוולוגיה מולקולרית ומגנטיקה	274243
9	-	-	3.0	מולקולריים	335002
9	-	-	3.0	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית	335015
4	3	-	5.0	קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית (נק' 7.0)	

ברפואה

4	3	-	5.0	פתולוגיה כללית	274368
3	2	-	3.0	המטולוגיה	274369
3	2	-	4.0	פרמוקולוגיה בסיסית	274367

17.0

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
4	2	-	5.0	בהנדסה ביו-רפואית אותות ומערכות
2	2	-	3.0	מכניקת זורמים ביוולוגיים
2	1	-	2.5	יסודות של חומרים רפואיים
3	2	-	4.0	יסודות הביומכניקה

לימודים לתארים מתקדמים

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית היא יחידה רבת-תחומית, בה עוסקים ביישום של שיטות הנדסיות וידע טכנולוגי בשטחי ההנדסה הביו-רפואית השונים.

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מציעה תכניות השתלמות לתואר מגיסטר ולתואר דוקטור, לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים בכל תחומי ההנדסה הביו-רפואיים. הפקולטה מציעה קורסים ושטחי מחקר מגוונים ועכשוויים בתחומים עיוניים וניסויים. בפקולטה מעבדות מתקדמות בתחום רחב של נושאים מתקדמים. תוכניות ההשתלמות מיועדות לבוגרי תואר ראשון/שני בפקולטות ההנדסיות, בפקולטות למדעים (מדעי המחשב, פיסיקה, מתמטיקה וכימיה) ולבוגרי פקולטות למדעי החיים (ביולוגיה ומדעי הרפואה) שהשיגהם 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)
- דוקטור לפילוסופיה (PhD)

שטחי המחקר העיקריים:

ביומכניקה וזרימה

- ביומכניקה של מולקולות ונגו-חלקיקים
- ביומכניקה ומכאנוביולוגיה של התא
- ביומכניקה של רקמות ואברים - בבריאם ובחולים
- ביומכניקה של הלב והשריר
- זרימה במערכות הגוף (מחזור הדם, ריאה)
- מיקרו-זרימה וביו-ראולוגיה
- שיטות למדידת זרימה
- אבחון וטיפול בבעיות זרימה
- תופעות מעבר ומטבוליזם
- בקרה של מערכות פיזיולוגיות
- תכן ביומכני
- איברים מלאכותיים והתקני עזר

אותות ומערכות ביולוגיים, הדמיה רפואית

- הדמיה רפואית (אולטרה-סאונד, MRI, PET, CT ודימות אופטי)
- עיבוד אותות ותמונות רפואיים וביולוגיים
- אולטרה-סאונד טיפולי
- טיפולים רפואיים מונחי הדמיה
- אלקטרופיזיולוגיה ותופעות ביו-חשמליות
- אלקטרוקרדיוגרפיה ופוטנציאלים מעוררים: מיפוי, הבעיות הישירה וההפוכה
- ביופוטוניקה - אופטיקה ואלקטרו-אופטיקה ביו-רפואית
- שיטות מיקרוסקופיה מתקדמות
- אופטופיזיולוגיה ואופטוגנטיקה
- ניתוח, סיווג תבניות וזיהוי פתולוגיות
- מערכות בקרה פיזיולוגיות
- בקרה מולקולרית ותוך-תאית
- בניית מודלים, סימולציה, ופרוש פיסיולוגי של אותות מערכות ניידות ומערכות מיקרו לניטור פעילות הגוף
- ניתוח וניטור המערכת הקרדיוסקולרית
- ממשקים עצביים, חישוביות עצבית והנדסת המוח
- תכן מכשור רפואי ממוחשב
- מכשור רפואי וסטנדרטים

הנדסת רקמות וביו-חומרים

- הנדסת רקמות
- התמיינות ושימוש בתאי גזע
- ביוראולוגיה

* קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית:

- על הסטודנט ללמוד 17.0 נקודות בחירה ולהשלים לפחות מגמה 1 מתכנית הלימודים של הפקולטה להנדסה ביו-רפואית.
- 335003 מעבדה 3 תוכר כבחירה פקולטית.
- על הסטודנט ללמוד סטטיסטיקה באחד מהקורסים הבאים: מבוא לסטטיסטיקה (094423) או ביוסטטיסטיקה (274219).

תנאי הקבלה

א. **בוגרי הפקולטה להנדסה ביו-רפואית** נדרשים למוצג מעל 84, ויתקבלו במעמד של סטודנט "מן המניין".

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

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

ד. **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.

ה. **בוגר פקולטה הנדסית/מדעית בעל ציון ממוצע 84-80 ובוגר מדעי החיים/אחרים בעל ציון ממוצע 87-85** שהוחלט לקבלם, יחויבו אף הם בדרישות הנ"ל (א-ג), אולם יתקבלו תחילה במעמד "משלים", כאשר במשך שנת הלימודים הראשונה יהיה עליהם ללמוד לפחות 10 נקודות ברמת הסמכה/תארים מתקדמים בהתאם לקביעת הוועדה, להשיג בהם ממוצע 80 לפחות וציון 65 לפחות בכל מקצוע.

דרישות הלימוד: צבירה של 18 נקודות והגשת עבודת מחקר. על בוגרי הפקולטה להנדסה ביו-רפואית ללמוד לפחות 1/3 מהנקודות ועל בוגרי פקולטות אחרות ללמוד לפחות 1/2 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 1/3 מהנקודות ממקצועות הפקולטה ועל בוגרי פקולטות אחרות ללמוד לפחות 1/2 מהנקודות ממקצועות הפקולטה.

מעבר למסלול עם תזה

ניתן לעבור למסלול עם תזה, בהמלצת המנחה ובאישור הוועדה לתארים מתקדמים, במקרה שהמועמד נמצא מתאים ואושר נושא המחקר ובהתאם לכללי ביה"ס לתארים מתקדמים.

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 (למעטיינים בלבד).

- מכאנוביולוגיה, אינטראקציה תא-משטח
- ביו-חומרים ושתלים ביו-קומפטיבליים
- Lab-on-Chip למחקר ודיאגנוזה קלינית
- ביופיזיקה של מולקולה בודדת וננו-טכנולוגיה
- מערכות לשחרור מבוקר של תרופות
- אלקטרוניקה מולקולרית, ופולימרים מוליכים
- הנדסה ביוכימית
- איברים מלאכותיים לתמיכה במטבוליזם
- הפרדה וטיהור של מוצרים ביוטכנולוגיים

המערכת הקרדיו-וסקולרית

- צימוד חשמלי-מכני בשריר הלב
- בקרת התמרה של האנרגיה בלב
- זרימה במערכת מחזור הדם
- מיקרוצירקולציה
- שחרור מבוקר של תרופות במחזור הדם
- יישומי ננוטכנולוגיה במערכת מחזור הדם
- כשל מכני של הלב.
- דיאגנוסטיקה ומתקני עזר ללב הכושל
- הדמיה של תפקוד הלב.
- אנליזה וסימולציה תלת מימדית.
- זרימה כלילית – מיפוי, אבחון, וטיפול
- אלקטרופיזיולוגיה והפרעות קצב והולכה

רפואה מולקולרית ותאית

- חיישנים ביולוגיים ברמת המולקולה הבודדת
- גנומיקה ופרוטיאומיקה ברמת התא הבודד
- בקרת תרגום במערכות אאוקריוטיות
- כלים לאיתור פתוגנים וריצופם
- דימות תאי מתקדם
- המנועים המולקולריים של עולם החי
- ננו-חלקיקים להדמיה תאית
- ננו-חלקיקים להדמיה, אבחון וטיפול בסרטן
- מכאנוביולוגיה של תאי סרטן
- תהליכים ביצירת גרורות סרטניות
- מניעת פצעים כרוניים והאצת ריפוי

לימודים לתואר מגיסטר ודוקטור

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 במוצג המצטבר בלימודי הסמכה/תארים מתקדמים, בהישגו 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 ההנחה).

סטודנט המעוניין בנתיב מחקרי (להבדיל ממסלול ללא תזה) יצור קשר עם מנחה 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 ואושר נושא מחקר ובהתאם לכללי ביה"ס לתארים מתקדמים.

תואר מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית (MSc)

המדדים לקבלה הינם: קורות חיים, הישגים בתארים קודמים, נתונים לגבי היכולת האקדמית המדעית והמקצועית, מציאת מנחה והגדרת נושא מחקר, והמלצות.

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

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.

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 השלמה ייקבעו בהתאם לרקע האקדמי של הסטודנט.

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 ולהגיש הצעת מחקר 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.

טבלת דרישות השלמה – 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

מידע נוסף

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

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

בחירת מועמדות

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

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 או	3.0
134067	יסודות הביוכימיה והאנזימולוגיה	2.5
336537	ביופיסיקה ונירופיסיולוגיה 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 65. בתקופת ההשלמות הסטודנט יהיה במעמד של "סטודנט משלים". רק לאחר סיום ההשלמות יעבור למעמד של "סטודנט מן המניין".

