

משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה
הפיקוח על מגמת הנדסת אלקטרוניקה ומחשבים ומגמת מערכות בקרה ואנרגיה

מגמת מערכות בקרה ואנרגיה

התמחות
מערכות בקרת אקלים

תכנית הלימודים במקצוע

תרמודינמיקה ותורת הקירור

סמל מקצוע: 33.202

תוכן עניינים

3	מבוא לתוכנית הלימודים
3	חלוקת שעות
4	חלוקת שעות לפי פרקים
5	פרק א': תרמודינמיקה
5	1. יסודות תורת החום
5	2. חוקי הגזים האידיאליים
5	3. החוק הראשון של התרמודינמיקה
5	4. תהליכים תרמודינמיים
6	5. החוק השני של התרמודינמיקה
6	6. יסודות מעבר חום
6	פרק ב': תורת הקירור
6	7. מחזור קירור בסיסי
7	8. תיאור פעולת מחזור הקירור – מישור P-H
7	9. מדחסים
7	10. מאיידים
8	11. מעבים
8	12. מגדל קירור ומעבה מאיד
8	13. מכשירי הצערה
8	14. קררים
9	15. אביזרי קירור
9	16. צנרת קירור
9	17. הכרה ושימוש בקטלוגים ותוכנות מקצועיות
10	לימודים התנסותיים
11	פירוט תכנית הלימודים ההתנסותיים במקצוע

מבוא לתוכנית הלימודים

חלוקת שעות

חלוקת השעות ללימודי המקצוע **תרמודינמיקה ותורת הקירור** בכיתה י"ב נתונה בטבלה להלן:

סה"כ			כיתה י"ב		<u>שם המקצוע</u>
כללי	ה	ע	ה	ע	
6	2	4	2	4	תרמודינמיקה ותורת הקירור

חלוקת שעות לפי פרקים

שעות	נושא: א. תרמודינמיקה
4	1. יסודות תורת החום
8	2. חוקי הגזים האידיאליים
6	3. החוק הראשון של התרמודינמיקה
8	4. תהליכים תרמודינמיים
6	5. החוק השני של התרמודינמיקה
8	6. יסודות מעבר חום
40	סה"כ שעות:
שעות	נושא: ב. תורת הקירור
6	7. מחזור קירור בסיסי
10	8. תיאור פעולת מחזור הקירור במישור p-h
14	9. מדחסים
6	10. מאיידים
4	11. מעבים
4	12. מגדלי קירור
8	13. מכשירי הצרה
6	14. קררים
8	15. אביזרי קירור
10	16. צנרת קירור
4	17. הכרה ושימוש בקטלוגים ותוכנות מקצועיות
80	סה"כ שעות:

סך-הכול שעות בכיתה י"ב 120 ש"ש

1. יסודות תורת החום 4 – ש'

- 1.1 מערכות של יחידות מידה: מערכת טכנית ומערכת בין-לאומית SI.
- 1.2 הגדרת יחידות מידה והשוואה בין יחידות מידה במערכת טכנית לבין יחידת מידה במערכת בין-לאומית SI.
- 1.3 הגדרות יסוד: מצב צבירה, אנרגיה, מסה, כוח, משקל, צפיפות, משקל סגולי, נפח סגולי, לחץ, טמפרטורה. אנטלפיה, חום מורגש וחום כמוס, לחץ מוחלט ומכשירי.

2. חוקי הגזים האידיאליים 8 - ש'

- 2.1 הגדרת גזים אידיאליים.
- 2.2 חוק בויל-מריוט - טמפרטורה קבועה.
- 2.3 חוק ג'י-לוסק - לחץ קבוע.
- 2.4 משוואת מצב הגז קלפירון - קבוע הגז.
- 2.5 ערך של קבוע הגז.
- 2.6 חוק אבוגדרו.
- 2.7 תערובת גזים, חוק דלטון, לחץ חלקי של גז.
- 2.8 חום סגולי של גז, חום סגולי בנפח קבוע, חום סגולי בלחץ קבוע, חום סגולי של תערובת גזים.

3. החוק הראשון של התרמודינאמיקה 6 – ש'

- 3.1 אנרגיה פנימית של גז.
- 3.2 הגדרת האנטלפיה.
- 3.3 עבודה חיצונית, תיאור במישור P-V.
- 3.4 חוק שימור האנרגיה.
- 3.5 חוק ראשון של התרמודינאמיקה.

4. תהליכים תרמודינמיים 8 – ש'

- 4.1 הגדרת תהליכים תרמודינמיים, תהליך הפיך.
- 4.2 תהליך איזוכורי.
- 4.3 תהליך איזוברי.
- 4.4 תהליך איזותרמי.
- 4.5 תהליך אדיאבטי.

4.6 תהליך איזנטרופי ופוליטרופי.

5. החוק השני של התרמודינאמיקה 6 - ש'

- 5.1 הגדרת החוק השני של התרמודינאמיקה.
- 5.2 מחזור ישר ומחזור הפוך.
- 5.3 מחזור קרנו.
- 5.4 הגדרת האנטרופיה.
- 5.5 משוואות שינוי האנטרופיה בתהליכים תרמודינמיים יסודיים.
- 5.6 מישור , T-S סרטוט תהליכים תרמודינמיים.

6. יסודות מעבר חום 8 – ש'

- 6.1 מעבר בחום בהולכה.
- 6.2 מעבר חום בהסעה.
- 6.3 מעבר חום בקרינה.
- 6.4 מעבר חום משולב של הולכה והסעה
- 6.5 בידוד
- 6.6 מחליפי חום ובלי שינוי מצב צבירה
- 6.7 מחליפי חום עם שינוי מצב צבירה

פרק ב: תורת הקירור

7. מחזור קירור בסיסי 6 – ש'

- 7.1 מדידה של לחץ וטמפרטורה.
- 7.2 שינוי מצב צבירה. תהליכי עיבוי ואידוי בלחצים שונים.
- 7.3 תיאור מחזור קירור בשיטת דחיסת האדים.
- 7.4 הגדרת מחזור הקירור כמחזור משאבת חום.
- 7.5 מערכת קירור בסיסית: מדחס, מעבה, שסתום התפשטות, מאדה.
- 7.6 מחזור קירור כמחזור קרנו, הסבר בדיאגרמת , T-S חישוב מקדם הביצוע (C.O.P) של מחזור משאבת חום למצב קירור ולמצב חימום.

8. תיאור פעולת מחזור הקירור – מישור P-H – 10 ש'

- 8.1 מבנה מישור P-h.
- 8.2 סרטוט מחזור קירור תיאורטי – מישור P-h.
- 8.3 מאזן חום ומאזן מסה של מחזור קירור. חישוב כמויות חום של מאדה, מדחס ומעבה.
- 8.4 חישוב מקדם הביצוע (COP).
- 8.5 חישוב תיאורטי ומעשי של הספק מנוע המדחס.
- 8.6 קירור יתר של נוזל הקירור ושיחון גז הקירור. חישוב מקדם הביצוע (COP).
- 8.7 השוואה בין דיאגרמות P-h של קררים לבין טבלאות נתונים של הקררים.
- 8.8 הבדלים בין מחזור תיאורטי למחזור מעשי (פירוט הפסדים במחזור)

9. מדחסים 14 – ש'

- 9.1 סוגים וסיווג מדחסים.
- 9.2 שיטות הנעת מדחסים: רצועות וגלגל תמסורת, מצמד וישר.
- 9.3 מדחס בוכנתי פתוח, סגור וחצי-סגור. מבנה מכני, שיטות קירור, גוף חימום אגן השמן.
- 9.4 נצילות נפחית, חלל שווא, יחס דחיסה. השפעת טמפרטורת העיבוי וטמפרטורת האידוד על ביצועי המדחס.
- 9.5 דיאגרמה אינדיקטורית.
- 9.6 ויסות תפוקה של מדחס בוכנתי: פנימי, חיצוני על-ידי ברזים חשמליים, מעבר עוקף לגז חם.
- 9.7 מדחס סקרול ומדחס רוטטיבי.
- 9.8 מדחס צנטריפוגלי.
- 9.9 מדחס בורגי. (חד בורגי ודו בורגי)
- 9.10 הרכבת מדחסים ומניעת העברת רעידות, בולמי זעזועים, קפיצים, בסיס בטון, בסיס פלדה.

10. מאיידים 6 – ש'

- 10.1 מאדים להתפשטות ישירה: פלטה, צינור וצלעות. הסעה טבעית ומאולצת.
- 10.2 מאדים לקירור עקיף: סליל, צינור בתוך צינור, פלטה, נחשון, ציילר.
- 10.3 מבנה סוללת קירור (צינור וצלעות). חישוב שטח מעבר חום.
- 10.4 חישוב הפרש טמפרטורה של מאדה ותפוקת קירור.

11. מעבים 4 - ש'

- 11.1 מבנה מעבה אוויר.
- 11.2 מבנה מעבה מים.
- 11.3 חישוב שטח מעבר חום, הפרש טמפרטורה ופליטת חום.
- 11.4 בעיית לחץ ראש במתקן קירור.
- 11.5 ויסות לחץ ראש בשיטות שונות

12. מגדל קירור ומעבה מאייד 4 - ש'

- 12.1 עקרון הפעולה של מגדל קירור.
- 12.2 סכמת מים של מערכת עיבוי: מגדל קירור, מעבה מים, משאבת מי עיבוי. מילוי מים והקזה.
- 12.3 מבנה של מגדלי מים מכני.
- 12.4 מעבה מאייד.

13. מכשירי הצערה 8 - ש'

- 13.1 צינור נימי.
- 13.2 שסתום התפשטות ידני.
- 13.3 שסתום התפשטות אוטומטי.
- 13.4 שסתום התפשטות תרמי בלי ועם משווה לחץ חיצון.
- 13.5 שסתום התפשטות אלקטרוני
- 13.6 מצוף צד לחץ גבוה ומצוף צד לחץ נמוך.
- 13.7 מיקום והתקנת מכשירי הצערה, מפלג זרימה.

14. קררים 6 - ש'

- 14.1 תכונות הקרר האידיאלי. סיווג קררים לפי משפחות.
- 14.2 סקירת קררים מסוג ההלוקרבונים (CFC): CFC-11, HCFC-22, CFC-12, R-502, CFC-113 (אזאורופיים).
- 14.3 פגיעה בשכבת האוזון של כדור הארץ על ידי התפרקות הקררים (ODP) ותקנות רלוונטיות סקירת קררים חליפיים
- 14.4 קררים טבעיים כגון R-717. דו-תחמוצת פחמן CO₂
- 14.5 הידרוקרבונים
- 14.6 תמלחות

15. אביזרי קירור 8 – ש'

- 15.1 ברזים: ידני, חשמלי, אל-חוזר, מלוי קרר.
- 15.2 מיכל נוזלים.
- 15.3 מסנן מיבש וחומרי יבוש.
- 15.4 מראה נוזלים.
- 15.5 מפריד שמן ומפריד נוזל.
- 15.6 צינור גמיש.
- 15.7 משתיק קול.
- 15.8 מחליף חום.
- 15.9 וסתי לחץ: איוד, עיבוי. יניקה
- 15.10 תיאור מספר תקלות במתקן קירור: חוסר קרר, עודף קרר, סתימה, סתימת מעבה באבק, שריפת מנוע מדחס סגור.

16. צנרת קירור 10 – ש'

- 16.1 מבנה עקרוני של צנרת מתקן קירור. שיטות חיבור צינורות, סיווג צנרת נחושת.
- 16.2 החזרת שמן למדחס בעזרת מבנה נכון של צנרת קירור: שיפוע צינור, מלכודת שמן, מהירות זרימת הקרר, זקף כפול.
- 16.3 תיאור מבנה צנרת במתקן קירור בהתאם להפרשי הגובה בין החלקים של המתקן.
- 16.4 מבנה צנרת במתקן קירור הכולל שני מאדים במקביל, שני מעבים במקביל, שני מדחסים במקביל.
- 16.5 עקרונות התאמת צינורות למתקן קירור נתון. מהירות זרימה, מפל לחץ, ספיקת הקרר, תנאי הטמפרטורה.
- 16.6 טבלאות לבחירת צינורות למתקן קירור ולבדיקת מהירות זרימת הגז.

17. הכרה ושימוש בקטלוגים ותוכנות מקצועיות 4 – ש'

- 17.1 בחירת ציוד מקטלוגים של חברות מסחריות
- 17.2 הכרת תכנות מקצועיות והשימוש בהן לחישובים ובחירת ציוד

ראשי פרקים לתכנית הלימודים במקצוע

תרמודינמיקה ותורת הקירור

לימודים התנסותיים

כיתה י"ב 2 – ש"ש

- ניסוי 1: מתקן קירור עם צינור
- ניסוי 2: מתקן קירור עם שסתום התפשטות תרמי
- ניסוי 3: מתקן קירור עם שסתום התפשטות תרמי – תקלות
- ניסוי 4: מתקן קירור משאבת חום – קירור
- ניסוי 5: מתקן קירור משאבת חום – חימום
- ניסוי 6: מדידת נתונים טכניים של מדחס בוכנתי
- ניסוי 7: נצילות נפחית של מדחס בוכנתי
- ניסוי 8: ספירת מעבר חום של סוללת מעבה אוויר
- ניסוי 9: ספירת מעבר חום של סוללת מאיד
- ניסוי 10: אביזרים בצינור הנוזל במתקן הקירור
- ניסוי 11: אביזרים בצינורות היניקה והדחיס של מתקן הקירור
- ניסוי 12: וסתים במתקן קירור
- ניסוי 13: מגדל הקירור

תרמודינמיקה ותורת הקירור

כיתה י"ב 2 – ש"ש

מבוא: הכרת ציוד מעבדתי

- א. בטיחות במעבדה.
- ב. שיטות מדידה ומכשירי מדידה.
- ג. ביצוע מדידות, רישום נתונים ועריכת דוח מעבדה.
- ד. שימוש בקררים, מכלי אחסון, שיטות להעברת קרר, עקרונות לבדיקת האטימות של מערכת הקירור, גילוי דליפות קורר, ביצוע וקום.
- ה. מבנה מכני של מדחס בוכנתי.
- ו. מערכת חשמלית של מדחס בוכנתי סגור.

ניסוי 1: מתקן קירור עם צינור נימי

- א. בחירת צינור נימי למערכת קירור.
- ב. סוג הקרר במתקן ומערכת הלחצים, השוואה בין R12 ל-R22.

ניסוי 2: מתקן קירור עם שסתום התפשטות תרמי

- א. בחירת שסתום תרמי והתקנתו.
- ב. סוג הקרר במתקן ומערכת הלחצים של הקרר.
- ג. התנעת מדחס קירור במתקן עם שסתום תרמי.

ניסוי 3: מתקן קירור עם שסתום התפשטות תרמי – תקלות

- א. איתור תקלות בשסתום תרמי, כגון: סתימה, מיקום רגש, וכו'.
- ב. מדידת מערכת לחצים במתקן הקירור.
- ג. כיוון שיחון הגז.

ניסוי 4: מתקן קירור משאבת חום – קירור

- א. מבנה מערכת הקירור
- ב. מבנה ברז 4- דרכי ושיטת הפעלתו.
- ג. מערכת הלחצים במצב קירור.

ניסוי 5: מתקן קירור משאבת חום – חימום

- א. מערכת הלחצים במצב חימום.
- ב. מעבר להפעלה במצב חימום.

ניסוי 6: מדידת נתונים טכניים של מדחס בוכנתי

- א. ספיקה נפחית תיאורטית של מדחס בוכנתי.
- ב. ספיקה נפחית מעשית של מדחס בוכנתי, שימוש בדיאגרמה P-h.
- ג. מדידת נתונים של מדחס בוכנתי.

ניסוי 7: נצילות נפחית של מדחס בוכנתי

- א. בדיקת תפוקת קירור של המדחס.
- ב. חישוב נצילות נפחית.
- ג. מבנה ועקרון פעולה של קלורימטר.

ניסוי 8: ספירת מעבר חום של סוללת מעבר אוויר

- א. חישוב שטח מעבר חום של סוללת מעבר אוויר.
- ב. ספירת מעבר חום.
- ג. מדידת טמפרטורות וחישוב הפרש טמפרטורות לוגריתמי.

ניסוי 9: ספירת מעבר חום של סוללת מאייד

- א. חישוב שטח מעבר חום של סוללת מאייד.
- ב. ספירת מעבר חום.
- ג. מדידת טמפרטורות וחישוב הפרש טמפרטורות לוגריתמי.

ניסוי : 10 אביזרים בצינור הנוזל של מתקן קירור

- א. מיקום ותפקיד האביזרים.
- ב. תקלות באביזרי הקרר.
- ג. גילוי תקלות בעזרת מדידת לחץ וטמפרטורה.

ניסוי : 11 אביזרים בצינורות היניקה והדחיסה של מתקן קירור

- א. מיקום ותפקיד האביזרים.
- ב. תקלות באביזרי הקירור.
- ג. גילוי תקלות בעזרת מדידת לחץ וטמפרטורה.

ניסוי : 12 וסתים במתקן קירור

- א. מיקום ותפקיד הווסתים (לחץ איוד קבוע, לחץ עיבוי קבוע).
- ב. מערכת הלחצים במתקן הקירור.
- ג. מדידת מערכת הלחצים במתקן הקירור.

ניסוי : 13 מגדל קירור

- א. המבנה והתפקיד של מגדל הקירור.
- ב. מדידת טמפרטורות אוויר כניסה ויציאה.
- ג. מדידת ספיקת אוויר.
- ד. מאזן החום של מגדל הקירור.