

הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל

חברי הסגל האקדמי

דיקנית הפקולטה
רווה דניאלה

פרופסורים

בן-אשר יוסי
גבעולי דן
גורפיל פנחס
זלזו דניאל
יוסילבסקי גיל
שימא טל
תאופיליס וסיליס

פרופסורים חבריים

אידן משה
אינדלמן ואדים
ג'קובי איאן
מנלה אבשלום
לפקוביץ יוסף
מייקלס דן
צ'יקורל בני
שפרמן ויטלי

מרצים בכירים

גלזמן יגאל
גליץ' פבל
דגן יובל
טרזיס אלכסנדרוס
קרפ מיכאל

מרצה

מרזוק אמיר
פריידין מקסים

פרופסור אורח

בטחין אלכסנדר
מרטינושי ולדימיר
ניקולאייב ניקולאי

פרופסור מחקר אמריטוס

ויס דניאל

פרופסורים אמריטי

אושמן יעקב
גלמן משה
גני אלון

גרינברג ג'ורלד ברי

דורבן דוד

וולר תנחום

טמבור יורם

כהן יעקב

לוי ישעיהו

נתן בני

פרנקל יצחק

קרפל מרדכי

רוזן אביב

רנד עמרי

חברי סגל בגמלאות

אברמוביץ חיים
בורקט אלכסנדר
ברקוביץ אברהם
גרונוולד ארתור
יודילביץ גיל
לנדקוף בנימין
שטיינברג אברהם
שטריקר יוסף

תיאור היחידה

הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל בטכניון פתחה את שעריה בשנת 1954, לאחר שראש הממשלה הראשון של המדינה, מר דוד בן-גוריון, הבין שלא תיתכן עליונות אווירית ישראלית בסביבה העוינת בה הוקמה המדינה ללא עליונות מדעית וטכנולוגית, ושעליונות כזאת לא ניתנת לרכישה מן המדף, אלא יש לפתחה ולחזקה "בבית" פנימה. גם כיום, למעלה מ-61 שנה לאחר היווסדה, זאת הפקולטה היחידה להנדסת אוירונטיקה וחלל במדינה, והיא נושאת באחריות הכבדה של חינוך דורות של מהנדסי אוירונטיקה וחלל המשולבים בכל דרגי ההנדסה והפיתוח בתעשיות האוויר-חלל בישראל.

חזונה של הפקולטה הוא ביסוסה כמרכז אקדמי מהשורה הראשונה בעולם באוירונטיקה ובאסטרונטיקה, מוקד להרחבת גבולות הדעת והפצת רעיונות וידע במדעי ההנדסה ותעופה וחלל. יעדיה הם בחינוך והכשרה של מנהיגות מדעית וטכנולוגית וקידום בדרך המחקר את מדעי התעופה והחלל ואת תעשיית התעופה והחלל הלאומית.

הפקולטה התרחבה והתפתחה במהירות, במקביל להתפתחותן של התעשיות האוירונטיות והתעשיות עתירות הידע בישראל. התרחבות הפקולטה, בהוראה ובמחקר, הואצה משמעותית לאחר מלחמת ששת הימים בעקבות ההרחבה הניכרת בהיקף הפעילות בהנדסה אוירונטית בפיתוח ובייצור מערכות מוטסות בתעשייה האווירית, ברפאל ובתעשיות הביטחוניות, ועם תחילת עידן

הפיתוח והייצור של מוטסים כחול-לבן בתעשייה האווירית, שהביאו להגדלת הביקוש למהנדסים אוירונטיים ולצורך בביצוע מחקרים ופיתוחי תשתית רבים.

מהנדסי האוויר-חלל בישראל, בוגרי הפקולטה, מעורבים בפיתוח, בתיכון, בייצור בהפעלה, בבקרת טיסה ובתחזוקה של מערכות מוטסות, באטמוספירה ובחלל, כגון: מוטסים ומסוקים, כלי טייס בלתי מאוישים, טילים ומערכות לשיגור טילים, אמצעי הנעה סילוניים ורקטיים, מערכות נשק מוטסות ולוויינים, וכן בפיתוח התשתית של מדעי התעופה והחלל כחלק ממדעי ההנדסה. הודות לבוגרי הפקולטה, ישראל היא כיום מעצמה בקנה מידה עולמי בתחום כלי הטייס הבלתי-מאוישים (היא היצואן מס' 1 בעולם של מערכות אלו, לפני ארה"ב ומעצמות אחרות), והיא נמנית על מועדון מצומצם של מדינות המפתחות, בונות, ומשגרות לוויינים עבור מגוון רחב של יישומים, מלווייני ביון ועד לווייני תקשורת. המערכות הטייליות המפותחות במדינה, הכוללות את מערכות הטיילים נגד טילים "חץ", "כיפת ברזל", ו-"שרביט קסמים", כמו גם טילי אויר-אוויר מהמתקדמים בסוגם, הפכו לשם דבר בעולם, והתעשייה האווירית מפתחת ובונה את מוטסי המנהלים הטובים בעולם בקטגוריה שלהם.

מסגרת הפעילויות הרחבה והמגוונת באוויר-חלל מאפשרת למהנדס לבחור תחום שבו יינתן ביטוי לנטיותיו האישיות. כיום חלק ממהנדסי האוירונטיקה והחלל עוסק בעבודות ניסוי במעבדות; אחרים מפתחים תוכנות מחשב לצרכים אוירונטיים; יש העוסקים בעבודה עיונית ומתמטית במדעי התעופה והחלל ויש המתכננים מערכות או מנהלים פרויקט באחד התחומים של הנדסת אוירונטיקה וחלל. חשוב לציין שהידע הרחב, שמקבל בוגר הפקולטה, כמו גם החינוך הייחודי והמערכתי מיסודו, מספקים לו את הכלים ואת היכולת להשתלב בתחומי מדע, טכנולוגיה והנדסה רבים – לא רק בהנדסת אוירונטיקה וחלל. השליטה בתחומי פעילות שונים ומגוונים מאפשרת לבוגר לעבוד גם בתחומים נוספים, ולפיכך מומלץ למי שרוצה להיות מהנדס טוב לבחור בפקולטה ללימודי התואר הראשון שלו – גם ללא קשר לעיסוק שלו בהמשך הקריירה.

לבוגרי המסלול אפשרויות תעסוקה שונות ומגוונות. חלקם מועסק ע"י גופים גדולים כגון התעשייה האווירית, על כל מפעליה, אלביט מערכות, רפאל ומערכת הביטחון (חיל האוויר, התעשייה הצבאית). רבים ממהנדסי האוירונטיקה והחלל בישראל מועסקים גם ע"י חברות עתירות ידע שונות, פרטיות וציבוריות, לפיתוח כלי טייס לאטמוספירה ולחלל ולפיתוח טכנולוגיות חדשות. ניתן למצוא חלק גדול מהבוגרים כמהנדסי מערכת בתעשיות שונות ובעמדות ניהול בכירות הדורשות הבנה והתמצאות רב-תחומית.

תכנית הלימודים מורכבת מרכישת ידע ומיומנויות במדעים הבסיסיים ובמדעי ההנדסה, וביסודות של כל תחומי האוירונטיקה והחלל: אווירודינמיקה; מבנים; הנעה; בקרה, ניווט והנחיה; הנדסת חלל, ותכן וייצור של כלי טייס. בסמסטרם האחרונים ללימודים מועמק הידע בתחומים שונים לפי בחירת הסטודנט ומוקנה ידע במקצועות מערכתיים כלליים. בשנת הלימודים האחרונה הסטודנטים מבצעים, לפי בחירתם, פרויקט בו מפותחת מערכת מורכבת מתחומי האוירונטיקה או החלל (מטוס, טיל, לוויין וכדומה).

תכנית הלימודים של הפקולטה הינה ארבע-שנתית ומובילה לתואר "מוסמך למדעים בהנדסת אוירונטיקה וחלל". למעוניינים בהעמקת הידע, בעקר המדעי, הפקולטה מאפשרת ומעודדת לימודים לתואר שני (מגיסטר), עם וללא תזה, ולתואר דוקטור. סטודנטים מצטיינים יכולים להיכלל בתוכנית לימודים מיוחדת אשר במסגרתה יוכלו לסיים תואר שני בחמש שנות לימוד במסגרת תכנית "סילון" לעתודאים ותכנית "גבהים" ללא עתודאים. התכנית מיועדת לטפח את מצטייני הפקולטה ולקדם אותם לקראת מחקר כבר במהלך לימודי התואר הראשון. פרטים על תכנית זאת מצויים באתר האינטרנט של הפקולטה. בנוסף קיימת בפקולטה תכנית לתואר משותף אווירונטיקה-פיסיקה.

תוכנית הלימודים

מגמת אוירונאוטיקה/אסטרונאוטיקה (מוביל לתואר "מוסמך למדעים בהנדסת אוירונאוטיקה וחלל")

008008-1-000

על מנת להשלים את התואר יש לצבור 160 נקודות לפחות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	87	נק'
מקצועות חובה במגמה (מסומנים ב-*)	8.5	נק'
מקצועות ברירה פקולטיים	17 או 18	נק'
מקצועות בחירה פקולטיים	35.5 או 34.5	נק'
מקצועות בחירה כלל טכניוניות:		
4 נק' בחירה חופשית	12	נק'
6 נק' העשרה		
2 נק' חני"ג		

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

מקצועות החובה – השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

סמסטר 1	ה'	ת'	מ'	נק'
01040041 חדו"א 1מ1	4	2	-	5.0
01040064 אלגברה 1מ1	4	2	-	5.0
01140051 פיסיקה 1	2	1	-	2.5
02340128 מבוא למחשב-שפת פייתון	2	2	4.0	
01250001 כימיה כללית	2	2	-	3.0
03240033 אנגלית טכנית-מתקדמים ב	4	-	-	3.0
	18	9	2	22.5

סמסטר 2	ה'	ת'	מ'	נק'
01040043 חדו"א 2מ2	4	2	-	5.0
01040131 משוואות דיפ. רגילות ח'	2	1	-	2.5
01140052 פיסיקה 2	3	1	-	3.5
00840506 מכניקת המוצקים	3	2	-	4.0
03140200 מבוא להנדסת חומרים לתעופה	2	1	-	2.5
	16	9	-	17.5

סמסטר 3	ה'	ת'	מ'	נק'
01040215 פונקציות מרוכבות א'	2	1	-	2.5
01040228 משוואות דיפרנציאליות חלקיות מ'	2	2	-	3.0
00840213 תרמודינמיקה	3	2	-	4.0
00840225 דינמיקה מ'	3	2	-	4.0
00940411 הסתברות ת'	3	2	-	4.0
	13	11	-	17.5

סמסטר 4	ה'	ת'	מ'	נק'
00840135 אנליזה נומרית מ'	2	1	-	2.5
00840311 אוירודינמיקה בלתי דחיסה	3	1	-	3.5
00840515 מבוא לתורת האלסטיות	2	1	-	2.5
00840630 שרטוט הנדסי ממוחשב	2	4	-	4.0
00840737 מערכות דינמיות	2	1	3.0	
01140054 פיסיקה 3	3	1	-	3.5
	14	9	1	19.0

סמסטר 5	ה'	ת'	מ'	נק'
00440102 קורס בטיחות במעבדות חשמל (*)				-
00840312 זרימה דחיסה, כונסים ונחירים	2	1	-	2.5
00840314 זרימה צמיגה ומעבר חום	3	1	-	3.5
00840641 תכן וייצור תעופתי	3	1	-	3.5
00840738 תורת הבקרה	2	1	3.0	
00840154 שיטות ניסוי בהנדסת אויר-חלל	1	-	2.5	
** (מקצועות ברירה - ליבה אוירונאוטיקה או אסטרונאוטיקה (2.5 נק', ראו פרוט בהמשך)	2	1	-	2.5
	13	5	4	17.5

(*) 4 שעות הרצאה, חד-פעמי. חובה לפני ביצוע המעבדות בקורס מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל. ללא זיכוי בנקודות.

סמסטר 6	ה'	ת'	מ'	נק'
00440098 מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל	3	1	4.0	
*** שיטות ניסוי מתקדמות	-	-	2.5	
** מקצועות ברירה מתוך ליבות	-	-	5 או 6	
אויירונאוטיקה או אסטרונאוטיקה (ראו פרוט בהמשך)				
מקצועות בחירה				

סמסטר 7	ה'	ת'	מ'	נק'
**** פרויקט תכן 7	2	1	-	3.0
**** סמינריון	-	2	-	1.0
מקצועות בחירה				

סמסטר 8	ה'	ת'	מ'	נק'
**** פרויקט תכן 8	2	1	-	3.0
מקצועות בחירה				

מקצועות ברירה

** חובה לבחור אחת מבין שתי קבוצות מקצועות הליבה הבאות:

מקצועות ליבה אוירונאוטיקה:

ה'	ת'	מ'	נק'
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5

מקצועות ליבה אסטרונאוטיקה:

ה'	ת'	מ'	נק'
2	1	-	2.5
3	1	-	3.5
2	1	-	2.5

*** יש לבחור קורס אחד בשיטות ניסוי מתקדמות מבין: 00840156 שיטות ניסוי מתקדמות, 00850305 מעבדה בזרימה, 00805405 מעבדה בהנעה, 00850455 מעבדה במנועי סילון וטורבינות, 00850505 מעבדה במבנים, 00850705 מעבדה בבקרה, 00850220 מעבדה במכניקת הטיס, 00850905 מעבדה במערכות חלל ולוויות, 00850156 פרויקט ניסוי. מומלץ כי הבחירה תעשה בהתאם לבחירת האשכולות.

**** פרויקט תכן 7 ו-8 מרכיבים את פרויקט הסיום השנתי. הם יבחרו כצמד מבין פרויקט אוירונאוטיקה (00840651 בחורף ו-00840652 באביב) או פרויקט אסטרונאוטיקה (00840653 בחורף ו-00840654 באביב).

3.0	-	-	3	00860923	אסטרודינמיקה
3.0	-	-	3	00860924	יסודות הני פלסמה אויר-חלל
3.0	-	-	3	00860926	בקרת הכוון חלליות
3.0	1	-	3	00880900	מערכות חלל מבזרות

מקצועות אשכול הנחיה, ניווט, בקרה, ומערכות אוטונומיות

3.0	4	-	-	00850605	מעבדה באוינמיקה ותוכנת הטסה
3.0	-	-	3	00860289	בקרת מערכות רבות קלט פלט
3.0	-	-	3	00860290	בקרת מסלולי לוויינים
3.0	-	-	3	00860312	בקרה לא ליניארית
3.0	-	-	3	00860721	נושאים נבחרים בבקרה תעופתית 1
3.0	-	-	3	00860723	נוש' נב' ברובוטיקה ובינה מלאכותית
3.0	-	-	3	00860730	בקרה של מערכות מרובות סוכנים
3.0	-	-	3	00860733	תהליכים אקראיים
3.0	-	-	3	00860755	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס
3.0	-	-	3	00860759	מערכות ניווט
3.0	-	-	3	00860760	עקרונות הנחיה וביות
3.0	-	-	3	00860761	ניווט ומיפוי מבוסס ראייה ממוחשבת
3.0	-	-	3	00860762	ניווט וחישת עולם אוטונומיים
3.0	-	-	3	00860777	תורת השערוך
3.5	-	1	3	00860789	תכן ניווט לוויני מבוסס GPS
3.0	-	-	3	00860926	בקרת הכוון חלליות
3.0	-	-	3.1	00880751	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות
3.0	-	-	3.2	00880752	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות
3.0	-	-	3	00880759	נושאים מתקדמים בהנחיית טילים
3.0	-	-	3	00880792	בקרה איתנה

מקצועות אשכול הנעה והמרת אנרגיה

2.5	-	1	2	00850406	הנעה רקטית
2.5	-	1	2	00850407	מנועי סילון
3.0	-	-	3	0850925	מבוא לפיסיקה של הגזים
3.0	-	-	3	00860320	מעבר חום בהנדסת אויר-חלל
3.0	-	-	3	00860401	מערכות הנעת כלי טיס
3.0	-	-	3	00860403	הנעה רקטית בהודף מוצק
3.0	-	-	3	00860414	מנועי מגח סילון
3.0	-	-	3	00860461	נושאים נבחרים באמצעי הנעה 1
3.0	-	-	3	00860470	מבוא לשריפה על קולית
3.0	-	-	3	00860478	תהליכי שריפה
3.0	-	-	3	00860480	טורבו מכונות
3.0	-	-	3	00860484	שיטות מדידה מתקדמות בזרימה
3.0	-	-	3	0860485	ניהול תרמי תעופתי
3.0	-	-	3	0860865	אינטגרציה של מערכות
3.0	-	-	3	00880413	דינמיקה ושריפה של תרסיסי דלק
לבוחרים אשכול זה חובה ללמוד את הקורסים הנעה רקטית 00850406 ומנועי סילון 00850407					

מקצועות אשכול מכניקת מבנים וחומרים

3.0	-	-	3	00860241	אוירואלסטיות 1
3.0	-	-	3	00860051	הידוד זורם מבנה
3.0	-	-	3	00860520	בעיות מצומדות בחומרים פונקציונליים לא ליניאריים
3.0	-	-	3	00860521	נושאים נבחרים במבנים אויר-חלל 1
3.0	-	-	3	00860530	אנליזה של מבנים דקי דופן
3.0	-	-	3	00860534	מבוא לניטור בריאות מבנים
3.0	-	-	3	00860535	מכניקת השבר במבנים תעופתיים
3.0	-	-	3	00860574	אלמנטים סופיים בהנדסה אוירונאוטית
3.0	-	-	3	00860576	תורת האלסטיות
3.0	-	-	3	00860577	דינמיקת מבנים

**** יש לבחור סמינריון אחד בלבד מבין: 00850801 סמינריון בנושא זרימה, 00850802 סמינריון בנושא מבנים, 00850803 סמינריון בנושא הנעה, 00850804 סמינריון בנושא בקרה, 00850805 סמינריון בנושא חלל, 00850806 סמינריון בנושא תכן, 00850807 סמינריון בנושא רובוטיקה ובינה מלאכותית. מומלץ כי הבחירה תעשה בהתאם לבחירת האשכולות.

מקצועות בחירה

יש לבחור 24 נק' לפחות בשלושה מתוך שבעת האשכולות המפורטים בהמשך, 8 נק' לפחות בכל אשכול. את שאר הנקודות הנדרשות ניתן לבחור הן מתוך כלל מקצועות הבחירה של הפקולטה והן מתוך רשימת מקצועות הבחירה של פקולטות אחרות המפורטות באתר הפקולטה. היקף מקצועות הבחירה מפקולטות אחרות לא יעלה על 9 נק'. מקצוע שנלקח כמקצוע ליבה אינו יכול להיחשב כמקצוע בחירה. רשימת מקצועות הבחירה מתעדכנת מעת לעת. יש לשים לב לפרסומים באתר הפקולטה ובמזכירות.

מקצועות אשכול אוירודינמיקה ואירואקוסטיקה

ה'	ת'	מ'	נק'		
3	-	-	3.0	00850322	אווירודינמיקה שימושית
-	2	-	1.0	00850326	סדנא לאווירודינמיקה חישובית
3	-	-	3.0	00850925	מבוא לפיסיקה של הגזים
3	-	-	3.0	00860172	שיטות נומריות בהנדסת אויר
3	-	-	3.0	00860320	מעבר חום בהנדסת אויר-חלל
3	-	-	3.0	00860321	נושאים נבחרים בתורת הזרימה 1
3	-	-	3.0	00860325	דינמיקה ויציבות זרימות רב-פאזיות
3	-	-	3.0	00860326	קוורטציה ודינמיקת בועות
3	-	-	3.0	00860327	שיטות נומריות ביציבות זרימה
3	-	-	3.0	00860366	מבוא לזרימה טורבולנטית
3	-	-	3.0	00860376	אווירודינמיקה חישובית
3	-	-	3.0	00860380	מבוא לשכבות גבול
3	-	-	3.0	00860385	מבוא לזרימת גזים קלושים
3	-	-	3.0	00860389	אווירודינמיקה של גופים וכנפיים
3	-	-	3.0	00860395	אווירואקוסטיקה של כלי טייס
3	-	-	3.0	00860390	מבוא לאווירואקוסטיקה
3	-	-	3.0	00860484	שיטות מדידה מתקדמות בזרימה והנעה
3	-	-	3.0	00860787	בקרה תרמית של חלליות
3	-	-	3.0	00860800	יסודות הזרימה השגיא קולית
3	-	-	3.0	00860802	שיטות בדמיות והערכה
3	-	-	3.0	08800102	אווירודינמיקה חישובית 2
3	-	-	3.0	00808318	תורת הכנף
3	-	-	3.0	00880320	אוויר-והידרו-דינמיקה של הנעה בטבע
3	-	-	3.0	00880780	יציבות של שכבות גבול

מקצועות אשכול אוירונאוטיקה

2	1	-	2.5	00840220	מכניקת הטיס 1
2	1	-	2.5	00840221	מכניקת הטיס 2
3	-	-	3.0	00860241	אוירואלסטיות 1
3	-	-	3.0	00860201	בליסטיקה חיצונית ודינמיקת קליעים
3	-	-	3.0	00860219	דינמיקה ואוירודינמיקה של מסוקים
3	-	-	3.0	00860755	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס
3	-	-	3.0	00880320	אויר-והידרו-דינמיקה של הנעה בטבע

מקצועות אשכול אסטרונאוטיקה

2	1	-	2.5	00840913	יסודות הנדסת חלל
3	1	-	3.5	00850915	מכניקת גופים בחלל
2	1	-	2.5	00850920	הנעה חשמלית לחלל
3	-	-	3.0	00860290	בקרת מסלולי לוויינים
3	-	-	3.0	00860385	מבוא לזרימת גזים קלושים
3	-	-	3.0	00860787	בקרה תרמית של חלליות
3	1	-	3.5	00860789	תכן ניווט לוויני מבוסס GPS
2	-	-	2.0	00860821	נושאים נבחרים בהני אויר-חלל 1
3	-	-	3.0	00860920	הנעה חשמלית בחלל
3	-	-	3.0	00860921	נושאים נבחרים בהנדסת חלל 1

מגמת אוירונאוטיקה/אסטרונאוטיקה ופיסיקה (מוביל לתואר "מוסמך בהנדסת אוירונאוטיקה וחלל ובפיסיקה במתכונת דו-חוגית") 008181-1-000

מטרת התוכנית המשותפת היא להכשיר בוגרים בעלי ידע בסיסי רחב בלימודי הפיזיקה ובהנדסת האוירונאוטיקה והחלל. בוגרי התוכנית יצברו ידע במגוון קורסי החובה שבכל אחת מתוכניות ההסמכה הנפרדות, וילמדו בנוסף שורת קורסים מתקדמים מכל אחת מן התוכניות לבחירתם. התוכנית מיועדת לבעלי רקע קודם של לימודי מתמטיקה ופיזיקה ברמה ראוייה בתיכון, ותעניק לבוגריה השכלה מדעית-הנדסית מעמיקה שתאפשר למצטיינים להמשיך ללימודי תואר גבוה בכל אחת מהפקולטות. בוגרי התוכנית צפויים להשתלב במגוון רחב של תעשיות, ובפרט כאלו שעוסקות בתחום החלל.

על מנת להשלים את התואר יש לצבור 178 נקודות לפחות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	93	נק'
מקצועות חובה במגמה (מסומנים ב-~)	29	נק'
מקצועות ברירה	8.5 או 9.5	נק'
אווירונאוטיקה/אסטרונאוטיקה		
מקצועות בחירה	22 או 23	נק'
אווירונאוטיקה/אסטרונאוטיקה		
מקצועות בחירה פיסיקה	12.5	נק'
מקצועות בחירה כלל טכניוניות:	12	נק'
4 נק' בחירה חופשית		
6 נק' העשרה (מל"ג)		
2 נק' חנ"ג		

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

מקצועות החובה – השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
-	-	-	-	קורס בטיחות במעבדות חשמל (*)
2	-	1	2.0	מוכנות מתמטית לפיסיקה (**) 01040000
4	2	-	5.0	אלגברה 1מ' 01040064
4	3	-	5.5	חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי 1ת 01040012
4	2	-	5.0	פיסיקה 1פ' 01140074
-	-	3	1.5	מעבדה לפיסיקה 1מ' ~01140020
2	2	2	4.0	מבוא למחשב שפת פייתון 02340128
4	-	-	3.0	אנגלית טכנית-מתקדמים ב 03240033
24				

* שעות הרצאה, חד-פעמי. ללא זיכוי בנקודות.

** קורס בחירה חופשית בלבד. מומלץ כהכנה לקורס פיסיקה 1פ'.

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
4	3	-	5.5	חדו"א 2ת' 01040013
2	1	-	2.5	אלגברה 2מ' 01040038
3	2	-	4.0	מד"ר מ' 01040136
4	2	-	5.0	פיסיקה 2פ' 01140076
3	2	-	4.0	מכניקת המוצקים 00840506
-	1.5	-	1.5	מעבדה לפיסיקה 2מ' 01140021
22.5				

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
3	1	-	3.5	מבוא להסתברות ח' 01040034
2	1	-	2.5	משוו. דיפ. חלק. ת. 01040220
2	1	-	2.5	טורי פורייה והתמרות אינטגרליות 01040214
2	1	-	2.5	פונקציות מרוכבות א' 01040215
3	1	-	3.5	גלים ~01140086
3	2	-	4.0	מכניקה אנליטית 01140101
3	1	-	1.5	מעבדה לפיסיקה 3מ' ~01140035
20				

3	-	-	3.0	שיטות אופטימיזציה בתכן מבנים אויר 00860580
3	-	-	3.0	תכן מבנה מטוסים 00860583
3	-	-	3.0	מבוא למערכות מבנים נבונים 00860901
3	-	-	3.0	תורת היציבות של מבנים 00870532
3	-	-	3.0	בעיות שפה והתחלה בשיטת אלמנט סופי 00880504

מקצועות אשכול תכן והנדסת מערכות

2	1	-	2.5	הנדסת מערכות אויר-חלל 00840143*
-	4	-	2.0	פרויקט תכן מכני 00850634
2	-	-	2.0	תמיכה כוללת במוצר אויר-חלל 00850640
-	-	4	3.0	מעבדה באווירונאוטיקה ותוכנת הטסה 00850605
-	-	-	3.0	מבוא לתכן מכני של לוויין 00850691
-	-	-	3.0	תכן ראשוני של מטוסים 00850695
-	-	-	3.0	נושאים נבחרים בהנדסת מערכות 00860233
-	-	2	2.0	תכן מערכות סרוו 00860650
-	-	2	2.0	תכן מערכות מכ"ם 00860651
*לבוחרי אשכול זה, קורס 08400143 הנדסת מערכות אויר-חלל הינו חובה				

מקצועות בחירה נוספים

1	-	-	1.0	חשיפה למחקר 0850000
2	-	3	2.5	פרויקט ניסוי 00850156
-	-	-	3.0	פרויקט מחקר 1 00850851
-	-	-	3.0	פרויקט מחקר 2 00850852

מקצועות בחירה חופשית בלבד

-	2	-	1.5	תעופה ספורטיבית 00850101-4
2	-	-	2.0	מבוא להנ" אוירונאוטיקה וחלל 00850201*
*ניתן ללמוד את הקורס רק בסמסטר הראשון ללימודים				

מידע נוסף:

מזכירות לימודי הסמכה בפקולטה טל': 073-378-2758

ae.ug.ad@technion.ac.il

אתר האינטרנט של הפקולטה להנדסת אוירונאוטיקה וחלל:

<http://aerospace.technion.ac.il>

מקצועות בחירה אוירנוטיקה/אסטרנוטיקה:

יש לבחור 21.5 נקודות (לבוחרים בליבת אירונטיקה) או 20.5 נקודות (לבוחרים בליבת אסטרונטיקה). מקצוע שנלקח כמקצוע ליבה אינו יכול להיחשב כמקצוע בחירה. רשימת מקצועות הבחירה מתעדכנת מעת לעת. יש לשים לב לפרסומים באתר הפקולטה ובמזכירות.

מקצועות בתחום אירודינמיקה ואירואקוסטיקה

ה'	ת'	מ'	נק'
3	-	-	008503222
-	2	-	00850326
3	-	-	00850925
3	-	-	00860172
3	-	-	00860320
3	-	-	00860321
3	-	-	00860325
3	-	-	00860326
3	-	-	00860327
3	-	-	00860366
3	-	-	00860376
3	-	-	00860380
3	-	-	00860385
3	-	-	00860389
3	-	-	00860395
3	-	-	00860390
3	-	-	00860484
3	-	-	00860787
3	-	-	00860800
3	-	-	00860802
3	-	-	08800102
3	-	-	08808318
3	-	-	00880320
3	-	-	00880780

מקצועות בתחום אוירונאוטיקה

2.5	-	1	2	מכניקת הטייס 1	00840220
2.5	-	1	2	מכניקת הטייס 2	00840221
3.0	-	-	3	אווירואלסטיות 1	00860241
3.0	-	-	3	בליסטיקה חיצונית ודינמיקת קליעים	00860201
3.0	-	-	3	דינמיקה ואווירודינמיקה של מסוקים	00860219
3.0	-	-	3	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס	00860755
3.0	-	-	3	אוויר-והידרו-דינמיקה של הנעה בטבע	00880320

מקצועות בתחום אסטרונאוטיקה

2.5	-	1	2	00840913	יסודות הנדסת חלל
3.5	-	1	3	00850915	מכניקת גופים בחלל
2.5	-	1	2	00850920	הנעה חשמלית לחלל
3.0	-	-	3	00860290	בקרת מסלולי לוויינים
3.0	-	-	3	00860385	מבוא לזרימת גזים קלושים
3.0	-	-	3	00860787	בקרה תרמית של חלליות
3.5	-	1	3	00860789	תכן ניווט לוויני מבוסס GPS
2.0	-	-	2	00860821	נושאים נבחרים בהי אויר-חלל 1
3.0	-	-	3	00860920	הנעה חשמלית בחלל
3.0	-	-	3	00860921	נושאים נבחרים בהנדסת חלל 1
3.0	-	-	3	00860923	אסטרודינמיקה
3.0	-	-	3	00860924	יסודות הי פלסמה אוויר-חלל
3.0	-	-	3	00860926	בקרת הכוון חלליות
3.0	1	-	3	00880900	מערכות חלל מבזרות

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
3	1	-	3.5	00840311 אוירודינמיקה בלתי דחיסה
2	1	1	3.0	00840737 מערכות דינמיות
2	1	-	2.5	00840515 מבוא לתורת האלסטיות
4	2	-	5.0	01150203~1 פיסיקה קוונטית 1
4	2	-	5.0	01140036 פיס. סטט. ותרמית
-	-	3	1.5	01140037~1 מעבדה לפיסיקה 4מח'
20.5				

סמסטר 5

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
1	3	2.5		שיטות ניסוי בהנדסת אויר חלל 00840154
2	1	2.5		זרימה דחיסה, כונסים ונחירים 00840312
3	1	3.5		זרימה צמיגה ומעבר חום 00840314
2	1	3.0		תורת הבקרה 00840738
4	2	5.0		פיסיקה קוונטית 2 01150204
-	-	3.0	6	מעבדה לפיסיקה 5 01140250
		2.5		מקצוע ברירה מתוך ליבות אוירונטיקה ###
				או אסטרונטיקה (ראו פרוט בהמשך)

22

סמסטר 6

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 6
2	1	-	2.5	00840135 אנליזה נומרית מ'
3	1	1	4.0	00440098 מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל
4	2	-	5.0	01140246~אלקטרומגנטיות ואלקטרודינמיקה
			או 5	### מקצועות ברירה מתוך ליבות
			6	אווירונטיקה או אסטרונטיקה (ראו פרוט בהמשך)
-	2	-	1.0	#### סמינריון

16.5/17.5

סמסטר 7

מקצועות בחירה

סמסטר 8

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 8
2	4	-	4.0	00840630 שרטוט הנדסי ממוחשב
				מקצועות בחירה

מקצועות ברירה באירונותיקה/אסטרונוטיקה

חובה לבחור אחת מבין שתי קבוצות מקצועות הליכה הבאות :

מקצועות ליבה אורינוטיקה:

ה'	ת'	מ'	נק'
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5

מקצועות ליבה אסטרונטיקה:

ה'	ת'	מ'	נק'
2	1	-	2.5
3	1	-	3.5
2	1	-	2.5

יש לבחור **סמינריון** אחד בלבד מבין: 00850801 סמינריון בנושא זרימה, 00850802 סמינריון בנושא מבנים, 00850803 סמינריון בנושא הנעה, 00850804 סמינריון בנושא בקרה, 00850805 סמינריון בנושא חלל, 00850807 סמינריון בנושא רובוטיקה ובינה מלאכותית.

מקצועות בחירה נוספים

1.0	-	-	1	חשיפה למחקר	0850000
2.5	3	-	2	פרויקט ניסוי	00850156
3.0	-	-	-	פרויקט מחקר 1	00850851
3.0	-	-	-	פרויקט מחקר 2	00850852

מקצועות בחירה פיסיקה:

יש לבחור 10.5 נק' לפחות ממקצועות בחירה מתוך רשימה 2 ועוד 2 נק' לפחות ממקצועות בחירה מתוך רשימה 3. ניתן לבצע פרויקט לפי בחירה.

רשימת בחירה 2

ה'	ת'	מ'	נק'		
3	1	-	3.5	פיזיקה של מצב מוצק (סמסטר א)	01160217
3	1	-	3.5	אופטיקה (סמסטר ב)	01160210
3	1	-	3.5	מבוא לביופיזיקה (סמסטר א)	01160029
3	1	-	3.5	אסטרופיזיקה וקוסמולוגיה (סמסטר א)	01160354
3	1	-	3.5	מבוא לאינפורמציה וחישוב קוונטים (סמסטר ב)	01160031
3	1	-	3.5	פיזיקה של גרעינים וחלקיקים יסודיים (סמסטר ב)	01160004

רשימת בחירה 3

ה'	ת'	מ'	נק'	מתאים מסמסטר		
2	-	-	2.0	4	מרחבי זמן וחורים שחורים	01140102
1	-	-	1.0	5	דו"ח סגל מחקר סתיו	01140226
1	-	-	1.0	5	דו"ח סגל מחקר אביב	01140227
3	1	-	3.5	6	פיזיקה של לייזרים ואופטיקה קוונטית	01160041
2	-	-	2.0	5	סמינר בפרקים נבחרים בפיזיקה-חורף	01160028
2	-	-	2.0	5	סמינר בפרקים נבחרים בפיזיקה – אביב	01160030
2	-	-	2.0	6	פיזיקה של האטמוספירה	01160110
2	-	-	2.0	6	תהליכים גרעיניים באסטרופיזיקה	01160033
3	-	-	3.0	6	מערכות קוונטיות מקרוסקופיות	01160034
3	1	-	3.5	6	תורת הקוונטים של החומר 1	01160035
2	1	-	2.5	6	מבנים קוונטים במוליכים למחצה	01160036
2	-	-	2.0	6	מחשוב קוונטי רועש	01160037
2	-	-	2.0	6	פיז. של אטומים ומולקולות קרים	01160039
2	-	-	2.0	6	אינפורמציה קוונטית מתקדמת	01160040
2	-	-	2.0	6	טכנולוגיות קוונטיות	01160083
2	-	-	2.0	5	פיזיקה חישובית	01160094
2	-	-	2.0	6	פיזיקה של סדרי גודל	01160095
2	1	-	2.5	5	חיפוש פיזיקה חדשה בניסויים קטנים	01160096
2	1	-	2.5	4	שיטות סטטיסטיות ונומריות בפיזיקה	01160105
3	-	-	3.0	6	נושאים בפיזיקה תיאורטית 1	01160161
3	-	-	3.0	6	נושאים בפיזיקה ניסויית 1	01160163
3	-	-	3.0	5	ביו-פיזיקה של התא	01160321
-	-	5	2.0	5	מעבדה בחישוב קוונטי פיסיקה וכימיה	01160355
-	-	6	3.0	6	מעבדה בטכנולוגיות קוונטיות	01160356
2	-	-	2.0	5	נושאים נבחרים בפיזיקה של מערכות חיות	01160611
3	-	-	3.0	6	תורת המיתרים למתחילים	01170001
3	-	-	3.0	5	אי לינאריות וכאוס	01170002
3	-	-	3.0	6	פיזיקה של מים ותמיסות מימיות	01107003
2	-	-	2.0	6	שיטות ניסיוניות באלקטרונים מתואמים	01170004
3	1	-	3.5	6	פיזיקה מזוסקופית קוונטית	01170006
2	-	-	2.0	6	שיטות ניסיוניות במצב מוצק 1	01170010
3	1	-	3.5	6	פיזיקה של אטומים ומולקולות	01170015
3	1	-	3.5	6	מבוא לפיזיקת הפלזמה	01170016
3	-	-	3.0	6	על מוליכות ועל נוזליות	01170021
3	-	-	3.0	5	אופטיקה מתקדמת	01170066
2	1	-	2.5	6	אסטרופיזיקה תצפיתית	01170090
3	-	-	3.0	5	כאוס המילטוני-קלסי וקוונטי	01170098
3	1	-	3.5	6	תורת החברות בפיזיקה	01170140
3	-	-	3.0	4	דרכי הוראת הפיזיקה 1	02140301
3	-	-	3.0	4	דרכי הוראת הפיזיקה 2	0214302

מקצועות בתחום הנחיה, ניווט, בקרה, ומערכות אוטונומיות

ה'	ת'	מ'	נק'		
-	-	4	3.0	מעבדה באוינוניקה ותוכנת הטסה	00850605
3	-	-	3.0	בקרת מערכות רבות קלט פלט	00860289
3	-	-	3.0	בקרת מסלולי לוויינים	00860290
3	-	-	3.0	בקרה לא ליניארית	00860312
3	-	-	3.0	נושאים נבחרים בבקרה תעופתית 1	00860721
3	-	-	3.0	נוש' נב' ברובוטיקה ובינה מלאכותית	00860723
3	-	-	3.0	בקרה של מערכות מרובות סוכנים	00860730
3	-	-	3.0	תהליכים אקראיים	00860733
3	-	-	3.0	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס	00860755
3	-	-	3.0	מערכות ניווט	00860759
3	-	-	3.0	עקרונות הנחיה וביות	00860760
3	-	-	3.0	ניווט ומיפוי מבוסס ראייה ממוחשבת	00860761
3	-	-	3.0	ניווט וחישת עולם אוטונומיים	00860762
3	-	-	3.0	תורת השערוך	00860777
3	1	-	3.5	תכן ניווט לווייני מבוסס GPS	00860789
3	-	-	3.0	בקרת הכוון חלליות	00860926
3	-	-	3.0	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות 31	00880751
3	-	-	3.0	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות 32	00880752
3	-	-	3.0	נושאים מתקדמים בהנחיית טילים	00880759
3	-	-	3.0	בקרה איתנה	00880792

מקצועות בתחום הנעה והמרת אנרגיה

ה'	ת'	מ'	נק'		
2	1	-	2.5	הנעה רקטית	00850406
2	1	-	2.5	מנועי סילון	00850407
3	-	-	3.0	מבוא לפיזיקה של הגזים	00850925
3	-	-	3.0	מעבר חום בהנדסת אויר-חלל	00860320
3	-	-	3.0	מערכות הנעת כלי טיס	00860401
3	-	-	3.0	הנעה רקטית בהדוף מוצק	00860403
3	-	-	3.0	מנועי מגח סילון	00860414
3	-	-	3.0	נושאים נבחרים באמצעי הנעה 1	00860461
3	-	-	3.0	מבוא לשריפה על קולית	00860470
3	-	-	3.0	תהליכי שריפה	00860478
3	-	-	3.0	טורבו מכונות	00860480
3	-	-	3.0	שיטות מדידה מתקדמות בזרימה	00860484
3	-	-	3.0	ניהול תרמי תעופתי	00860485
3	-	-	3.0	אינטגרציה של מערכות	00860865
3	-	-	3.0	דינמיקה ושריפה של תרסיסי דלק	00880413
				לבחורים אפשרי זה חובה ללמוד את הקורסים הנעה רקטית 00850406 ומנועי סילון 00850407	

מקצועות בתחום מכניקת מבנים וחומרים

ה'	ת'	מ'	נק'		
3	-	-	3.0	אווירואסטיות 1	00860241
3	-	-	3.0	הידוד זורם מבנה	00860051
3	-	-	3.0	בעיות מצומדות בחומרים פונקציונליים לא ליניאריים	00860520
3	-	-	3.0	נושאים נבחרים במבנים אויר-חלל 1	00860521
3	-	-	3.0	אנליזה של מבנים דקי דופן	00860530
3	-	-	3.0	מבוא לניטור בריאות מבנים	00860534
3	-	-	3.0	מכניקת השבר במבנים תעופתיים	00860535
3	-	-	3.0	אלמנטים סופיים בהנדסה אווירונטית	00860574
3	-	-	3.0	תורת האלסטיות	00860576
3	-	-	3.0	דינמיקת מבנים	00860577
3	-	-	3.0	שיטות אופטימיזציה בתכן מבנים אויר	00860580
3	-	-	3.0	תכן מבנה מטוסים	00860583
3	-	-	3.0	מבוא למערכות מבנים נבונים	00860901
3	-	-	3.0	תורת היציבות של מבנים	00870532
3	-	-	3.0	בעיות שפה והתחלה בשיטת אלמנט סופי	00880504

תכנית התמחות משנה בין-פקולטית ברובוטיקה

התכנית מיועדת לסטודנטים בתואר ראשון בפקולטות המשתתפות, בכפוף להרשמה ומיון. מילוי דרישות התכנית יקנה תעודה טכניונית בנוסף לתואר הפקולטי. התכנית מכילה רשימות קורסים מהפקולטות המשתתפות המהווים בסיס נרחב לתחום הרובוטיקה על מגוון היבטים, ובהם גם קורסי מעבדה מעשית. להשלמת התכנית, הסטודנטים נדרשים לצבור 27 נקודות זכות מתוך הרשימות להלן, שהינן מעבר לדרישות קורסי החובה של התואר בפקולטת האם אליה הם רשומים. סף הכניסה להרשמה לתכנית הינו ממוצע מצטבר 87.0 לפחות, ולאחר צבירת 60 נקודות זכות. יש לקחת קורסים על פי הרשימות כלדהלן.

**רשימה 1 – מקצועות קדם:
יש לקחת לפחות קורס אחד מתוך הרשימה.**

00340040	מבוא לבקרה	נק' 3.0
00350188	תורת הבקרה	נק' 3.5
00440191	מערכות בקרה 1	נק' 4.0
00440268	מבוא למבני נתונים ואלגוריתמים	נק' 3.0
00440202	אותות אקראיים	נק' 3.0
00840738	תורת הבקרה	נק' 3.0
00860733	תהליכים אקראיים במע' אויר'	נק' 3.0
00940224	מבני נתונים ואלגוריתמים	נק' 4.0
00940312	מודלים דטרמיניסטיים בחקר ביצועים	נק' 4.0
02340268	מבני נתונים ואלגוריתמים	נק' 3.0

**רשימה 2 – קורסי מבוא לרובוטיקה:
יש לקחת קורס אחד מתוך הרשימה.**

00350001	מבוא לרובוטיקה	נק' 2.5
00460212	מבוא לרובוטיקה ח'	נק' 3.0
02360927	מבוא לרובוטיקה	נק' 3.0

**רשימה 3 – למידה ובינה מלאכותית:
יש לקחת לפחות קורס אחד מתוך הרשימה.**

00360049	רשתות עצביות לבקרה ודיאגנוסטיקה	נק' 2.5
00460195	מערכות לומדות	נק' 3.5
02360756	מבוא למערכות לומדות	נק' 3.0
00960411	למידה חישובית 1	נק' 3.5
00960210	יסודות בינה מלאכותית ויישומיה	נק' 3.5
02360501	מבוא לבינה מלאכותית	נק' 3.0

**רשימה 4 – מעבדה מעשית:
יש לקחת לפחות קורס אחד מתוך הרשימה.**

00340401	מעבדה מתקדמת לרובוטים	נק' 2.5
00850705	מעבדה בבקרה	נק' 2.5
00950111	תכן מערכות ייצור	נק' 3.5
02360006	נושאים בבינה מלאכותית ורובוטיקה	נק' 3.0
00460214	*פרויקט ברובוטים ניידים	נק' 1.0
00440167	**פרויקט רכבים אוטונומיים	נק' 4.0

* קורס זה ניתן בצמוד לקורס 046213, הנמצא ברשימה 5
**במסגרת קורס "פרויקט א' "

**רשימה 5 – קורסי ליבה ברובוטיקה:
יש לקחת לפחות 4 קורסים מתוך הרשימה, ומתוכם לפחות 2 מחוץ לפקולטת האם.**

00360026	קינמטיקה דינמיקה ובקרה של רובוטים	נק' 2.5
00360044	תכן תנועת רובוטים וניווט ע"י חיישנים	נק' 3.0
00860762	ניווט וחישת עולם אוטונומיים	נק' 3.0
00860761	ניווט נעזר ראייה ממוחשבת	נק' 3.0
00460213	רובוטים ניידים	נק' 3.0
00460203	תכנון ולמידה מחיזוקים	נק' 3.0
00970244	רובוטים קוגניטיביים	נק' 2.5
00960208	בינה מלאכותית ומערכות אוטונומיות	נק' 2.5
02360203	נושאים בבינה מלאכותית שיתופית	נק' 3.0
02360767	אלגוריתמים לתכנון תנועה רובוטי	נק' 3.0