

היחידה להנדסת אנרגיה

רקע כללי חברי הסגל האקדמי וצוות ההוראה מעבדות הוראה ומחקר תכנית לימודים לתואר שני English Version

רקע כללי

כיום נהיר לכל החי בחברה מודרנית שנושא האנרגיה הוא נושא מרכזי. חשיבותו תלך ותגבר עם הידללות מקורות האנרגיה הקונבנציונליות התומכות ומאפשרות כיום את כל פעילויותינו. מטרת התוכנית המוצעת בהנדסת אנרגיה לתואר שני היא הכשרת מהנדסים בעלי תואר ראשון להתמודדות עם משבר האנרגיה שבפתח וזאת על ידי לימוד מסודר של מקורות אנרגיה אלטרנטיביים ושיפור השימוש במקורות הקונבנציונליים. בין השאר ילמדו הנושאים הבאים: אנרגיה סולרית, ביו-דלקים, אנרגיה גרעינית, אנרגית הרוח, תאי דלק וסוללות, תאי דלק ביולוגיים והידרידים. זאת בנוסף לשימושים קונבנציונליים כמו למשל מנועי שריפה פנימית, בקרת זיהום אויר, ייעול וניהול משאבי אנרגיה, התפלת מי ים ועוד. לבוגרי התוכנית תהיה דרישה בכל מגוון התעשיות בארץ ובחו"ל בין אם אלה צרכני אנרגיה או ספקי אנרגיה. לבוגרי תואר שני עם תזה יש אפשרות להמשיך לתואר שלישי.

תנאי הרשמה

רשאים להירשם ללימודים: בוגרים תואר ראשון מכל תחומי ההנדסה (B.Sc) והטבע (B. A.) ממוסד אקדמי מוכר בארץ או בחו"ל בעלי ציון ממוצע 85 לפחות, ומיקום במדרג שאינו נופל מ- 25% מעליונים במחזור. לכל תלמיד תותאם תכנית לימודים מיוחדת על פי הרקע בלימודי תואר ראשון.

התנאים המפורטים לעיל הינם תנאי סף ועמידה בהם אינה מבטיחה קבלה.

החלטה סופית לגבי קבלה הינה לפי שיקול דעתה של ועדת הקבלה המחלקתית וועדת המוסמכים הפקולטית, לאחר בדיקת מכלול הגורמים והנתונים הקשורים במועמד (ציונים, מדרג, מכתבי המלצה, רקע אקדמי, ניסיון מקצועי וכיו"ב), בתלות במספר המקומות הפנויים.

מעבדות הוראת אנרגיה

- א. מעבדת הוראת ומחקר ייצור ובקרת איכות ביודלקים ממקורות מתחדשים – מעבדה קיימת ופעילה בתחומי הביודיזל, ביואתנול, ביוגז, ביו-מימן, פצלי שמן, יישום טכנולוגיות תהודה מגנטית גרעינית ברזולוציה נמוכה, גז כרומטוגרפיה, מאס ספקטרומטריה, כימו מטריה, סימולציות מחשב ועוד.
- ב. מעבדת הוראת ומחקר ייצור חשמל ממקורות מתחדשים – מעבדה בהקמה.
- ג. מעבדת הוראת ומחקר אגירת אנרגיה – מעבדה בתכנון להקמה.

מועצה מקצועית מייעצת מגופים מובילים בתעשיית האנרגיה

נציגי משרד התשתיות הלאומיות, חברת חשמל, IEI, Designers Energy, שמן תעשיות, סימנס-אנרגיה, המכון הישראלי לאנרגיה וסביבה, יוניורב, אנ.קונ.סול-פתרונות אנרגיה ובקרה ועוד

שת"פ עם גופים ישראליים בהנדסת אנרגיה

משרד התשתיות הלאומיות, מכון וייצמן למדע, חברת Israel Energy Initiative (IAI), Designers Energy

תכנית שת"פ בינלאומי בהנדסת אנרגיה

אוניברסיטת קורנל, ניו יורק ארה"ב, אוניברסיטת סטנפורד, קליפורניה, ארה"ב, תכניות EU למו"פ בהנדסת אנרגיה (Medolico, Meds-Wst)

מבנה תוכנית הלימודים

היחידה להנדסת אנרגיה מציעה לימודים לקראת תואר שני (M.Sc) ושלישי (Ph/D). לקבלת תואר שני על התלמיד בתכנית לימודים זו לצבור בסה"כ 36 נקודות זכות (נ"ז) מוצעות שתי תת-תכניות לימוד:

- א. תכנית רב-תחומית לתואר שני עם תיזה בהנדסת אנרגיה
- ב. תכנית רב-תחומית לתואר שני עם עבודת גמר מצומצמת (ללא תיזה) בהנדסת אנרגיה

*פרטים לגבי לימודים לתואר שלישי בהנדסת אנרגיה, ניתן לקבל בבית הספר ללימודי מחקר מתקדמים על שם קרייטמן.

תכנית לימודים רב-תחומית לתואר שני בהנדסת אנרגיה עם תיזה

מטרת התכנית: להכשיר מהנדסים מוסמכים ומומחים בהנדסת אנרגיה במסגרת לימודים אקדמית רב תחומית המשלבת ביצוע של עבודת מחקר מעמיקה (תיזה) תלמיד יהיה זכאי לתואר מוסמך בהנדסת אנרגיה עם תיזה באם יצבור 36 נק"ז על פי המפרט הבא:

1. עבודת מחקר מעמיקה (תיזה) – 12 נק"ז.
 2. לימודי ליבה - חובה:
 - מבוא להנדסת אנרגיה א' וב' - 0 נק"ז (לימודי השלמה כוללים את היבטים הנדסיים בסיסיים בתרמודינמיקה, מעבר חום וזרימה)
 - סמינר בהנדסת אנרגיה (שני סמסטרים) – 3 נק"ז
 - מודלים סטטיסטיים בתעשיית האנרגיה – 3 נק"ז
 - מקורות אנרגיה אלטרנטיביים א' (אנרגיה סולרית, ביודלקים ואנרגיה גרעינית) – 3 נק"ז
 - מקורות אנרגיה אלטרנטיביים ב' (אנרגיית רוח, תאי דלק והתמרת אנרגיה תרמואלקטרית) – 3 נק"ז
- סה"כ 12 - נק"ז
3. לימודי בחירה:
 - 2 קורסים המוצעים בתוכנית להנדסת אנרגיה – 6 נק"ז
 - 2 קורסים מקצועיים מקורסי מוסמכים בפקולטה למדעי ההנדסה (כולל תכנית אנרגיה) וזאת לאחר שבחירת המקצועות שאינן ברשימה התכנית להנדסת אנרגיה תאושר ע"י המנחה וועדת ההוראה של היחידה להנדסת אנרגיה – 6 נק"ז.
- סה"כ 12 - נק"ז

תכנית לימודים רב-תחומית לתואר שני בהנדסת אנרגיה ללא תיזה

מטרת התכנית: להכשיר מהנדסים מוסמכים ומומחים בהנדסת אנרגיה במסגרת לימודים

אקדמית רב תחומית המשלבת ביצוע של עבודת גמר מצומצמת (ללא תיזה)

תלמיד יהיה זכאי לתואר מוסמך בהנדסת אנרגיה ללא תיזה באם יצבור 36 נק"ז על פי

המפרט הבא:

4. עבודת מחקר מצומצמת (עבודת גמר) – 3 נק"ז.

5. לימודי ליבה - חובה:

- מבוא להנדסת אנרגיה א' וב' - 0 נק"ז (לימודי השלמה כוללים את היבטים הנדסיים בסיסיים בתרמודינמיקה, מעבר חום וזרימה)
- סמינר בהנדסת אנרגיה – 3 נק"ז (שני סמסטרים)
- מודלים סטטיסטיים בתעשיית האנרגיה – 3 נק"ז
- מקורות אנרגיה אלטרנטיביים א' (אנרגיה סולרית, בידלקים ואנרגיה גרעינית) – 3 נק"ז
- מקורות אנרגיה אלטרנטיביים ב' (אנרגיית רוח, תאי דלק והתמרת אנרגיה תרמואלקטרית) – 3 נק"ז

סה"כ 12 - נק"ז

6. לימודי בחירה:

- 5 קורסים מתוך 11 המוצעים בתוכנית להנדסת אנרגיה – 15 נק"ז
- 2 קורסים מקצועיים מקורסי מוסמכים בפקולטה למדעי ההנדסה (כולל תכנית אנרגיה) וזאת לאחר שבחירת המקצועות שאינן ברשימה התכנית להנדסת אנרגיה תאושר ע"י המנחה וועדת ההוראה של היחידה להנדסת אנרגיה – 6 נק"ז.

סה"כ - 21 נק"ז

חברי הסגל האקדמי וצוות ההוראה

חברי הסגל ביחידה הם אנשי סגל של מחלקות הפקולטה למדעי ההנדסה, של פקולטות ומכונים אחרים באוניברסיטת בן גוריון בנגב ומרצים מן החוץ, המובילים תחומים הקשורים להנדסת אנרגיה בישראל.

פרופ' יניב גלבשטיין – ראש היחידה

ד"ר ויטלי גיטיס – יו"ר ו' הוראה.

ד"ר ארז גלעד

פרופ' ראול רבינוביץ

פרופ' סימיון סוקוריאנסקי

פרופ' זאב ויסמן

פרופ' עוזר איגרא

פרופ' עלווה פלד
פרופ' אלי קורין
פרופ' גנדי זיסקינד
פרופ' דניאל פוירמן
פרופ' אלכסנדר גלפרין
פרופ' ארמון בטלהיים
פרופ' יבגני שווגראוס
פרופ' ערן שר
פרופ' דוד פיימן
פרופ' אברהם קודיש
פרופ' אלכסנדר יחוט
ד"ר ז'ק גילרון
ד"ר חיים רפופרט
ד"ר ישראל פרמט
ד"ר צ'רלס לינדר
ד"ר אלכס קויפמן
דר' אידה אלפרין
דר' אופיר רובין
דר' גיא בן חמו
מר אלכסנדר קלבנוב

תכנית לימודים לתואר שני

קורסים מוצעים בתכנית להנדסת אנרגיה:

קורסי חובה:

1. מבוא להנדסת אנרגיה אי (קורס השלמה שכולל היבטים הנדסיים בסיסיים בזרימה) 3 ש"ש ללא נק"ז.
2. מבוא להנדסת אנרגיה בי (קורס השלמה שכולל היבטים הנדסיים בסיסיים בתרמודינמיקה, ומעבר חום) 3 ש"ש ללא נק"ז.
3. מקורות אנרגיה אלטרנטיביים א' (אנרגיה סולרית, ביודלקים ואנרגיה גרעינית) – 3 ש"ש, 3 נק"ז
4. מקורות אנרגיה אלטרנטיביים ב' (אנרגיית רוח, תאי דלק והתמרת אנרגיה תרמואלקטרית) – 3 ש"ש, 3 נק"ז
5. מודלים סטטיסטיים בתעשיית האנרגיה – 3 ש"ש, 3 נק"ז

6. סמינר מוסמכים – 3 ש"ש בשני סמסטרים, 3 נק"ז בסוף הסמסטר השני.

קורסי בחירה מהתוכנית להנדסת אנרגיה:

1. פיסיקה של כורים גרעיניים – 3 ש"ש, 3 נק"ז
2. אנרגיה סולרית – 3 ש"ש, 3 נק"ז
3. אגירת אנרגיה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
4. מערכות הספק – 3 ש"ש, 3 נק"ז
5. היבטים אנרגטים במבנים ובחומרים מתקדמים – 3 ש"ש, 3 נק"ז
6. חסכון באנרגיה בתעשייה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
7. תכנון, הפעלה ובטיחות פרויקטים אנרגטיים – 3 ש"ש, 3 נק"ז
8. נפט, דלקים וגז – 3 ש"ש, 3 נק"ז
9. הנדסת גז טבעי – 3 ש"ש, 3 נק"ז
10. תכן מרכז אנרגיה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
11. כימיה של "סופר מולקולות" בהעברת אנרגיה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
12. סירים בתעשייה בחברות העוסקות באנרגיה – 1.5 נק"ז

קורסי בחירה ממחלקות אחרות:

1. ביודלקים ואנרגיית ביומסה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
2. מדיניות סביבתית – 3 ש"ש, 3 נק"ז
3. חדשנות אנרגיה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
4. מעבר חום בהסעה – 3 ש"ש, 3 נק"ז
5. מנועי בעירה פנימית – 3 ש"ש, 3 נק"ז
6. שיטות אנליטיות למהנדסים – 3 ש"ש, 3 נק"ז
7. סדנה בתעשיית אנרגיה – 2 ש"ש, 2 נק"ז

פרשיות לימודים בקורסים בהנדסת אנרגיה

378.2.1030 מבוא להנדסת אנרגיה א': 3 ש"ש, קורס השלמה ללא נק"ז

קורס מבוא שבו יסקרו: הידרוסטטיות, תכונות של נוזלים, נוסחאות מעבר והשימוש בהם לפתרון בעיות זרימה. מבוא לצמיגות, זרימה למינארית, טורבולנציה, הפסדי חיכוך, זרימה בצינורות, משאבות, טורבינות, שילובי צנרת-משאבות, גלי הים בצינורות ועוד.

378.2.1040 מבוא להנדסת אנרגיה ב': 3 ש"ש, קורס השלמה ללא נק"ז

תכונות של חומר טהור: דיאגרמת P-v-T, מעבר פאזה, איכות, נקודה משולשת, חום סגולי, חם כמוס.

חוק ראשון: חוק ראשון למערכת, אנרגיה פנימית, תהליכים פוליטרופיים בגז אידאלי.
חוק ראשון לנפח בקרה: SSSF, USUF, מקרים פרטיים (מדחס, טורבינה, נחיר...)
מחזורי עבודה: מחזור רנקין, מחזור ברייטון, מחזור משולב, שיפור ביצועים של מחזור.
מחזורי קירור: קירור דחיסה, קירור ספיגה, קירור דיפוזיה.
אוויר לח: פסיכרומטר, דיאגרמה פסיכרומטרית, מרווה אדיאבטי, מגדל קירור.

378.2.1001 מקורות אנרגיה אלטרנטיביים א': 3 ש"ש, 3 נק"ז

קורס במקורות אנרגיה אלטרנטיביים יקנה לתלמידים רקע כללי בנושאים הקשורים לתחום ויתמקד בנושאים הבאים: אנרגיה סולרית, ביו-דלקים, תאי-דלק, אנרגית הרוח, אנרגיה גרעינית, אנרגיה גיאותרמית ואנרגית גלי הים. הקורס ייפרס על שני סמסטרים (סתו ואביב), ויועבר ע"י מורים שונים. כל מורה יעביר גם תרגילים רלוונטיים. להלן פירוט של הנושאים שיכללו בקורס שינתן בסמסטר הסתו:

אנרגיה סולרית (ינתן על ידי פרופ' פוירמן):

1. עוצמת קרינת השמש והשלכותיה.
2. גיאומטרית שמש-ארץ ושימושה בתכנון מערכות סולריות.
3. מעבר חום בקולטים, תכנון וביצועים.
4. אופטיקה לריכוז קרינה סולרית.
5. מבוא לתאים פוטו-וולטאים.

ספרות:

Active Solar Collectors and Their Applications, by Ari Rabl, Oxford University Press (1985), plus distributed lecture notes.

ביו-דלקים:

מבוא למקורות אנרגיה מן הצומח. תיערך סקירה תמציתית של הרקע ההיסטורי של פיתוח השימוש בחומרים אורגניים מן הצומח להפקת אנרגיה מן העץ לבעירה ועד לשימוש בביו-אתנול וביודיזל. ילמד הבסיס לקיבוע הראשוני של האנרגיה האגורה בקרני השמש לתרכובות אורגניות עתירות אנרגיה במערכת הפוטוסינתטית בצמחים. יסקר בקצרה תהליך גלגולה של האנרגיה מהתוצר האנרגטי הראשוני בצמחים, הסוכר והתססתו ליצירת אלכוהול (ביו-אתנול), וכן התוצר השניוני של האנרגיה בצמחים, שמנים ותהליכי עיבודם לאנרגיה זמינה (ביו-דיזל). יסקרו חומרי הגלם הביולוגיים השונים המקובלים כיום לייצור תעשייתי רחב היקף של ביו-דלקים, כולל זרעים, אצות, פסולת צמחית, תעשייתית ועירונית. יודגשו היתרונות והחסרונות של השימוש בביו-דלקים מבחינה אנרגטית, סביבתית וכלכלית ומגמות עתידיות בתעשיית הביו-דלקים העולמית.

ספרות:

Renewable Energy: Sustainable Energy Concepts for the Future, by Roland Wengenmayr and Thomas Bjhrke, Amazon.com (2008), plus distributed lecture notes.

378.2.1002 מקורות אנרגיה אלטרנטיביים ב': 3 ש"ש, 3 נק"ז

קורס המשך למקורות אנרגיה אלטרנטיביים א'. להלן פירוט של הנושאים שיכללו בקורס שינתן במסטר האביב:

אנרגית הרוח :

תאור אידיאלי של טורבינת רוח (the Betz limit), סקירה של טורבינות רוח קונבנציונליות בעלות ציר אופקי ובעלות ציר אנכי ויעילותן, דרכים שונות לשיפור היעילות של טורבינות הרוח, רעיונות חדשים.

Text: Distributed lecture notes.

תאי דלק :

מבוא: הגדרות יסוד ורקע היסטורי; תרמודינמיקה בסיסית של תאי דלק; יסודות אלקטרוכימיה וקינטיקה של אלקטרודות; רכיבים בסיסיים של תאי דלק; מיון תאי דלק ושימושים פוטנציאליים.

Text: Distributed lecture notes.

מבוא לאנרגיה גרעינית :

עקרונות יסוד ביצור חשמל ע"י פיצוח גרעיני. עקרונות יסוד של פיסיקה גרעינית: מבנה אטומי, איזוטופים, קרינה גרעינית, תופעת הפיצוח, ריאקצית שרשרת והנקודה הקריטית. מבוא לתכנון ריאקטורים גרעיניים ומיונם. סקירה על השימוש באנרגיה גרעינית כיום ואתגרי העתיד.

ספרות:

R.A. Knief, Nuclear Engineering: Theory and Practice of Commercial Nuclear Power, Hemisphere (1992)

J. R. Lamarsh, Introduction to nuclear engineering, Addison-Wesley series in nuclear science and engineering (1975)

378.2.1010 ו- 378.2.1070 סמינר : 3 ש"ש בשני סמסטרים, 3 נק"ז

במסגרת הסמינר יציג כל תלמיד הרצאה בת 3 שעות על נושא שיבחר הקשור לאנרגיה.

378.2.3010 תכנון, הפעלה ובטיחות פרויקטים אנרגטיים בתעשייה:

3 ש"ש, 3 נק"ז

מטרת הקורס לתת לתלמידים כלים בסיסיים להתמודד עם מגוון רחב של המרכיבים הבטיחותיים הכרוכים בהנדסת אנרגיה. הקורס יכלול את יסודות הבטיחות התהליכית – הסבר על מושגי היסוד בבטיחות והקשר לתהליכי הייצור, דרישות החוקים, התקנות והתקנים – מידע ודיווח, הערכות סיכונים, סוגי הסקרים, מטרות הסקרים, מי מבצע את הסקרים ואחריות. כל זה בהתייחס לתפעול סדיר של מפעלים ולצורך תכנון וביצוע פרויקטים אנרגטיים בתעשייה. כחלק משילוב הבטיחות בניהול פרויקטים, ינתן גם רקע בסיסי בנושא הכלכלה.

תכנית הקורס:

1. מבוא לקורס: מושגי יסוד. תיאור אירועים וניתוחם
2. נהלים והנחיות עבודה בתחום הבטיחות.
3. נוהלי חירום, צוותי חירום ותוכניות חירום. הערכת אפקטיביות צוותי ותוכניות חירום.
4. ביצוע הערכות סיכונים במפעלים – דרישות רגולטוריות.
5. שילוב הבטיחות התהליכית במתקנים קיימים ובפרויקטים אנרגטיים. רקע בסיסי בכלכלה.
6. שלבי תכנון פרויקט אנרגטי – תכולה, תקציב ולוחות זמנים.
7. תיק מפעל – דרישת רשויות, תכולה, הכנת עבודת גמר.
8. בחינת האספקטים הבטיחותיים בפרויקטים חדשים
9. בחינת תרחישי פריצת חומ"ס ותרחישי שריפה במהלך יצור סדיר הכנת תרגילי חירום ותוכניות חירום. בחינת התרחישים בהקשר של פרויקט אנרגטי.
10. סקר סיכונים HAZOP. מתודה, התנהלות הצוות והובלה הסקר.
11. השפעת אירועים על הסביבה. שימוש בתוכנת ALOHA
12. עבודת גמר: הצגת נושאים על ידי התלמידים, התייחסות ודיון

37823020 נפט, דלקים וגז

3 ש"ש 3 נק"ז

הקורס יעסוק בהפקת דלקים ומוצרי אנרגיה עכשוויים ועתידיים בבתי הזיקוק וינתן מתוך גישה מעשית על הנעשה כיום במדינת ישראל. תיכלל סקירה על משק הדלק במדינה – חברות התשתית, בתי הזיקוק, חברות האנרגיה, הרגולטורים ותהליכי התקינה. יסקרו מקורות ייבוא הנפט הגולמי, סוגיו השונים, השפעתו על תכנון המוצרים, ובדיקות המעבדה.

חלק עיקרי בקורס יעסוק במבנה בית הזיקוק על מתקניו השונים, תהליך הזיקוק בלחץ אטמוספרי ובוואקום, תהליכי פיצוח ופירום קטליטיים, אשפורה וגימור התוצרים. בהקשר לכך תיסקר גם התעשייה הפטרוכימית בישראל.

פרק עיקרי שני יעסוק במוצרים השונים של בית הזיקוק: גפ"מ, בנזין, קרוסין (דלק סילוני), סולר תחבורה, סולר הסקה ומזוט. הדיון יכלול את הכנת המוצרים, תכונותיהם ובדיקות המעבדה הרלוונטיות, תוך הצגת התקנים בישראל ובמדינות נוספות. פרק זה יכלול גם נושא של כשלים וזיזופים.

פרק נוסף ידון בדלקים ביולוגיים מתחדשים: ביו-דיזל, אתנול וביו-דס"ל.

הקורס יסקור את משק הגז הטבעי בישראל – סוגיית כמות הגז, ההובלה וההולכה ושאלת הייצוא. בהרחבה יידונו השימושים השונים לחשמל ואנרגיה, השימוש הפוטנציאלי של גז טבעי לתחבורה, והשאלה בדבר הקמת תעשייה כימית ופטרוכימית מבוססת על גז טבעי (GTL) בישראל.

הקורס יחתם בדיון על ההיבטים הסביבתיים של תעשיית הדלקים – זיהום מתחבורה, בעיות אקולוגיות של בתי הזיקוק ושיקום בעיות שנגרמו בעבר.

37823040 תכן מרכז אנרגיה

מטרות הקורס:

- א. הכרת מערכות ייצור וצריכת אנרגיה.
- ב. הכרת שיקולים לתכן מרכז אנרגיה.
- ג. הקניית יסודות הנדסיים לתכן.

מטלות בקורס: עבודת הגשה והצגתה בפני הכיתה.

סילבוס:

1. מבוא
 - 1.1. מהו מרכז אנרגיה
 - 1.2. יסודות כלכליים
 - 1.3. תרשים זרימה
 - 1.4. יסודות מדעיים: זרימה, מעבר חום, תרמודינאמיקה
2. מערכות צנרת
3. מערכות שאיבה
4. מערכות ייצור אוויר דחוס
5. מערכות אוורור / מיזוג אוויר / חימום
6. מערכות ייצור קיטור
7. דוגמאות לתכן מערכות

ספרות מומלצת

- a. **The HVAC Handbook, Robert Rosaler, McGraw Hill 2004**
- b. **Piping Handbook, Mohinder Nayyar, McGraw Hill, 2003**

c. Centrifugal Pumps: Design and Application, Val S. Lobanoff and 1992

378.2.2010 ביו-דלקים ואנרגית ביומאסה : 3 ש"ש, 3 נק"ז

הקורס יעסוק בלימוד מעמיק של תהליכי ייצור ושימוש של אנרגיה הנוצרת באופן ביולוגי והפיכתה לדלקים הניתנים לשימוש תעשייתי. ילמד התהליך הראשוני של קליטה וקיבוע אנרגית האור בחומרים אורגניים ביצורים ביולוגיים (צמחים ומיקרואורגניזמים). ילמדו ריאקציית האור ומעגל קלווין ליצירת סוכרים בתהליך הפוטוסינתטי. ילמדו תהליכי ייצור מסה ביולוגית בהיקף רחב לצורך הפקת סוכרים ושמנים, חומרי המוצא לביו-אתנול וביודיזל. תשומת לב מיוחדת תינתן למקורות ביולוגיים בעלי פוטנציאל כלכלי גבוה כגון: אצות לביודיזל, פסולת חקלאית ותעשייתית עשירה במרכיבי ליגנו-צלולוז להפקת ביו-אתנול, צמחי ביומאסה וזרעים מאוקלמים לייצור תעשייתי בתנאי מדבר וקרקות לא חקלאיות. ילמדו טכנולוגיות ייצור ביוטכנולוגי תעשייתי יעיל של ביו-דלקים כגון: מיקרו-דיזל, אנזימים לפירוק מרכיבי ליגנו-צלולוז, ליפאזות לייעול ייצור ביודיזל ועוד. יסקרו צווארי הבקבוק המגבילים את תעשיית הביו-דלקים כיום ויעדי פיתוח לעתיד.

ספרות:

Special Report "The Rise of Biodiesel" World Peace Emerging, eBook (2008)

Handbook of Bioenergy Crops by N. El Bassam, Earthscan Publications Ltd,
ISBN: 9781844078547

Distributed lecture notes.

378.2.2019 קרינה תרמית: 3 ש"ש, 3 נק"ז

הקורס יינתן על ידי פרופ' ג'ף גורדון

הקורס יעסוק בנושאים הבאים:

1. עקרונות יסוד של קרינת גוף שחור.
2. תיאור בסיסי של מדידת קרינה.
3. מעבר קרינה בין גופים שחורים.
4. מעבר קרינה בין משטחי גופים אפורים.
5. מעבר קרינה בין משטחים ספקולריים.
6. תופעות בליעה ומעבר בקרינה ותכונות של גאזים.
7. תרמודינמיקה של הארה.
8. קשרים בין מעבר חום בקרינה, הולכה והסעה.

מטרת הקורס לידע התלמידים לכלי חישוב המיושמים במעברי קרינה. דוגמאות שיכוסו בקורס: בעיות הארה, ריכוז קרינה, תכנון טרמי לחלליות, לכור סולרי, חימום בעזרת קרינה אולטרה-אדומה בתעשייה וקליטת אנרגיה סולרית.
ספרות:

R. Siegel and J.R. Howell, *Thermal Radiation Heat Transfer*, McGraw-Hill.
M.F. Modest, *Radiative Heat Transfer*, McGraw-Hill, plus distributed lecture notes.

378.2.2020 אנרגיה סולרית: 3 ש"ש, 3 נק"ז

הקורס יעסוק בנושאים הבאים:

- סקירה של שימושים באנרגיית השמש.
- גיאומטריה סולרית (משוואת זמן, זווית קולט קבוע וקולט עוקב).
- קרינה סולרית (קרן, פיזור, החזרה, מדידה, מודלי קרינה).
- מבוא לאופטיקה של קולטי שמש.
- קולטים שטוחים.
- יעילות קולטים ובחינתם.
- חימום סולרי פסיבי (אופציות תכנון, הערכת ביצועים עונתיים).
- מרכזי קרינה (הערכת ביצועים, שמישות).
- דיון על שמישות ואגירה טרמית.
- סקירה של תאים פוטו-וולטאיים.
- ביקור לימודי במרכז הלאומי לאנרגיה סולרית בשדה בוקר.

ספרות:

- A. Rabl, Active Solar Collectors and Their Applications, Oxford Univ. press, 1985. (Textbook, TJ 812.R33; 4 copies in the library available for three days)
- A. B. Meinel and M. P. Meinel, Applied Solar Energy, Addison-Wesley Publishing Company, 1976. (TJ 810.M43)
- J. A. Duffie, and W. A. Beckmann, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley, 1991 2nd ed. (TJ 810.D82 - first ed.)
- J. F. Kreider and F. Kreith, Solar Energy Handbook, McGraw-Hill, 1981.(TJ 810.S6244)
- D.Y. Goswami, F. Kreith, and J. F. Kreider, Principles of Solar Engineering, Taylor and Francis, 1999.

J.M. Gordon, Editor, Solar Energy – The State Of The Art, James & James, 2001.

Distributed lecture notes.

378.2.2011 הנעה סילונית: 3 ש"ש, 3 נק"ז

הקורס יעסוק בחוקי השימור במכניקת הזרמים; שימוש בחוקי השימור להערכת ביצועים של מנועי סילון אידיאלי; טיפול בתערובת גזים; תרמודינאמיקה וכימיה של דלקים; הערכת ביצועים של מנוע מגח-סילון; מחזור תרמודינאמי של מנועי טורבו-סילון; הערכת ביצועים של מנועי סילון שונים (Turbojet, turbofan and turboprop); חישוב הפסדי זרימה בכונסים ובנחיר הפליטה; תאי שרפה. ספרות:

Recommended text: *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion* by Philip Hill & Carl Peterson, Addison-Wesley (1992)

Distributed lecture notes.

378.2.2012 מנועי שריפה פנימית: 3 ש"ש, 3 נק"ז

מבוא (מושגי יסוד, עקרונות של מנועי בנזין ומנועי דיזל); מבוא - המשך (מנועי 2 ו-4 פעימות, מנועי וונקל, מנועי סטרלינג, מנועי טורבינות גז); אפיון מנועים (אופיוני ביצוע, מדידת הספק, מפות ביצועים); קביעת תחום העבודה של מנועים ונקודות עבודה אופטימליות אפיונים של פליטת מזהמים, מאזן אנרגיה, חיכוך וסיכה; ניתוח מחזורי אידאליים, ציפויים קרמיים; הכנת התערובת במנועי בנזין (קרבורטורים, הזרקת דלק); הצתה ובעירה במנועי בנזין; הזרקת דלק, התלקחות ובעירה במנועי דיזל; החלפת הגזים במנועי 4 פעימות (עקרונות, כוונן מפלטים, ניצול אנרגיה שיורית, גדישה, טורבו-צ'רגרים); החלפת הגזים במנועי 2 פעימות (עקרונות, מנועי 2 פעימות חדשים); מנגנוני זיהום אוויר והשפעתם על האדם ועל הסביבה; בקרת זיהום אוויר (מדידת יחס דלק-אוויר, ממירים קטליטיים, מחזור גזי פליטה, הזרקת מים); הגדרת נקודת עבודה אופטימלית לגנראטורים ומערכות הנעה היברידיות סיכום ופתרון של מבחנים קודמים.

ספרות:

Internal Combustion Engines Fundamentals, McGraw Hill.J ,Heywood, B (1988)

Introduction to Internal Combustion Engines, Macmillan ,Stone, R., 3rd Ed. (2002)

Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines, Sher, E., Academic Press (1998)

Internal Combustion Engines and Air Pollution, Obert, F.E. Intext Education Publishers (1977)

378.2.2013 מערכות הספק - מסלול אנרגיה: 3 ש"ש, 3 נק"ז

1. תיאור ותוכן המקצוע

המאמץ העולמי לצמצום פליטת גזי החממה וההתפתחות הטכנולוגית המואצת, הביאו לשינויים נרחבים בתפיסת ההפעלה של מערכות החשמל בארץ ובעולם. שינויים אלו באים לידי ביטוי בשני מישורים: שילוב אנרגיות מתחדשות ברשת החשמל וייעול הצריכה תוך שילוב רשתות חשמל חכמות (Smart Grid). גורם משמעותי נוסף לפיתוח הטכנולוגי, טמון בתוכנית התמריצים של הממשל האמריקאי שנועדה לעידוד הכלכלה מחד וחתירה לעתיד "ירוק" יותר מאידך. קורס זה יעסוק בהכרת מערכות החשמל הקיימות בתחומי הייצור ההולכה והחלוקה, ניתוחי אמינות, שילוב אנרגיות מתחדשות, טכנולוגיות עתידיות (רשתות חשמל חכמות) ועוד. במהלך הקורס ישולב סיור לימודי בתחנת משנה או תחנת כח של חברת חשמל להעמקת החיבור בין התיאוריה ובין המעשה.

2. נושאי לימוד עיקריים

1. מבנה משק החשמל ומדיניות הרגולציה.
2. מערכות וטכנולוגיות לייצור חשמל.
3. מערכות הולכה ותחנות מיתוג ומשנה.
4. מערכות חלוקה ואספקת חשמל.
5. עקרונות בסיסים בתפעול המערכת.
6. מדדי אמינות ואיכות החשמל.
7. מודלים כלכליים להערכת אמינות האספקה.
8. ניתוחים אנליטיים ושיטות סימולציה להגדרת יעדי אמינות.
9. חיבור אנרגיות מתחדשות למערכת החשמל.
10. מערכות מניה ורשתות חשמל חכמות ("Smart Grid").

ספרות:

1. Bayliss, C. R. (1999). *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. 2nd Ed Oxford, Newnes.
2. Billinton, R and R. N. Allan. (1996). *Reliability Evaluation of Power Systems*, New-York, Plenum.

3. Brown, R.E, (2002), *Electric Power Distribution Reliability*, New-York, Marcel Dekker.
4. Farret, F. and A., M. Godoy Simoes, (2006). *Integration of Alternative Sources of Energy*, John Wiley & Sons, Inc.

378.2.1050 היבטים אנרגטיים במבנים ובחומרים מתקדמים: 3 ש"ש, 3 נק"ז

מטרות הקורס:

היום ידועה החשיבות הגדולה לניצול יעיל יותר של מקורות האנרגיה הקיימת על מנת לשמור על איכות החיים שלנו ושל הסביבה לדורות הבאים. בחברה המודרנית המפותחת בניינים מהווים חלק גדול מסך כלל צריכת האנרגיה הן להקמת הבניינים והן להפעלתם. חלק ניכר מכלל האנרגיה המופקת במדינות המפותחות נצרכת בבניינים, ואם מביאים בחשבון גם את תשומות האנרגיה הישירות והעקיפות במהלך הבנייה, גדל חלקו של ענף הבנייה כמעט לחצי. לכן בצריכת האנרגיה במבנים יש לקחת בחשבון את: (1) **אנרגיית התיפעול** - האנרגיה הנדרשת בזמן השימוש, כלומר האנרגיה הנדרשת לתיפעול ואחזקת המבנה כגון, חימום, קירור ותאורה, (2) **האנרגיה האגורה** - האנרגיה הנדרשת לייצור המבנה, כוללת את החומרים המשמשים לבנייה, כגון צמנט (שריפה), אגרגטים, מוטות פלדה וכדומה, הובלה של החומרים לבניה ושל והאלמנטים המובלים לאתר ע"י תכנון אופטימלי, מיכון לייצור ודרכי השמה, ו- (3) **אנרגיית המיחזור** - תהליכי תיקון, הריסה ומיחזור המבנה וחומריו כגון היכולת למחזר את הבטון ע"י למשל הפקת אגרגטים ממוחזרים, מיחזור המתכות, הדלתות, החלונות ועוד. הקורס מציג את הגורמים העשויים להביא לתכנון ובנייה של בניינים עם צריכת אנרגיה מינימלית ויעילות אנרגטית גבוהה.

נושאי הקורס:

1. **מבוא:** היסטוריה של אדריכלית ליעילות אנרגטית במבנים, התמודדות היסטורית והפתרונות היום.
2. **חומרי בניה:** ניתוח מגוון חומרי בניה וצריכת האנרגיה שלהם במהלך הפקתם ובמשך מחזור החיים השימושי שלהם ודרכים לשיפור יעילות אנרגטית שלהם.
3. **בטון ומלט:** הרכב בטון ומלט והשפעתם על צריכת האנרגיה, מוספים לבטון והשפעתם על האנרגיה, קיים ומיחזור של בטון.
4. **תיפקוד תרמי של מבנים:** הדמיות אנרגטיות, הכנת גרף פסיכרומטרי, תרמוגרפיה וחישובים אנרגטיים, על בסיס טכנולוגיות שניתנו בשעורים קודמים, תיפקוד וחסכון אנרגטי מול מחיר, כולל תרגיל כיתה. תוכנות: ECOTEC, ENERGY.UI, ENERGYPLUS.
5. **מיזוג אויר חוסך אנרגיה במבנים:** שיטות להתייעלות אנרגטית של מערכות מיזוג אויר
6. **יעילות אנרגטית של בניינים קיימים:** יישום טכנולוגיות מסורתיות עם דוגמאות ועקרונות אדריכלות תואמת אקלים לבניינים חדשים.
7. **שדרוג בניינים וישובים קיימים:** אקלימי ואחרים, להתייעלות אנרגטית של המבנה הקיים.
8. **חומרי בידוד:** סוגי חומרים ותיפקודם התרמי, הרכב, טכנולוגיות יישום ותיפקוד מכאני
9. **בידוד תרמי של חומרים:** תכונות תרמיות של חומרי בניה, שיטות בדיקה תרמית, תיפקוד תרמי שלהם.

10. **תאורה חוסכת אנרגיה במבנים:** תאורה טבעית ומלאכותית, נורות חסכוניות, שיטות בקרה על תאורה.
11. **תקינה:** בידוד תרמי של בניינים תקן 1045, תקנים לבניינים ירוקים: 5281, 5282, 5068.

הערכת התלמיד:

1. הכנת פרויקט באחד מתחומי הנושאים הנלמדים. ערכו של הפרויקט יהיה 60% מן הציון בקורס.
2. הצגת הפרויקט בכיתה, 30% מהציון בקורס.
3. נוכחות **חובה** ב-80% מהשיעורים. נוכחות מעבר ל-80%, מהווה 10% מהציון.

ביבליוגרפיה (חלקית)

1. י. סורוקה, חומרי בניה תכונות ושימושים - חומרי מליטה מלט ובטון, חלק א' וחלק ב'.
2. דבורסקין ד. וגרנות ר. (1989). מדריך לשימור אנרגיה בבנייני מגורים, משרד האנרגיה והתשתיות, חשב, תל אביב.
3. מאיר י., עציון י. ופימן ד. (1990). היבטים אנרגטיים בתכנון באזורים מדבריים, משרד האנרגיה והתשתיות, תל אביב.
4. מכון התקנים הישראלי (2011) ת.י. 5281: בניינים שפגיעתם בסביבה פחותה ("בניינים ירוקים")
5. נאמן א. (2002) תאורה טבעית בבניינים – עקרונות והנחיות תכנון. משרד התשתיות הלאומיות והטכניון – מכון טכנולוגי לישראל. 467 עמ'.
6. פורה מ., חסיד ש., אבן-אור ד., גנור ד. וביכיו ס. (1989). עקרונות וכללי תכנון לבנייה סולרית פסיבית של בנייני מגורים בישראל. הטכניון, חיפה. 98 עמ'.
7. אראל א., פרלמוטר ד., יצחק מ., עציוני י., רופא י., מדריך לבניה ביואקלימית בישראל, משרד התשתיות הלאומיות, אגף מחקר ופיתוח, 2010.
8. Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D. "Concrete" 2nd edition.
9. Anink D., Boonstra C. and Mak J. 1996. A Handbook of Sustainable Building. James & James, London. 175p.
10. Givoni, B. 1981. Man Climate and Architecture. Applied Science Publishers, London. 483p.
11. Givoni B. 1989. Urban Design in Different Climates. WMO/TD-No. 346.
12. Harvey, D. 2006. A Handbook on Low-Energy Buildings and District-Energy Systems – Fundamentals, Techniques and Examples. Earthscan, London and Sterling, Va. 701p.
13. Hawkes D., Owers J., Rickaby P. and Steadman P. 1987. Energy and Urban Built Form. Butterworths, London. 248p.
14. Kibert C. 2005. Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. 434p.
15. Kwok A. and Grondzik W. 2007. The Green Studio Handbook: Environmental Strategies for Schematic Design. Elsevier, Amsterdam etc. 378p.

16. Mobbs, M. 1998. Sustainable House. Choice Books, Marrickville, Australia. 187p.
17. Moughtin C. with Shirley P. 2005. Urban Design: Green Dimensions. Elsevier, Amsterdam etc. 254p.

378.2.2032 מבוא לאנרגיה גרעינית נק"ז: 3 ש"ש, 3 נק"ז

הקורס יקנה עקרונות יסוד ביצור חשמל ע"י פיצוח גרעיני. ילמדו בהרחבה עקרונות יסוד של פיסיקה גרעינית: מבנה אטומי, איזוטופים, קרינה גרעינית, תופעת הפיצוח, ריאקצית שרשרת והנקודה הקריטית. ינתן הרקע הנדרש לתכנון ריאקטורים גרעיניים ומיונם. סקירה על השימוש באנרגיה גרעינית כיום ואתגרי העתיד.

ספרות:

R.A. Knief, Nuclear Engineering: Theory and Practice of Commercial Nuclear Power, Hemisphere (1992)

J. R. Lamarsh, Introduction to nuclear engineering, Addison-Wesley series in nuclear science and engineering (1975)

378.2.2016 הידרידים: 3 ש"ש, 3 נק"ז

מימן – מקור האנרגיה ביקום. שימוש של הידרידים בכורים גרעיניים. מימן – מקור אנרגיה משני. אגירת מימן בהידרידים. אנרגיה כימית של שריפת מימן. תרמודינאמיקה של היווצרות הידרידים. קביעת אנטלפיות ואנטרופיות יצירה בעזרת איזותרמות לחץ-הרכב ובעזרת מדידות חום סגולי. הידרידים מתכתיים בינאריים. הידרידים בין מתכתיים והידרידים מתכתיים מורכבים. קינטיקה של בליעת מימן. מושגים כלליים של ריאקציות היתוך ושל כורי היתוך.

ספרות:

W.M. Mueller, J.P. Blackledge and G.G. Libowitz, *Metal Hydrides*, Academic Press, New York (1968).

F.A. Kuijpers, Ph.D. Thesis, Technological University Delft (1973), also Philips Res. Repts. Suppl. (1973) No.2.

Y. Fukai, *The Metal-Hydrogen System. Basic Bulk Properties*, (second edition), Springer-Verlag, New York (2005).

T.B. Flanagan, in A.F. Andresen and A.J. Maeland(eds.), *Hydrides for Energy Storage*, Pergamon, Oxford (1978), p.135.

J.W. Christian, *The Theory of Transformations in Metals and Alloys, Part I, Equilibrium and General Kinetic Theory* (second edition), Pergamon, Hungary (1975).

about ITER(International Thermonuclear Experimental Reactor):

<http://www.iter.org/>.

378.2.2017 אגירת אנרגיה: 3 ש"ש, 3 נק"ז

אגירת אנרגיה תרמית-חומרים משני פאזה; אגירת אנרגיה ברכיבים חשמליים ואגירה במערכות הספק; אגירת אנרגיה מכאנית תקצירי נושאי הקורס מופיעים להלן.

אגירת אנרגיה במוליכי-על מגנטיים; מערכות אגירה במצברים; קבלים מתקדמים; אגירה בגלגלי תנופה: עקרונות וטכנולוגיה; שימושים במערכות הספק; מתקני FACTS; מעבר וחלוקה של מתח DC גבוה; שיקולים כלכליים; דוגמת לימוד: הולנד.

ספרות:

IEEE and IET papers

אגירת אנרגיה תרמית בחומרים שמני פאזות: מבוא כללי, עקרונות בסיסיים של שיטות לאגירת אנרגיה תרמית. יתרונות וחסרונות אגירת אנרגיה חום עם שינוי פאזה בהשוואה לשיטות אחרות. מיון חומרי משני-פאזה: הידריטים של מלחים, מלחים מותכים, פרפינים וחומרים אורגניים אחרים.

עקרונות בסיסיים בתרמודינאמיקה ותופעות מעבר פאזה נזל-מוצק. שיטות לשיפור קצב מעבר חום בתהליכי אגירת חום עם שינוי פאזה. שימושים במערכות להמרת אנרגיה.

ספרות:

חומר רקע מקצועי רלבנטי יופץ במהלך הקורס.

378.2.2018 התפלת מי ים: 3 ש"ש, 3 נק"ז

מבוא כללי, הגדרת עקרונות בסיסיים, אספקטים סביבתיים וכלכליים בתהליכי התפלה. שיטות התפלה בתהליכי איוד: איוד רב-דרגי, תהליכי הבזקה, מערכות משולבות ליצור חשמל ומים מותפלים. התפלה באמצעות ממברנות: אוסמוזה הפוכה, אלקטרו-דיאליזה, זיקוק ממברנלי, פרוופורציה. משוואות שטף ותופעת קיטוב ריכוזים. היווצרות אבנית: מסיסות מלחים קשי-תמס, נוקלאציה וגידול גבישים, שיטות למניעה וטיפול אבנית במערכות התפלה. טיפול ברכז ומערכות משולבות להגדלת אחוז ההשבה. שיטות להתפלה באמצעות מקורות אנרגיה אלטרנטיביים.

ספרות:

El-Dessouky, H. T., and H. M. Ettouney. *Fundamentals of Salt Water Desalination*. New York, NY: Elsevier (2002)

Wilf, Mark. *The Guide Book to Membrane Desalination Technology*. D'Aquila, Italy: Balaban Desalination Publications (2007)

Spielger, K. S., and Y. M. El-Sayed. *A Desalination Primer*. D'Aquila, Italy: Balaban Desalination Publications (1994)

378.2.2031 כלכלת אנרגיה: 3 ש"ש, 3 נק"ז

מטרת הקורס לתת לתלמידים כלים בסיסיים להתמודד עם מגוון רחב של מרכיבים כלכליים הכרוכים בהנדסת אנרגיה. הקורס יכלול מבוא לכלכלה – הסבר על מושגי היסוד, חשבונאות – מידע ודיווח, מאזנים וניתוח דוחות כספיים, תמחיר, מימון לצורך ניתוח כדאיות וניתוחי חלופות ובחינת כדאיות, עלות הקמת מתקן חדש חדש אנרגיה ועלות הפעלתו. הקורס יתמקד בניתוח עלויות וכדאיות מתקני אנרגיה שונים – הן בשלבי הקמתם והן מבחינת תפעול שוטף שלהם.

ספרות:

מאמרים ודוחות ספציפיים יחולקו על ידי המרצה במהלך הקורס

378.2.1060 כימיה של "סופר מולקולות" בהעברת אנרגיה: 3 ש"ש, 3 נק"ז

הקורס יעסוק כימיה של סופר מולקולות, הקובעת את המבנה הכימי והפעלת מערכות מעבר אנרגיה. ילמדו תהליכים ביולוגיים של גלגול אנרגיה כדוגמת תהליך הפוטוסינתזה ומערכות סינטטיות כדוגמת תאים פוטוואולטאיים המבוססים על חומרים אנאורגאניים וחומרים

אורגניים/פולימריים. תודגש חשיבות הכימיה של הסופר מולקולות בתחום זה. ילמדו מערכות פוטוולטאיות הכוללות הכוללות מרכיבי פוטוסינתזה מלאכותית, מערכות קליטת/פליטת אור וחומרים אורגניים, תאי דלק, בטריות התקנים תרמואלקטריים ואלקטרומכניים. יסקרו יכולות יישום יכולות פוטוסינתטיות להפקת אור למים, תנועת שרירים ועוד. בכל הנושאים יערך דיון מעמיק בקשר שבין המבנה הכימי הבסיסי של הסופר מולקולות, הקובלנטיות שלהן ואינטראקציות שינוניות הקובעות את התארגנותם המרחבית בצברים, והשפעתן על מערכות מעבר אנרגיה שונות.
ספרות:

“Supramolecular Chemistry” by JW Steed and JL Atwood, 2009 by Wiley.

378.2.2034 מודלים סטטיסטיים בתעשיית אנרגיה: 3 ש"ש, 3 נק"ז

מטרת הקורס לספק לתלמידים כלים סטטיסטיים שיסייעו בלימודי הנדסת אנרגיה ולניתוח תוצאות מחקריהם.

רשימת הנושאים שילמדו כוללת:

1. הסקה על מדגם אחד ומשני מדגמים.
2. רגרסיה ליניארית פשוטה וקליברציה.
3. רגרסיה ליניארית רבת משתנים.
4. Principal Components Analysis (PCA)
4. Partial Least Squares (PLS)
5. Canonical Correlation
6. רגרסיה לוגיסטית, Linear Discriminant Analysis (LDA)
7. עצי החלטה
8. HCA ו-K-means -Cluster Analysis

3 ש"ש 3 נק"ז

06852127 מדיניות סביבתית

מטרת הקורס

הקורס מיועד בעיקר לתלמידי תואר מוסמך במנהל ומדיניות ציבורית במגמת ההתמחות "כלכלה, עסקים וחברה". הקורס יספק לתלמידים ידע תיאורטי וכלים לניתוח בעיות מתחום יחסי הגומלין בין החברה והסביבה. בקורס יילמדו מושגים מרכזיים הנוגעים לכשלי שוק המאפיינים מוצרים בעלי אופי סביבתי אשר מנגנון השוק אינו מייצר עבורם פתרונות מספקים. יידונו שיטות לאמידה ומדידה של הערך הכלכלי של מוצרים אלו והאמצעים העומדים בפני קובעי המדיניות להתערבות בשווקים. בנוסף, ינתחו מקרי בוחן מרכזיים של מדיניות סביבתית במשק הישראלי.

רשימת הנושאים העיקריים בקורס

1. מהי מדיניות סביבתית? מבוא והתפתחות המדיניות הסביבתית.
2. מושגי יסוד במדיניות סביבתית: כשלי שוק; מוצרים ציבוריים, תחרות לא משוכללת, החצנה סביבתית; רגולציה, נכונות לשלם עבור מוצרים ציבוריים, מושג הרנטה

3. משאבי טבע מתכלים ומתחדשים: נדירות, קיימות, הטרגדיה של המשאבים המשותפים ונציגות הדורות הבאים.
4. שיטות מדידה כמותיות עבור מוצרים שאין עבורם שוק משוכלל (לדוגמא: מחיר זיהום, ערך שטחים פתוחים), מחירים הדונים והערכת מחזור חיים סביבתי של מוצר.
5. אמצעים לקידום מדיניות סביבתית, קריטריונים לקביעת התערבות, כלי בקרה, שליטה ע"י גוף מסדיר ותמריצי שוק.
6. רגולציה סביבתית בתנאי אי ודאות; מידע פרטי מול מידע ציבורי, שינויי אקלים וההסתברות לאסון סביבתי.
7. הקשר שבין מדיניות סביבתית וצמיחה כלכלית
8. ניתוח מדיניות סביבתית עבור שווקים נבחרים במשק הישראלי

חובות הקורס

- בחינה סופית
- תרגיל מסכם – ניתוח בעיה מתחום המדיניות הסביבתית

אופן קביעת הציון

- בחינה 80%
- תרגיל מסכם 20% (15% עבודה, 5% הצגה בכיתה)

פרי הקורס (קריאות החובה)

- Endres, A. (2011). *Environmental Economics - Theory and Policy*. Revised and extended version, Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Field, C. B., & Field, M. K. (2009). *Environmental Economics, An introduction*, 5th revised edition. New York: McGraw-Hill.

קריאה נוספת

- Baumol, W. J., & Oates, W. E. (1988). *The Theory of Environmental Policy*, 2nd edition. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Chapman, D. (2000). *Environmental Economics, Theory, Application, and Policy*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley.
- Field, C. B. (2007). *Environmental Policy, An introduction*, 2nd edition. Long Grove, Illinois: Waveland Press Inc.
- Hussen, A. (2004). *Principles of Environmental Economics*, 2nd edition. New York: Rutledge.
- Kraft, M. E. (2011). *Environmental Policy and Politics*, 5th edition. New York: Pearson Education Inc.

רשימת מאמרים לקריאה יפורסמו מעת לעת במסגרת הקורס.

אוניברסיטת בן גוריון בנגב
באר שבע, 84105



Ben Gurion University of the Negev
Beer Sheva, 84105, Israel

הפקולטה למדעי ההנדסה
היחידה להנדסת אנרגיה

<http://in.bgu.ac.il/engn/energy/Pages/default.aspx>

Faculty of Engineering Sciences
Energy Engineering Unit

<http://in.bgu.ac.il/engn/energy/Pages/default.aspx>



Energy
Engineering
378

Office Tel: 08-6472955, 08-6461312
Office Fax: 08-6472955
Office E-mail: hamit@bgu.ac.il

General Background

Today it is clear to all who live in modern society that the subject of energy is central to modern life. Its importance will continue to increase with the depletion of conventional energy sources which currently support and make possible all our daily activities. The purpose of the proposed program for a Master's Degree in Energy Engineering is to train engineers holding a bachelor's degree to contend with the energy crisis which is at our door, and this by means of organized study of alternate energy sources and improvement of the utilization of conventional sources. Among others, the following subjects will be studied: solar energy, bio-fuels, nuclear energy, wind energy, fuel cells and batteries, biological and hydride fuel cells. All this is in addition to conventional applications as, for example, internal combustion, jet engines, control of air pollution, and desalination of sea water. There is a demand for the graduates in a wide range of industry in Israel and abroad, whether by users of energy or suppliers of energy.

Admission Conditions

Those who may register for the studies: holders of a baccalaureate degree in any engineering and natural sciences areas (B.Sc. and B. A.) from a recognized academic institution in Israel or abroad who have achieved a minimum average of 85, and a ranking in the top 25% of their class. The educational program will be tailored to each student based on his achievements in his undergraduate studies.

The above admission conditions are threshold conditions and having achieved them does not guarantee acceptance. The final decision as to acceptance is at the discretion of the departmental and faculty admissions committees (graduate students committee) after considering the entirety of data relating to the applicant (grades, class standing, reference letters, academic background, professional experience, etc.), and depending on the number of places available.

Structure of the Study Program

The Energy Engineering Unit offers studies toward the master's degree (M.Sc.) and doctorate (Ph.D.). Requirements for the master's degree include 36 course credits. The student must accumulate 12 credits doing a comprehensive research work (thesis), in addition to 9 credits in required courses, 6 of these being for required courses and 3 for a required seminar. Nine additional credits are from a list of elective courses offered within the Energy Engineering program. Six additional credits are from courses offered to master's students in the departments within the Engineering Faculty; when choosing courses not on the list of the Energy Engineering program they must be approved by the advisor and by the Instruction Committee of the Energy Engineering Unit.

Details as to the studies toward the doctoral degree can be obtained from the Kreitman School for Advanced Graduate Studies.

Academic Faculty Members and Teaching Staff

Faculty members in the Unit are faculty members of the departments of the Faculty of Engineering Sciences, of other faculties of the Ben Gurion University of the Negev and external lecturers, all of whom are leader in fields related to Energy Engineering in Israel. Following the staff member name are key words indicating the member research and teaching activities.

Prof. Yaniv Gelbstein - Head of Energy Engineering Unit, Chairman of the Research Students Committee, Thermoelectricity and materials.

Prof. Semion Sukoriansky – Convective Heat Transfer; Applied Fluid Mechanics; MHD Power Conversion Systems; Numerical Methods; Turbulent Flow.

Prof. Zeev Wiesman – Biofuels; Biomass Energy; Intelligent Clean Tech for Bioenergy; Analytical Chemistry & Chemometrics; Multi-spectral analysis; Physico-Chemical Properties; Biofuels Standards.

Prof. Raul Rabinovici Chairman of the Teaching Committee, Electric Machines; Power Systems; Industrial and Power Electronics; Photovoltaic Solar Energy; Wind Energy.

Prof. Eran Sher Internal Combustion Engines, Alternative Fuels, Combustion and Emission, Fuel injection, Micro Engines.

Prof. Eli Korin crystallization, water desalination ,Fuel cells, Energy storage.

Prof. Jeff Gordon; maximum-performance radiative transfer; solar concentration; advanced photovoltaic devices; nanomaterial generation; novel power production methods.

Prof. Daniel Feuerman Solar Energy Systems, Nonimaging Optics, Material Synthesis with Solar Ablation, Solar Concentrators.

Prof. Avraham Kudish Solar Energy Systems, Measurement and analysis of visible solar radiation, Measurement and analysis of UVB and UVA solar radiation, Conversion of solar to thermal energy, Solar desalination.

Prof. Armand Bettelheim Electrocatalysis, Conductive Polymers, Fuel Cells, Artificial Photosynthesis, Water Splitting, Hydrogen Storage, CO₂ Electroreduction.

Prof. Alex Galperin Nuclear Engineering.

Dr. Eugene Shwageraus Nuclear Engineering.

Prof. Gennady Ziskind Heat Transfer; Two-Phase Systems; Phase-change Materials; Passive-cooling Methods.

Prof. Alexander Yakhot Analytical Methods; Turbulence Modeling; Computational Fluid Mechanics; MHD Power Conversion Systems.

Dr. Jack Gilron Wind-aided evaporation (WAIV), brine management, renewable energy desalination (RED), energy efficient desalination.

Dr. Chaim Rappaport Projects management, Process safety, Process engineering, Optimizing energy using and engineering economy.

Dr. Charles Linder Macromolecules.

Dr. Yisrael Parmet Statistics energy modeling.

Prof. Ozer Igra Wind turbine

Dr. Ida Elperin Heat Transfer; Fluid Mechanics.

Dr. Alex Koifman Thermodynamics, Heat transfer

Prof. Alva Peled Building materials and energy.

Dr. Ofir Rubin

Mr. Alexander Klebanov

Courses offered in the Energy Department Unit

Alternative energy sources 1:

SOLAR ENERGY:

1. Magnitude of the solar resource; the solar spectrum and its ramifications.
2. Sun-earth geometry and its use in system design.

3. Heat transfer in solar collector design and performance.
4. Optics of solar concentration.
5. Photovoltaic basics.

Text: *Active Solar Collectors and Their Applications*, by Ari Rabl, Oxford University Press (1985), plus distributed lecture notes.

BIO-FUELS:

Introduction to plant energy resources. Historical brief introduction of the development of organic materials produced by plant for various energy uses starting from wood burning until biodiesel and bioethanol will be carried out. The basic light energy fixation into organic material via the photosynthetic process will be studied. The turn over of energy from the basic free sugar through lignocelluloses materials used for fermentation and bioethanol production will be discussed. The secondary plant energetic products, triglycerides and their processing into biodiesel will be also reviewed. Various biological raw materials used today in the international biofuels industry will be reviewed. Economical and environmental advantages and disadvantages of biofuels will be discussed as well as future approaches of the international industry.

Text: *Renewable Energy: Sustainable Energy Concepts for the Future*, by Roland Wengenmayr and Thomas Bjhrke, Amazon.com (2008), plus distributed lecture notes.

Alternative energy sources 2:

INTRODUCTION TO NUCLEAR POWER:

The series of lectures will cover the fundamentals of producing electricity from nuclear fission.

Basic concepts of nuclear physics will be reviewed such as atomic structure, isotopes, radioactivity, fission phenomenon, chain reaction and criticality.

Next, fundamentals of nuclear reactor engineering will be covered along with short descriptions of the most common reactor types.

Finally, a brief overview of the current status, challenges and prospects of nuclear energy will be presented.

Text:

2. R.A. Knief, *Nuclear Engineering: Theory and Practice of Commercial Nuclear Power*, Hemisphere, 1992.
3. J. R. Lamarsh, *Introduction to nuclear engineering*, Addison-Wesley series in nuclear science and engineering, 1975.

WIND POWER:

Description of ideal wind turbine (the Betz limit); review of horizontal and vertical axis conventional wind turbines and assessing their efficiencies. Various ways for improving the turbine's efficiency; non-conventional wind turbines.

FUEL CELLS AND BATTERIES:

Introduction and basic principles of fuel cells and batteries; thermodynamics, kinetics and transport phenomena in fuel cells and batteries. Classification of fuel cells, alkaline and acid fuel cells, molten carbonate, solid oxide and solid polymer electrolyte fuel cells, direct methanol and direct borohydride fuel cells. Primary and secondary batteries, lithium ion batteries. Current status and new research & development directions in electrochemical energy conversion.

References: Leo J. M.J. Blomen and M. N. Mugerraw, *Fuel Cells Systems*, Plenum Press, New York and London (1993).

J. Larminie and A. Dicks, *Fuel Cell systems Explained*, John Wiley, New York (2000).
A. J. Bard and L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, John Wiley, New York (2001).

T.R. Crompton, *Battery Reference Book*, Third Edition, Newnes, Oxford (2000).

INTRODUCTION TO NUCLEAR POWER

A series of lectures covering the fundamentals of producing electricity from nuclear fission.

Basic concepts of nuclear physics will be reviewed such as atomic structure, isotopes, radioactivity, fission phenomenon, chain reaction and criticality.

Next, fundamentals of nuclear reactor engineering will be covered along with short description of the most common reactor types.

Finally, a brief overview of the current status, challenges and prospects of nuclear energy will be presented.

Texts: R.A. Knief, *Nuclear Engineering: Theory and Practice of Commercial Nuclear Power*, Hemisphere, 1992.

J. R. Lamarsh, *Introduction to nuclear engineering*, Addison-Wesley series in nuclear science and engineering, 1975.

Seminar:

In the seminar every student will present a 3 hours lecture on an energy related topic of his choice.

Bio-fuels and biomass energy:

The course will be focused on the study of production processes and utilization of biological derived energy and its conversion to industrial useable biofuels. The basic photosynthetic apparatus unique to plants and microorganisms responsible for the light energy fixation and production of organic material will be studied. Emphasis will be given for understanding light reaction Kelvin cycle yielding sugars. Large scale biomass industrial systems for sugars and oils production used for bioethanol and biodiesel biofuels will be discussed. Various high potential biomass resources including algae, oil seeds, agriculture and industrial waste materials highly rich with lignocellulose components will be screened. Advanced biotechnologies for cost-efficient biofuels production process will be studied.

Texts: Special Report "The Rise of Biodiesel" World Peace Emerging, eBook (2008).
Handbook of Bioenergy Crops by N. El Bassam, Earthscan Publications Ltd, ISBN: 9781844078547.

Distributed lecture notes.

Thermal radiation:

- 1) Rudiments of blackbody radiation.
- 2) Basic principles in radiometry.
- 3) Configuration factors and radiative exchange between blackbodies.
- 4) Radiative transfer among graybody surfaces.
- 5) Radiative exchange when specular surfaces are involved.
- 6) Effects of absorbing and transmitting media and the radiative properties of gases.
- 7) Thermodynamics of luminescence.
- 8) Radiation combined with conduction and convection.

The principal aim is for the student to develop an intimate familiarity with the concepts, calculational tools, analytic methods and assorted approaches to problems in radiative transfer, with a plethora of practical applications. Examples include illumination problems, radiation concentration, satellite thermal design, furnace design, infrared industrial heating, and solar energy collection.

Recommended texts: (a) R. Siegel and J.R. Howell, *Thermal Radiation Heat Transfer*, McGraw-Hill.

(b) M.F. Modest, *Radiative Heat Transfer*, McGraw-Hill.

Physics of Nuclear Reactors

This course will introduce the technology of producing electricity from nuclear fission.

It is offered as “minor” requirement subject of choice for the graduate students in Energy Engineering program.

The course will cover the following topics:

- basics of nuclear physics including atomic structure, radioactivity, and nuclear fission
- physics and engineering fundamentals of nuclear reactor operation
- review of the nuclear fuel cycle, uranium mining, enrichment, and nuclear waste management
- introduction to nuclear power economics and discussion of nuclear weapons proliferation issue

Text: R.A. Knief, *Nuclear Engineering: Theory and Practice of Commercial Nuclear Power*, Hemisphere, 1992.

Solar Energy:

- Overview of Solar Energy applications
- Solar geometry (equation of time, incidence angles on fixed and tracking surfaces)
- Solar radiation (beam, diffuse, reflected; measurement; radiation models)
- Introduction to optics of solar collectors
- Flat plate collectors
- Collector efficiency and collector testing
- Passive solar heating (design options, prediction of seasonal performance)
- Concentration (performance prediction, utilizability)
- Practical consideration, thermal storage
- Overview of photovoltaics.
- Field trip to the Ben-Gurion National Solar Energy Center

Texts: A. Rabl, Active Solar Collectors and Their Applications, Oxford Univ. press, 1985. (Textbook, TJ 812.R33; 4 copies in the library available for three days)

A. B. Meinel and M. P. Meinel, Applied Solar Energy, Addison-Wesley Publishing Company, 1976. (TJ 810.M43)

J. A. Duffie, and W. A. Beckmann, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley, 1991 2nd ed. (TJ 810.D82 - first ed.)

J. F. Kreider and F. Kreith, Solar Energy Handbook, McGraw-Hill, 1981.(TJ 810.S6244)

D.Y. Goswami, F. Kreith, and J. F. Kreider, Principles of Solar Engineering, Taylor and Francis, 1999.

J.M. Gordon, Editor, Solar Energy – The State Of The Art, James & James, 2001.

Air pollution control:

Definition of air pollution, air pollutants, their characteristics, sources and influence on humans and the environment. Monitoring of air pollutants. Analyses of pollutants' emission. Methodologies of pollutants control with emphasis on electricity plant and car emissions.

Texts: Industrial ventilation and air conditioning, by Tarō Hayashi (1987), 7891 CRC press inc., Boca Raton, Florida

Remote sensing of environment, by ScienceDirect (Online service) (1976), Tomany J.P., American Elsevier Publishing co., NY. London,ams

Distributed lecture notes.

Biological fuel cells, electrical energy produced by biological molecules

The course will be focused on electrons transfer mechanisms in biological systems; fuel cells based on bacterial enzymes; photo-biological fuel cells; methods for design and engineering bio-fuel cells; engineering and applications of bio-fuel cells.

Texts: Fuel Cell Systems Explained By James Larminie, Maurice S Mc Donald, and Andrew Dicks, Publisher: John Wiley & Sons

Biofuels for Fuel Cells Renewable energy from biomass fermentation, Edited by Piet Lens Peter Westermann, Marianne Haberbauer and Angelo Moreno IWA, Publishing - London Seattle

Power systems:

Global effort to reduce greenhouse gas emissions accelerated technological development has led to extensive changes in the operating concept of power systems worldwide. These changes are reflected in two areas: integrating renewable energy and efficiency in electricity consumption while integrating smart electricity networks (Smart Grid). Another significant factor lies in the technological development of the American government's incentives designed to encourage economy on one hand and striving for "green" future on the other.

This course will address current knowledge of power systems in production, transmission and distribution networks, reliability analysis, integrating renewable energy and future technologies (smart electricity networks). The course will be incorporated into an educational tour at an electrical substation or a power station at Israel Electric Company in order to increase the connection between theory and practice

Main topics to be covered are:

1. Structure of the electricity sector and regulatory policy.
2. Systems and technologies to generate electricity.
3. Switching stations and transmission systems.
4. Distribution systems.

5. Basic principles of system operation.
6. Electricity reliability and quality metrics.
7. Economic models to assess reliability of supply.
8. Analytics simulation methods to set reliability targets.
9. Renewable energy.
10. Smart electricity networks ("Smart Grid").

Texts: Bayliss, C. R. (1999). *Transmission and Distribution Electrical Engineering*. 2nd Ed Oxford, Newnes.

Billinton, R and R. N. Allan. (1996). *Reliability Evaluation of Power Systems*, New-York, Plenum.

Brown, R.E, (2002), *Electric Power Distribution Reliability*, New-York, Marcel Dekker.

Farret, F. and A., M. Godoy Simoes, (2006). *Integration of Alternative Sources of Energy*, John Wiley & Sons, Inc.

Hydrides

Hydrogen - source of the energy in the universe. Use of hydrides in nuclear reactors. Hydrogen – secondary energy source. Hydrogen storage in hydrides. Chemical energy for burning of hydrogen. Thermodynamics of hydride formation. Determination of enthalpies and entropies of formation from pressure-composition isotherms and from specific heat measurements. Binary metal hydrides. Intermetallic and complex metal hydrides. Kinetics of hydrogen absorption. General concepts of fusion reactions and fusion reactors.

Texts: W.M. Mueller, J.P. Blackledge and G.G. Libowitz, *Metal Hydrides*, Academic Press, New York (1968).

F.A. Kuijpers, Ph.D. Thesis, Technological University Delft (1973), also Philips Res. Repts. Suppl. (1973) No.2.

Y . Fukai, *The Metal-Hydrogen System. Basic Bulk Properties*, (second edition), Springer-Verlag, New York (2005).

T.B. Flanagan, in A.F. Andresen and A.J. Maeland(eds.), *Hydrides for Energy Storage*, Pergamon, Oxford (1978), p.135.

J.W. Christian, *The Theory of Transformations in Metals and Alloys, Part I, Equilibrium and General Kinetic Theory* (second edition), Pergamon, Hungary (1975).

Energy Storage

THERMAL ENERGY STORAGE IN PHASE CHANGE MATERIALS (PCM)

Introduction: Basic principles of various thermal energy storage methods. Advantages/disadvantages of PCM compared to sensible heat, thermal energy storage method. Classification of PCM: paraffins, non-paraffins, salts hydrate, melt salts and metallic materials and eutectic mixtures.

Basic thermodynamics, heat and mass transfer analysis in phase change thermal energy storage process. Applications: solar heating/cooling of building, solar water heating, off-peak electricity etc. In addition, when discussing power systems and energy storage the following topics will be covered: Electric vehicle, hybrid electric vehicle, smart home. Power grid and energy storage; electric energy storage means. Ultra capacitors, hyper capacitors. Flywheel energy storage systems. Superconducting storage systems. Electric energy storage applications.

Water desalination

Introduction: Definitions and basic principles of desalination. Energetic, environmental and economical aspects in water desalination processes.

Desalination by evaporation processes: multi-stage flash and multiple effect.

Desalination by membranes: Reverse osmosis, electro dialysis, membrane distillation and pervaporation. Flux equations, concentration polarization, scale formation, solubility of sparingly soluble electrolyte in water including thermodynamic and kinetic effects. Methods for treatment and scale prevention in desalination processes. Concentrate management and hybrid processes for high recovery desalination. Technologies for desalination by renewable energy.

References:

El-Dessouky, H. T., and H. M. Ettouney. *Fundamentals of Salt Water Desalination*. New York, NY: Elsevier, 2002.

Wilf, Mark. *The Guide Book to Membrane Desalination Technology*. D'Aquila, Italy: Balaban Desalination Publications, 2007.

Spielger, K. S., and Y. M. El-Sayed. *A Desalination Primer*. D'Aquila, Italy: Balaban Desalination Publications, 1994.

Energy in Industry

Experts from various industrial fields such as: Electricity, Refineries, Oil, Micro-Alage, Food, Environment, Industry and Management and others will give lectures related to problems and solutions relevant to energy production and efficient use. Following each expert lecture an open discussion will be held.

Jet propulsion

Introduction to Jet Propulsion; conservation equations and their usage for assessing performance of an ideal jet-engine; properties of gas mixtures; thermodynamics and chemistry of jet-fuels; ramjet engine and assessment of its performance; description and performance analysis of turbojet, turbofan and turboprop engines; flow losses in jet engine intakes and in nozzles; combustion chambers.

Text: *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion* by Philip Hill & Carl Peterson, Addison-Wesley (1992)

Distributed lecture notes.

Internal combustion engines

Introduction (Basic concepts, principles of SI and CI engines); Introduction - continued (2S and 4S engines, Wankel, Stirling and turbine engines); Engine testing (Performance map, power measurements); Engine speed range, optimal working point, pollutant types, energy balance, friction and lubrication; Ideal cycle analysis, ceramic coating; Mixture preparation in SI engines; Ignition and combustion in SI engines; Fuel injection, ignition and combustion in CI engines; Gas exchange in 4S engines (principles, exhaust tuning, exhaust thermal energy, supercharging, turbo-charging); Gas exchange in 2S engines (principles, modern 2S engines); Mechanism of pollutants formation and their health and environmental effects; Pollution control

(Lambda sensor, catalytic converters, EGR, water addition); Optimal operation conditions for electrical generators and hybrid propulsion units; Summary and examples.

Texts: Internal Combustion Engines Fundamentals, McGraw Hill, Heywood, B (1988).

Introduction to Internal Combustion Engines, Macmillan, Stone, R., 3rd Ed. (2002)

Handbook of Air Pollution from Internal Combustion Engines, Sher, E., Academic Press (1998)

Internal Combustion Engines and Air Pollution, Obert, F.E. Intext Education Publishers (1977)

The Two-Stroke Cycle Engine, Its Development Operation and Design, Sher, E. and Heywood, J., Taylor and Francis (1999)

Energy and Buildings

Elements of heat transfer in buildings: Review of conduction heat transfer, steady and non-steady state heat transfer, lumped capacity analysis; convection heat transfer, forced convection, natural convection; radiation heat transfer, shape factors.

Air infiltration. Stack effect, wind effect, measurement methods; Building heating and cooling loads. Design conditions, building heat transmission coefficient, heat generation, heat balance; Solar Radiation. Solar geometry, solar radiation models, solar radiation on any surface. Passive solar heating. Methods, examples, modeling passive solar heating systems. Passive cooling. Night ventilation cooling potential, effectiveness of building mass. Windows: Refraction, reflection, incidence angle modifier, glazing properties, frames, shading coefficients, heat transmission coefficients.

Field trip: numerous climate-adapted buildings are located on the Sede Boker campus. We will explore some excellent examples and some failures.

Recommended Reading:

Jan F. Kreider, Ari Rabl. Heating and Cooling of Buildings, Design for Efficiency. McGraw-Hill 1994.

AHRAE Handbook of Fundamentals.

Duffie, J.A. and W.A. Beckman (1991). Solar Engineering of Thermal Processes. 2nd Ed., Wiley & Sons.

D.Y. Goswami, F. Kreith, and J. F. Kreider, Principles of Solar Engineering, Taylor and Francis, 1999.

Rabl, A. (1985). Active Solar Collectors and their Applications. Oxford University Press, New York.

Process Safety for Engineers

The objective of this course is to give the students basic tools to compete with wide variety of safety components included in Energy Engineering. The content is as follows: Basic introduction to safety – explanation of basic concepts in safety and the connection to operation processes, the low and standards requirements, information and reporting, risk evaluation, types of surveys, surveys objectives, who is going to the surveys and responsibility. All this, before and during building stages and during continuous operation.

"Supramolecular" Chemistry of Energy Conversion Systems

The covalent and supramolecular chemistry which determines the molecular structure and operation of energy conversion systems will be taught over a series of 12-13 lectures. The course will cover both biological energy conversion such as natural photosynthesis, and synthetic systems such as photovoltaics based on both inorganics and organic/polymeric materials. The importance of supramolecular chemistry in this field will be emphasized and the first lectures will cover the basic aspects in this subject. Photovoltaics, synthetic photosynthesis, inorganic light emitting diodes (LED) and organic LED (OLED), fuel cells, batteries, thermoelectric, and electromechanical devices will be covered. In the biological area the conversion of sun light and water into chemical energy by photosynthesis, muscular movement, conversion of light or sound to electrical impulses will be described. In all the subjects the basic chemical structures, their covalent as well as secondary interactions determining their self aggregate structures, will be used as a basis for describing the characteristics of each of the energy conversion systems.

Literature:

“Supramolecular Chemistry” by JW Steed and JL Atwood, 2009 by Wiley.

Introduction to Energy Engineering 1

Hydrostatic; properties of fluids; conservation equations (of mass, momentum and energy) and their usage in solving flow problems. Introduction to viscose flow; laminar flow; similarity; turbulent pipe flow; turbo machinery, pumps, water hammer. Phase diagram of a pure substance, phase equilibrium in two and three components systems, Psychrometric and water vapor-air mixture, mass and energy balances with and without chemical reaction processes, heat of formation and combustion, flame temperature.

Introduction to transport phenomena, basic principles in heat transfer: conduction, convection and radiation, steady and unsteady state problems with heat transfer. Basic principles in mass transfer, diffusion and, Fick's law, convective mass transfer, steady and unsteady state problems with mass transfer, overall convective mass transfer coefficients between phases.

Introduction to Energy Engineering 2

The course will provide to the students basic understanding of biological-chemical-physical aspects related to plant systems and processes most relevant to sustainable Energy Engineering field.

The study will be focused to understanding of the photosynthetic system, that is absorbing the light energy and converting it to organic matters, enriched with usable energy. The plant cell wall, consisted of poly-sugars, produced by the photosynthetic apparatus and accumulated along plant cell growth. Special emphasis will be given to study of the plant lipid components, accumulated in plant tissues as an energetic reserve. In general the course will deal with the light energy absorbed, metabolized in plant tissues and its conversion to potential forms to be efficiently used in existing industrial engine today. Relevant literature will be distributed before each class