

# הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל

## חברי הסגל האקדמי

<b>דיקן הפקולטה</b> רווה דניאלה	<b>מרצה</b> מקסים פריידין
<b>פרופסורים</b> בן-אשר יוסי גבעולי דן גורפיל פנחס יוסילבסקי גיל רווה דניאלה שימא טל תאופיליס וסיליס	<b>פרופסור אורח</b> מרטינושי ולדימיר בטחין ולדימיר
<b>פרופסורים חברים</b> איזן משה אינדלמן ואדים גיקובי איאן זלזו דניאל מנלה אבשלום צ'יקורל בני לפקוביץ יוסף מייקלס דן שפרמן ויטלי	<b>פרופסור מחקר אמריטוס</b> ויס דניאל
<b>מרצים בכירים</b> דגן יובל טרזיס אלכסנדרוס גלזמן יגאל קרפ מיכאל פבל גליץ	<b>פרופסורים אמריטי</b> אושמן יעקב גלמן משה גני אלון גרינברג ג'רוולד ברי דורבן דוד וולר תנחום טמבור יורם כהן יעקב לוי ישעיהו נתן בני פרנקל יצחק קרפל מרדכי רוזן אביב רנד עמרי
	<b>חברי סגל בגמלאות</b> אברמוביץ חיים יודילביץ גיל בורקט אלכסנדר ברקוביץ אברהם גרנוולד ארתור לנדקוף בנימין שטיינברג אברהם שטריקר יוסף

הפיתוח והייצור של מטוסים 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: מטוסים 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 הטיליות המפותחות במדינה, הכלולות את מערכות הטילים נגד טילים "חץ", "כיפת ברזל", ו-"שרביט קסמים", כמו גם טילי אוויר-אוויר מהמתקדמים בסוגם, הפכו לשם דבר עולם, והתעשייה האווירית מפתחת ובונה את מטוסי המנהלים הטובים בעולם בקטגוריה שלהם. הישגים מופלאים אלו ורבים נוספים לא היו אפשריים ללא אותה החלטה אמיצה של בן גוריון ובני דורו על הקמת הפקולטה (אז – מחלקה) להנדסה אוירונטית.

מסגרת הפעילויות הרחבה והמגוונת באוויר-חלל מאפשרת למהנדס לבחור תחום שבו ייתן 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 והמערכת מייסודו, 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.

על מנת להכשיר מהנדסים שיעסקו במגוון המשימות וידעו להתמודד עם האתגרים שהמקצוע מצביא בפניהם, תוכנית הלימודים של הפקולטה תוכננה כך שתקנה לסטודנטים רקע תיאורטי וניסויי רחב ככל האפשר, על מנת לאפשר להם להתפתח ולהתקדם וגם להיות מהנדסי מערכת המובילים פיתוחים של פרויקטים מורכבים ומנהלים בתעשיות האוויר-חלל. תכנית הלימודים מורכבת מרכישת ידע ומיומנויות במדעים הבסיסיים ובמדעי ההנדסה, וביסודות של כל תחומי האוירונטיקה והחלל: אווירודינמיקה; מבנים; הנעה; בקרה, ניווט והנחה; הנדסת חלל, ותכן וייצור של כלי טייס. בסמסטרים 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 בתחומי האוירונטיקה או החלל (מטוס, טיל, לוויין וכדומה). מדי שנה משתתפת הפקולטה בתחרות בינלאומית עם אחד מן הפרויקטים האלו – בדרך כלל מטוס זעיר ללא טייס (מזל"ט) אוטונומי המבצע משימות מוכתבות – ומשיגה בתחרות זאת תוצאות מכובדות.

## 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-60 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.

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

## תוכנית הלימודים

### מגמת אירונותיקה/אסטרונוטיקה (מוביל לתואר "מוסמך למדעים בהנדסת אירונותיקה וחלל")

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

מקצועות חובה	86.5	נק'
מקצועות חובה במגמה (מסומנים ב-*)	8.5	נק'
מקצועות ברירה פקולטיים	17 או 18	נק'
מקצועות בחירה פקולטיים	35 או 36	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

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
4	2	-	5.0	01040041 חדו"א 1מ1
4	2	-	4.5	01040019 אלגברה לינארית מ
2	1	-	2.5	01140051 פיסיקה 1
2	2	2	4.0	02340128 מבוא למחשב-שפת פייתון
2	2	-	3.0	01250001*כימיה כללית
4	-	-	3.0	03240033 אנגלית טכנית-מתקדמים ב
18	9	2	22.0	

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

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

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

תכנית הלימודים של הפקולטה הינה ארבע-שנתית ומובילה לתואר "מוסמך למדעים בהנדסת אירונותיקה 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. כמו כן לפקולטה תכנית מיוחדת הקרויה "גבהים" עבור סטודנטים מעולים בלימודי הסמכה. התכנית מיועדת לטפח את מצטייני הפקולטה ולקדם אותם לקראת מחקר כבר במהלך לימודי התואר הראשון. פרטים על תכנית זאת מצויים באתר האינטרנט של הפקולטה.

### לימודים לקראת תואר ראשון נוסף הכולל תעודת הוראה

במקביל ללימודים לקראת תואר ראשון בפקולטה, קיימת אפשרות ללימודי תואר ראשון נוסף (הכולל תעודת הוראה) בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה. לימודי התואר הראשון הנוסף הם באחת משמונה מגמות ההתמחות הבאות: הוראת מתמטיקה, הוראת פיסיקה, הוראת כימיה, הוראת ביולוגיה, הוראת מדעי המחשב, הוראת מדעי הסביבה, הוראת טכנולוגיה-מכונות, הוראת אלקטרוניקה-חשמל.

משרד החינוך מעניק למקבלי תואר זה רישיון הוראה בבתי ספר על יסודיים בתחום ההתמחות. הלימודים בהיקף של לפחות 36 נקודות. על לימודים אלה חלות כל התקנות הטכניוניות לגבי תואר ראשון נוסף. פרטים בפרק "הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה".



בנושא הנעה, 00850804 סמינריון בנושא בקרה, 00850805 סמינריון בנושא חלל, 00850806 סמינריון בנושא תכן. 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 המפורטת באתר הפקולטה. היקף מקצועות הבחירה מפקולטות אחרות לא יעלה על 9 נק'. מקצוע שנלקח כמקצוע ליבה אינו יכול להיחשב כמקצוע בחירה. רשימת מקצועות הבחירה עשויה להתעדכן. יש לשים לב לפרסומים באתר הפקולטה ובמזכירות.

**מקצועות אשכול אוירודינמיקה ואוירואקוסטיקה**

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
3	-	-	3.0	00850322 אוירודינמיקה שימושית
-	2	-	1.0	00850326 סדנא לאוירודינמיקה 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 קווציה ודינמיקת בועות
3	-	-	3.0	00860366 מבוא לזרימה טורבולנטית
3	-	-	3.0	00860376 אוירודינמיקה חישובית
3	-	-	3.0	00860380 מבוא לשכבות גבול
3	-	-	3.0	00860385 מבוא לזרימת גזים קלושים
3	-	-	3.0	00860389 אוירודינמיקה של גופים וכנפיים
3	-	-	3.0	00860395 אוירואקוסטיקה של כלי טייס
3	-	-	3.0	00860390 מבוא לאוירואקוסטיקה
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	00808318 תורת הכנף
3	-	-	3.0	00880320 אוירו-והידרו-דינמיקה של הנעה בטבע
3	-	-	3.0	00880780 יציבות של שכבות גבול

**מקצועות אשכול אוירונטיקה**

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
2	1	-	2.5	00840220 מכניקת הטייס 1
2	1	-	2.5	00840221 מכניקת הטייס 2
3	-	-	3.0	00860241 אוירואלסטיות 1
3	-	-	3.0	00860201 בליסטיקה חיצונית ודינמיקת קליעים
3	-	-	3.0	00860219 דינמיקה ואוירודינמיקה של מסוקים
2	-	-	3.0	00860755 דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס

**מקצועות אשכול אסטרונוטיקה**

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
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 לווייני מבוסס GPS
2	-	-	2.0	00860821 נושאים נבחרים בהנ' אויר-חלל 1
3	-	-	3.0	00860920 הנעה חשמלית בחלל
3	-	-	3.0	00860921 נושאים נבחרים בהנדסת חלל 1
3	-	-	3.0	00860923 אסטרודינמיקה
3	-	-	3.0	00860926 בקרת הכוון חלליות
3	1	-	3.0	00880900 מערכות חלל מבזרות

**מקצועות אשכול הנחיה, ניווט, בקרה, ומערכות**

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

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

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
3	1	1	4.0	00440098 מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל
-	6	-	2.5	*** שיטות ניסוי מתקדמות
5	א	6	6	** מקצועות ברירה מתוך ליבות אוירונטיקה או אסטרונוטיקה (ראו פרוט בהמשך)

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
2	1	-	3.0	**** פרויקט תכן 7
-	2	-	1.0	**** סמינריון

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
2	1	-	3.0	**** פרויקט תכן 8

**מקצועות ברירה**

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

**מקצועות ליבה אוירונטיקה:**

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
2	1	-	2.5	00840220 מכניקת הטייס 1 (סמסטר 5)
2	1	-	2.5	00840221 מכניקת הטייס 2 (סמסטר 6)
2	1	-	2.5	00850406 הנעה רקטית או 085407 ממנוע סילון (סמסטר 6)

**מקצועות ליבה אסטרונוטיקה:**

ה'	ת'	מ'	נק'	שם המקצוע
2	1	-	2.5	00840913 יסודות הנדסת חלל (סמסטר 5)
3	1	-	3.5	00850915 מכניקת גופים בחלל (סמסטר 6)
2	1	-	2.5	00850406 הנעה רקטית או 085920 הנעה חשמלית לחלל (סמסטר 6)

\*\*\* יש לבחור קורס אחד בשיטות ניסוי מתקדמות מבין: 00840156 שיטות ניסוי מתקדמות, מעבדה בזרימה, 00850405 מעבדה בהנעה, 00850455 מעבדה במנועי סילון וטורבינות, 00850505 מעבדה במבנים, 00850705 מעבדה בבקרה, 00850220 מעבדה במכניקת הטיס, 00850905 מעבדה במערכות חלל ולווינות, 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 אוירונטיקה (00840651 בחורף ו-00840652 בחורף) או פרויקט אסטרונוטיקה (00840653 בחורף ו-00840654 בחורף).

\*\*\*\*\* יש לבחור סמינריון אחד בלבד מבין: 00850801 סמינריון בנושא זרימה, 00850802 סמינריון בנושא מבנים, 00850803 סמינריון

**אוטונומיות**

3.0	-	-	3	תכן ראשוני של מטוסים	00850695
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים בהנדסת מערכות	00860233
2.0	-	-	2	תכן מערכות סרוו	00860650
2.0	-	-	2	תכן מערכות מכ"ם	00860651
לבוחרים אשכול זה, קורס 08400143 הנדסת מערכות אויר-חלל הינו חובה					
<b>מקצועות בחירה נוספים</b>					
2.5	3	-	2	פרויקט ניסוי	00850156
3.0	-	-	-	פרויקט מחקר 1	00850851
3.0	-	-	-	פרויקט מחקר 2	00805852
<b>מקצועות בחירה חופשית בלבד</b>					
1.5	-	2	-	תעופה ספורטיבית	00850101-4
-	-	-	2	מבוא להנ" אירונטיקה וחלל	00850201*
*ניתן ללמוד את הקורס רק בסמסטר הראשון ללימודים					
<b>מידע נוסף:</b>					
מזכירות לימודי הסמכה בפקולטה טל': 04-8292758					
ae.ug.ad@technion.ac.il					
אתר האינטרנט של הפקולטה להנדסת אירונטיקה וחלל:					
<a href="http://aerospace.technion.ac.il">http://aerospace.technion.ac.il</a>					
3.0	-	-	-	מעבדה באיוניקה ותוכנת הטסה	00850605
3.0	-	-	3	בקרת מערכות רבות קלט פלט	00860289
3.0	-	-	3	בקרת מסלולי לוויינים	00860290
3.0	-	-	3	בקרה לא ליניארית	00860312
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים בבקרה תעופתית 1	00860721
3.0	-	-	3	מערכות דינמיות מרושתות	00860730
3.0	-	-	3	תהליכים אקראיים	00860733
3.0	-	-	3	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס	00860755
3.0	-	-	3	מערכות ניווט	00860759
3.0	-	-	3	עקרונות הנחיה וביות	00860760
3.0	-	-	3	ניווט נעזר ראייה ממוחשבת	00860761
3.0	-	-	3	ניווט וחישת עולם אוטונומיים	00860762
3.0	-	-	3	תורת השערוך	00860777
3.5	-	1	3	תכן ניווט לווייני מבוסס GPS	00860789
3.0	-	-	3	בקרת הכוון חלליות	00860926
3.0	-	-	3	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות 1	00880751
3.0	-	-	3	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות 2	00880752
3.0	-	-	3	נושאים מתקדמים בהנחיית טילים	00880759
3.0	-	-	3	בקרה איתנה	00880792

**מקצועות אשכול הנעה והמרת אנרגיה**

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

**מקצועות אשכול מכניקת מבנים וחומרים**

3.0	-	-	3	אווירואלסטיות 1	00860241
3.0	-	-	3	בעיות מצומדות בחומרים פונקציונליים לא ליניאריים	00860520
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים במבנים אויר-חלל 1	00860521
3.0	-	-	3	אנליזה של מבנים דקי דופן	00860530
3.0	-	-	3	מבוא לניטור בריאות מבנים	00860534
3.0	-	-	3	מכניקת השבר במבנים תעופתיים	00860535
3.0	-	-	3	אלמנטים סופיים בהנדסה אוירונוטית	00860574
3.0	-	-	3	תורת האלסטיות	00860576
3.0	-	-	3	דינמיקת מבנים	00860577
3.0	-	-	3	תכן מבנה מטוסים	00860583
3.0	-	-	3	מבוא למערכות מבנים נבונים	00860901
3.0	-	-	3	תורת היציבות של מבנים	00870532
3.0	-	-	3	בעיות שפה והתחלה בשיטת אלמנט סופי	00880504

**מקצועות אשכול תכן והנדסת מערכות**

2.5	-	1	2	הנדסת מערכות אויר-חלל	00840143*
2.0	-	4	-	פרויקט תכן מכני	00850634
2.0	-	-	2	תמיכה כוללת במוצר אויר-חלל	00850640
3.0	4	-	-	מעבדה באיוניקה ותוכנת הטסה	00850605
3.0	-	-	3	מבוא לתכן מכני של לוויין	00850691

**מגמת אירונוטיקה/אסטרונוטיקה ופיסיקה (מוביל לתואר "מוסמך בהנדסת אירונוטיקה וחלל ובפיסיקה במתכונת דו-חוגית")**

מטרת התוכנית המשותפת היא להכשיר בוגרים בעלי ידע בסיסי רחב בלימודי הפיזיקה ובהנדסת האווירונאוטיקה 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 על הפרוט הבא:**

מקצועות חובה	93	נק'
מקצועות חובה במגמה (מסומנים ב- ~)	29	נק'
מקצועות ברירה	8.5 או 9.5	נק'
אירונוטיקה/אסטרונוטיקה		
מקצועות בחירה	22 או 23	נק'
אירונוטיקה/אסטרונוטיקה		
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
-	-	-	-	00440102 קורס בטיחות במעבדות חשמל (*)
4	2	-	5.0	01040064 אלגברה מ1
4	3	-	5.5	01040012 חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי ת1
4	2	-	5.0	01140074 פיסיקה פ1
-	-	3	1.5	01140020 מעבדה לפיסיקה מ1
2	2	2	4.0	02340128 מבוא למחשב שפת פיתון
4	-	-	3.0	03240033 אנגלית טכנית-מתקדמים ב
				24

# 4 שעות הרצאה, חד-פעמי. ללא זיכוי בנקודות.

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
4	3	-	5.5	01040013 חדו"א ת2
2	1	-	2.5	01040038 אלגברה מ2
3	2	-	4.0	01040136 מד"ר מ1
4	2	-	5.0	01140076 פיסיקה פ2
3	2	-	4.0	00840506 מכניקת המוצקים
				~ 01140021 מעבדה לפיסיקה מ2
				22.5

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
3	1	-	3.5	01040034 מבוא להסתברות ח'
2	1	-	2.5	01040220 משווא. דיפ. חלק. ת.
2	1	-	2.5	01040214 טורי פורייה והתמרות אינטגרליות
2	1	-	2.5	01040215 פונקציות מרוכבות א'
3	1	-	3.5	01140086 גלים
3	2	-	4.0	01140101 מכניקה אנליטית
3	3	-	1.5	01140035 מעבדה לפיסיקה מ3
				20

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

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
1	3	-	2.5	00840154 שיטות ניסוי בהנדסת אויר חלל
2	1	1	2.5	00840312 זרימה דחיסה, כונסים ונחירים
3	1	1	3.5	00840314 זרימה צמיגה ומעבר חום
2	1	1	3.0	00840738 תורת הבקרה
4	2	-	5.0	01150204 פיסיקה קוונטית 2
-	-	6	3.0	01140250 מעבדה לפיסיקה 5
-	-	2.5	2.5	### מקצוע ברירה מתוך ליבות אירונוטיקה או אסטרונוטיקה (ראו פרוט בהמשך)
				22

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 6
2	1	-	2.5	00840135 אנליזה נומרית מ1
3	1	1	4.0	00440098 מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל
4	2	-	5.0	01140246 אלקטרומגנטיות ואלקטרו דינמיקה
-	-	5	א 5	### מקצועות ברירה מתוך ליבות אירונוטיקה או אסטרונוטיקה (ראו פרוט בהמשך)
-	-	6	6	### סמינריון
-	2	-	1.0	###

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 7
				מקצועות בחירה

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

**מקצועות ברירה באירונוטיקה/אסטרונוטיקה**

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

**מקצועות ליבה אירונוטיקה:**

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

**מקצועות ליבה אסטרונוטיקה:**

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.

00860755	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס	3	-	3.0
00860759	מערכות ניווט	3	-	3.0
00860760	עקרונות הנחיה וביות	3	-	3.0
00860761	ניווט נעזר ראייה ממוחשבת	3	-	3.0
00860762	ניווט וחישת עולם אוטונומיים	3	-	3.0
00860777	תורת השערוך	3	-	3.0
00860789	תכן ניווט לוויני מבוסס GPS	3	1	3.5
00860920	הנעה חשמלית בחלל	3	-	3.0
00860926	בקרת הכוון חללית	3	-	3.0
00808751	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות 31	3	-	3.0
00808752	בקרה אופטימלית במערכות תעופתיות 32	3	-	3.0
00808759	נושאים מתקדמים בהנחיית טילים	3	-	3.0
00808792	בקרה איתנה	3	-	3.0

**מקצועות בתחום הנעה והמרת אנרגיה**

ה'	ת'	מ'	נק'	
00805406	הנעה רקטית	2	1	2.5
00805407	מנועי סילון	2	1	2.5
00860320	מעבר חום בהנדסת אויר-חלל	3	-	3.0
00860401	מערכות הנעת כלי טיס	3	-	3.0
00860403	הנעה רקטית בהודף מוצק	3	-	3.0
00860414	מנועי מגח סילון	3	-	3.0
00860461	נושאים נבחרים באמצעי הנעה 1	3	-	3.0
00860470	מבוא לשריפה על קולית	3	-	3.0
00860478	תהליכי שריפה	3	-	3.0
00860480	טורבו מכוונות	3	-	3.0
00860484	שיטות מדידה מתקדמות בזרימה	3	-	3.0
00880413	דינמיקה ושריפה של תרסיסי דלק	3	-	3.0

לבוחרים אשכול זה מומלץ ללמוד את הקורסים הנעה רקטית 00850406 ומנועי סילון 00850407

**מקצועות בתחום מכניקת מבנים וחומרים**

00860241	אווירואלסטיות 1	3	-	3.0
00860520	בעיות מצומדות בחומרים פונקציונליים לא ליניאריים	3	-	3.0
00860521	נושאים נבחרים במבנים אויר-חלל 1	3	-	3.0
00860530	אנליזה של מבנים דקי דופן	3	-	3.0
00860534	מבוא לניטור בריאות מבנים	3	-	3.0
00860535	מכניקת השבר במבנים תעופתיים	3	-	3.0
00860574	אלמנטים סופיים בהנדסה אווירונוטית	3	-	3.0
00860576	תורת האלסטיות	3	-	3.0
00860577	דינמיקת מבנים	3	-	3.0
00860583	תכן מבנה מטוסים	3	-	3.0
00860901	מבוא למערכות מבנים נבונים	3	-	3.0
00807532	תורת היציבות של מבנים	3	-	3.0
00808504	בעיות שפה והתחלה בשיטת אלמנט סופי	3	-	3.0

**מקצועות בחירה נוספים**

00850156	פרייקט ניסוי	2	-	3	2.5
00850851	פרייקט מחקר 1	-	-	-	3.0
00850852	פרייקט מחקר 2	-	-	-	3.0

**מקצועות בחירה פסיקה:**

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'	
01160217	פיזיקה של מצב מוצק (סמסטר א)	3	1	3.5

**מקצועות בחירה אווירונטיקה/אסטרונוטיקה:**

יש לבחור 21.5 נקודות (לבוחרים בליבת אווירונטיקה) או 20.5 נקודות (לבוחרים בליבת אסטרונוטיקה). מקצוע שנלקח כמקצוע ליבה אינו יכול להיחשב כמקצוע בחירה. רשימת מקצועות הבחירה עשויה להתעדכן. יש לשים לב לפרסומים באתר הפקולטה ובמזכירות.

**מקצועות בתחום אוירודינמיקה ואוירואקוסטיקה**

ה'	ת'	מ'	נק'	
00850322	אווירודינמיקה שימושית	3	-	3.0
00850326	סדנא לאווירודינמיקה חישובית	-	2	1.0
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	קוויטציה ודינמיקת בועות	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 טיס	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
00880318	תורת הכנף	3	-	3.0
00880320	אוויר-והידרו-דינמיקה של הנעה בטבע	3	-	3.0
00880780	יציבות של שכבות גבול	3	-	3.0

**מקצועות בתחום אווירונטיקה**

00840220	מכניקת הטיס 1	2	1	2.5
00840221	מכניקת הטיס 2	2	1	2.5
00860241	אווירואלסטיות 1	3	-	3.0
00860201	בליסטיקה חיצונית ודינמיקת קליעים	3	-	3.0
00860219	דינמיקה ואווירודינמיקה של מסוקים	3	-	3.0
00860755	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס	3	-	3.0

**מקצועות בתחום אסטרונוטיקה**

00840913	יסודות הנדסת חלל	2	1	2.5
00850915	מכניקת גופים בחלל	3	1	3.5
00850920	הנעה חשמלית לחלל	2	1	2.5
00860290	בקרת מסלולי לוויינים	3	-	3.0
00860920	הנעה חשמלית בחלל	3	-	3.0
00860385	מבוא לזרימת גזים קלושים	3	-	3.0
00860789	תכן ניווט לוויני מבוסס GPS	3	1	3.5
00806821	נושאים נבחרים בהני אויר-חלל 1	2	-	2.0
00860921	נושאים נבחרים בהנדסת חלל 1	3	-	3.0
00860923	אסטרודינמיקה	3	-	3.0
00860926	בקרת הכוון חללית	3	-	3.0
00880900	מערכות חלל מבורות	3	1	3.0

**מקצועות בתחום הנחיה, ניווט, בקרה, ומערכות אוטונומיות**

ה'	ת'	מ'	נק'	
00850605	מעבדה באוויוניקה ותוכנת הטסה	-	4	3.0
00806289	בקרת מערכות רבות קלט פלט	3	-	3.0
00860290	בקרת מסלולי לוויינים	3	-	3.0
00860312	בקרה לא ליניארית	3	-	3.0
00860721	נושאים נבחרים בבקרה תעופתית 1	3	-	3.0
00860730	מערכות דינמיות מרושתות	3	-	3.0
00860733	תהליכים אקראיים	3	-	3.0

3.5	-	1	3	אופטיקה (סמסטר ב)	01140210
3.5	-	1	3	מבוא לביופיזיקה (סמסטר א)	01160029
3.5	-	1	3	אסטרופיזיקה וקוסמולוגיה (סמסטר א)	01160354
3.5	-	1	3	מבוא לאינפורמציה וחישוב קוונטים (סמסטר ב)	01160031
3.5	-	1	3	פיזיקה של גרעינים וחלקיקים יסודיים (סמסטר ב)	01160004

### רשימת בחירה 3

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