



משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה

תכנית לימודים

התמחות: **מערכות תעופה**

מקצוע: **חומרים תעופתיים**

כיתה: **י"ד**

תשס"ט 2009

חומרים תעופתיים

שעות לימוד: 72 שעות עיוני, 48 התנסותי

טרימסטרים: ג* – עיוני

ד, ה – עיוני + התנסותי

ו – התנסותי

דרישות קדם: אין

מבחן חיצוני: אוניברסיטה ומנועי מטוס ה, סמל שאלון 710933

מעבדה במערכות תעופה ה, סמל שאלון 710936

א. מבוא

תפיסה רעיונית של התכנית (רציונל)

המקצוע "חומרים תעופתיים" במסגרת לימודי ההנדסאים עוסק רובו ומתמקד בעיקר בחומרים ההנדסיים. במקצוע זה נכללים 5 פרקים עיקריים הנלמדים בהרחבה תוך שימת דגש על הכרת מושגי יסוד והכרת תהליכים כימיים והנדסיים. אחת מן המטרות העיקריות של המקצוע היא ליצור עניין בקרב סטודנטים ולחשוף אותם לעולם חדש המצוי סביבם זה מכבר. אין זה סוד כי עולמנו כבר היום מצוי בעידן החומרים הפלסטיים, החומרים המרוכבים והחומרים הקרמיים. "תקופת האבן" כבר מזמן מאחור – החל מתעשיות התעופה והחלל וכלה ברפואה ובמוצרים הצבאיים וכן בכל הקשור למוצרי היום-יום: ציפויים, דבקים, כלי בית, לבוש, הנעלה, אפשר למצוא סימנים לחומרים ההנדסיים החדשים שמשפרים את תכונות החומרים שיפור ניכר. כמקצוע התמחותי למערכות תעופה יש חשיבות להכרת החומרים ההנדסיים על כל תכונותיהם (מעלותיהם וחסרונותיהם) וכיצד אלו באים לידי ביטוי בעולם התעופה והחלל.

דרכי הערכה

המקצוע "חומרים תעופתיים" הוא מקצוע הכולל תכנים תיאורטיים וכן התנסויות מעשיות במסגרת מעבדה. ההתנסויות המעבדתיות יסייעו לסטודנטים בהבנת ובהפנמת החומר התיאורטי שלמדו. במהלך הלמידה וההוראה יינתנו לסטודנטים מטלות (תרגילים). וייערכו מבחני מבדק שמטרתם תהיה להעריך את הישגיהם במקצוע.

באמצעות כלי הערכה אלו יהיה אפשר לקבוע את יעילות ההוראה ואת הפנמת החומר הנלמד בקרב הסטודנטים הלומדים.

ב. מטרות

1. להכיר לסטודנטים את סוגי החומרים התעופתיים הקיימים ואת המיוחד כל סוג.
2. להסביר לסטודנטים מהם החומרים ההנדסיים.
3. להכיר לסטודנטים את משפחת נתכי המתכת (סגסוגות) תוך שימת דגש על הכרת המבנה, התכונות האופייניות והסוגים השונים.
4. להכיר לסטודנטים את משפחת החומרים המרוכבים תוך שימת דגש על הכרת המבנה, התכונות האופייניות והסוגים השונים.
5. להכיר לסטודנטים את משפחת החומרים הקרמיים תוך שימת דגש על הכרת המבנה, התכונות האופייניות והסוגים השונים.
6. להכיר לסטודנטים את משפחת החומרים הפלסטיים תוך שימת דגש על הכרת המבנה, התכונות האופייניות והסוגים השונים.
7. לאפשר לסטודנטים להבין באופן יסודי כיצד משמשים החומרים ההנדסיים את תעשיית התעופה והחלל.

ג. התכנים

■ לימודים עיוניים – כיתה י"ד

טרימסטר ג*, ד, ה: 72 ש"ש

ראשי פרקים

| שעות | נושאי הלימוד |
|-----------|----------------------------|
| 5 | 1 מיון חומרים |
| 15 | 2 סגסוגת-נתך |
| 20 | 3 חומרים מרוכבים |
| 12 | 4 חומרים קרמיים |
| 20 | 5 פולימרים וחומרים פלסטיים |
| 72 | סה"כ |

פירוט התכנים (הנושאים)

| שעות | נושאי הלימוד | שבוע |
|-----------|---|------|
| 5 | מיון חומרים | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ חלוקת חומרים על פי הרכבם: חומרים טהורים, תערובות | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ חלוקת חומרים על פי מקורם: חומרים סינתטיים, חומרים טבעיים (אורגניים, אנאורגניים) | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ חלוקת חומרים על פי התאמתם לייצור מוצרים: חומרים לא הנדסיים (חומרי גלם), חומרים הנדסיים (סגסוגות, מרוכבים, קרמיים, פולימרים מלאכותיים) | |
| 15 | סגסוגת-נתך | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ הרכב הסגסוגות: עקרונות בהיווצרות סגסוגות | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ תערובות נתך (אוטקטיות), תמיסות מוצק ותרכובות בין מתכתיות | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ שיווי משקל תרמי | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ סגסוגות ברזל: דיאגרמת שיווי משקל ברזל-פחמן, אלוטרופיה של ברזל | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ פלדות פחמן טהור, השפעת הוספת חומרי מסג לפלדות פחמן טהור | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ פלדות Ni, פלדות Cr, פלדות Ni-Cr | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> ■ מבנה של יציקת ברזל אפורה ולבנה | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ סגסוגות לא ברזליות: סגסוגות מבוססות נחושת: סגסוגות נחושת-אבץ, סגסוגות נחושת-אלומיניום, סגסוגות נחושת-ניקל | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ סגסוגות אלומיניום והקשיית זיקון | |
| 20 | חומרים מרוכבים | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ הגדרת חומרים מרוכבים | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ הבסיס הפיזיקלי של מבנה החומרים המרוכבים | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ מודול אלסטיות והתנהגות בשבר של חומר מרוכב | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ סוגי סיבים (משריינים): זכוכית, פחמן, ארמיד (קבלר), בורון יתרונות וחסרונות של כל סוג, מתי משתמשים בכל סוג | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ סוגי שרפים (מטריצות): פוליאסטר, אפוקסי, פוליאאימידי, BMI. יתרונות וחסרונות של כל סוג, מתי משתמשים בכל סוג | |
| 2 | | |

| שעות | נושאי הלימוד | שבוע |
|-----------|---|------|
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ התאמת סיבים מטריצה ■ המבנים השונים של החומרים המרוכבים והשפעתם על ■ תכונות מכניות, חשמליות ותרמיות | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ תהליכי ייצור של חומרים מרוכבים: כבישה באוטוקלאב, | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ■ תהליך RTM, תהליך LRI ■ יתרונות וחסרונות של חומרים מרוכבים ■ שימושים של חומרים מרוכבים בתעשייה ובתעופה | |
| 12 | <p style="text-align: center;">חומרים קרמיים</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ המיקרו מבנה של החומרים הקרמיים ■ חומרי גלם קרמיים ויישומם ■ תכונות החומרים קרמיים: תכונות מכניות, תרמיות, חשמליות, אופטיות ■ סיווג חומרים קרמיים: קרמיקה מבנית, קרמיקה תפקודית ■ ניטרידים: מבנה, תכונות, שימושים ■ סיליקאטים: מבנה, תכונות, שימושים ■ שימושים בתעשייה, בתעופה, בחלל | |
| 20 | <p style="text-align: center;">פולימרים וחומרים פלסטיים</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ הגדרת מקרומולקולה (מולקולת ענק) ■ הגדרת מונומר, פולימר ■ תכונות מכניות של הפולימרים ■ הגורמים המשפיעים על התכונות המכניות של הפולימרים ■ סוגי הפולימרים במתיחה: שביר/פריך, משיך, אלסטומר ■ הגדרת חומרים פלסטיים ■ סיווג חומרים פלסטיים לפי קבוצות: דבקים, צבעים וציפויים, סיבים לביגוד, פלסטרומיים, אלסטרומיים ■ תכונות החומרים הפלסטיים: חימום (חומר תרמופלסטי וחומר תרמוסטטי); משקל סגולי; בידוד תרמי; בידוד חשמלי; חוזק; יחס חוזק/משקל; עמידות בפני מים, כימיקלים, חומצות, בסיסים; עמידות בשינויי טמפרטורה; עמידות באש; נוחות לייצור, עיבוד, תחזוקה ■ יתרונות וחסרונות של חומרים פלסטיים ■ שימוש בחומרים פלסטיים בתעשייה, בתעופה, בחלל | |

| שעות | נושאי הלימוד | שבוע |
|------|--------------|------|
| 72 | סה"כ | |

■ לימודים התנסותיים – כיתה י"ד

טרימסטר ד: 1 ש"ש

טרימסטר ה: 2 ש"ש

טרימסטר ו: 2 ש"ש

ראשי פרקים

| שעות | נושאי הלימוד |
|-----------|--|
| | טרימסטר ה |
| 12 | 1 מתיחה – ביצוע מבחני מתיחה לחומרי מתכת שונים |
| 12 | 2 נגיפה – ניסוי נגיפה לדגמי פלדה בטמפרטורות שונות |
| 12 | 3 חומרים מרוכבים - בדיקת השפעת החומר המשריין על תכונות החוזק של החומר החדש |
| | טרימסטר ו |
| 12 | 4 ביצוע ניסויים רלוונטיים לפרויקט הגמר |
| 48 | סה"כ |

פירוט התכנים (הנושאים)

| שעות | נושאי הלימוד |
|-----------|---|
| 12 | 1 מתיחה – ביצוע מבחני מתיחה לחומרי מתכת שונים ניסוי מתיחה לדגמים מתכתיים ופולימרים: <ul style="list-style-type: none"> ■ הדגמת אופן הביצוע של בדיקת חוזק למתיחה עבור מתכות שונות (פלדה, פליז, אלומיניום) ■ למידת תוצאות הניסוי וביצוע השוואה בין ובין התיאוריה ■ השוואת תוצאות ניסוי מתיחה עבור מתכות שונות ■ בדיקת חוזק מתיחה עבור חומרי פולימר |
| 12 | 2 נגיפה – ניסוי נגיפה לדגמי פלדה בטמפרטורות שונות ניסוי נגיפה לדגמי פלדה בטמפרטורות שונות: <ul style="list-style-type: none"> ■ שימוש במכשיר נגיפה לצורך מציאת התנגדות מתכות לשבירה תחת העמסה דינמית |

| שעות | נושאי הלימוד | |
|------|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ הכרה וסקירת הגורמים המביאים למעבר החומר ממשיך לפריך ■ מציאת טמפרטורת המעבר הקריטית | |
| 12 | <p>חומרים מרוכבים – בדיקת השפעת החומר המשריין על תכונות החוזק של החומר החדש</p> <p>ניסוי בדיקת חוזק חומרים מרוכבים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ בדיקת החוזק של חומר העשוי ממטריצה בלבד ■ סקירת חומרים שונים המשמשים כחומרי שריון ■ שילוב חומרים משריינים ביחד עם מטריצה ובדיקת תכונות חדשות, למשל: יחס חוזק משקל ■ יתרונות, חסרונות של החומר המרוכב | 3 |
| 36 | סה"כ | |

ד. דרכי הוראה

המקצוע משלב לימוד תיאורטי והתנסות מעשית במעבדות חומרים. במסגרת השיעורים העיוניים הלימוד הוא פרונטלי במתכונת הרצאה. יש להקפיד להיעזר בהמחשות, בשקפים ואף לחלק לסטודנטים דפי עזר הכוללים טבלאות, גרפים ותמונות להמחשה. במסגרת הפעילות במעבדה יתרגלו הסטודנטים ויישמו את העקרונות וכן יערכו ניסויים הממחישים את התיאוריות שלמדו והכירו. במסגרת המעבדות יש חשיבות לכך שהמעבדות יהיו מאובזרות ומצוידות בציוד הנדרש להשלמת הניסויים הרלוונטיים.

ה. מטלות עיקריות

מטלות ביצוע (תרגילים לעבודה עצמית)

באמצעות תרגילים אלו יהיה אפשר להעריך את יכולת הסטודנטים ליישם את החומר הנלמד תוך הפעלת מיומנויות חשיבה כמו: תכנון, הסקת מסקנות, ביקורתיות וכדומה. יש לתת תרגילי בית ועבודות באופן שוטף על מנת לוודא שהחומר הנלמד אכן מתורגל על ידי הסטודנטים.

בחנים ומבחנים

מטרתם לבדוק ולבחון הפנמת מידע אצל הסטודנטים וכן את יכולתם להשתמש במידע שקיבלו על מנת לפתור בעיות ברמה דומה או ברמה גבוהה יותר. באמצעות הבחנים

והמבחנים יתאפשר להעריך אם הושגו מטרות הלמידה, קרי: הבנת עובדות, מושגים ועקרונות.

יש לערוך לפחות שני בחנים במהלך סמסטר ובהם לשלב שאלות מן הנושאים העיוניים שנלמדו ותורגלו. מבחן סמסטר יינתן פעם אחת במהלך הסמסטר. משקלו יהיה לא פחות מ-50% והוא יכלול שאלות מתומצתות בנושאים שונים שנלמדו. בתום הלימודים ביצוע ניסויים רלוונטיים לפרויקט הגמר.

דוחות מעבדה

מטרתם לבדוק את מידת ההבנה ושיתוף הפעולה של הסטודנטים בשיעור ההתנסותי והאם תהליך הניסוי ואופן ביצועו היו ברורים להם. דוח המעבדה יכלול את כל הנתונים והתוצאות שנתקבלו במהלך הניסוי וכן את מהלך הניסוי, השערות בנוגע לתוצאות צפויות, חישובים (במידת הצורך), רקע תיאורטי לתופעות נחקרות וכמובן מסקנות שאפשר להסיק מעצם ביצוע הניסוי. טרם ביצוע הניסוי יישאלו הסטודנטים כמה שאלות רקע מקדימות לבחון את מידת הבנת החומר. סטודנטים שלא יראו הבנה מספקת לא יורשו לגשת לניסוי. הציון ישוקלל על סמך תוצאות המבדק הראשוני, ביצוע הניסוי במעבדה והדוח שהוגש על ידי הסטודנטים.

1. רשימת מושגים ומילות מפתח

| | | |
|----------------------|-----------------|------------------|
| – תהליך LRI | – סיבים | – חומר |
| – מודול אלסטיות | – מקרומולקולה | – חומרים הנדסיים |
| – חומרים תרמופלסטיים | – סגסוגת מתכות | – חומרים מרוכבים |
| – חומרים תרמוסטיים | – קרמיקה מבנית | – חומרים קרמיים |
| – ניטרידים | – יחס חוזק/משקל | – חומרים פלסטיים |
| – סיליקטים | – אוטוקלאב | – פולימרים |
| – אלסטומרים | – כבישה | – מטריצה |
| – סגסוגת יוטקטית | – תהליך RTM | – משריין |

2. ספרי לימוד מומלצים

1. פישבין, יוסף (1999). **הנדסת חומרים וטיפול תרמי**, הוצאת אורט ישראל, תל-אביב.
2. פישבין, יוסף (1996). **הנדסת חומרים תרגילי מעבדה**, הוצאת אורט ישראל, תל-אביב.
3. קפלן, אריה (1997). **מבוא לחומרים הנדסיים**. הוצאת אורט ישראל, תל-אביב.

3. ח. ביבליוגרפיה (מקורות נוספים)

1. הוכשטט, י' (1973). **תורת המתכות**. הוצאת הספרים, אורט ישראל, תל-אביב.
2. קון, מ', סטרפילד מ' (1962). **החומרים ושימושם**. הוצאת מסדה בע"מ, רמת-גן.
3. קורנל ר', מנור א', זינגר, א' (1999). **חומרים ועיבודם**. הוצאת מט"ח, תל-אביב.
4. **עולם של חומר**, הוצאת האוניברסיטה העברית, 2000.
5. **תכנון תהליכי ייצור**, הוצאת אורט ישראל, תל-אביב, 1996.