

1. מגישי הדו"ח: \_\_\_\_\_ ת.ז. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_ ת.ז. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_ ת.ז. \_\_\_\_\_ קבוצה: \_\_\_\_\_

המכלול: תיבת הילוכים / דיפרנציאל 1 2 (סמן את המכלול והמספר המתאימים).

תאריך ביצוע המעבדה: \_\_\_\_\_ \ \_\_\_\_\_ \ \_\_\_\_\_ שם המדריך: \_\_\_\_\_

תאריך הגשת המעבדה: \_\_\_\_\_ \ \_\_\_\_\_ \ \_\_\_\_\_

**מפתח לבדיקת הדו"ח**

הערות	משאבה	קבלת מיידע	ניקוד	סעיף
	5	5		מטרות הניסוי
		10		עקרון פעולה
		10		סכמה קינמטית וכללית
		5		הסבר חלקים עיקריים
		15		ביקורת לדו"ח
	5			סכמה ותאור המערכת
	5			עקרון פעולת המשאבה
	5			סוגי משאבות וברזים
	5			הצגת התוצאות
	10			ניתוח התוצאות
	5	5		מסקנות
	5	5		סיכום
	45	55		סה"כ:

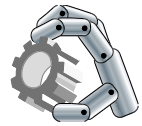
שם הבודק וחתימה: \_\_\_\_\_



הוראות בטיחות :

- המעבדות הן שטח תפעולי המשופע בעצמים חמים וזרמי חשמל גבוהים.
- מותר לסטודנטים לעבוד במעבדה רק כאשר נמצא במקום עובד מסגל המעבדה ו/או מדריך מוסמך אשר מודע לניסוי אותו הם מבצעים .
- אין להכניס למעבדה מזון ושתייה. אין לאכול, לשתות או לעשן במעבדה. אסור להשתמש בטלפונים סלולריים בתוך המעבדה (המעבדה היא שיעור לכול דבר)
- לבעלי שיער ארוך- חובה לאסוף את השער בכניסה לכל חדר מעבדה או ניסוי ולהכניסו מתחת לחולצה
- אין לעבוד עם שרוולים ארוכים ולא רכוסים ו/או בגדים רפויים
- סטודנט שלא יגיע עם נעליים סגורות-היינו נעלים סגורות באופן מלא גם מלפנים (אצבעות רגליים) וגם מאחור (קרוסול חשוף) לא יוכל לבצע המעבדה ולא יקבע לו שיבוץ מחדש. הערה- אין להגיע עם נעלי "CROCS" למעבדות
- בכל מקרה של ספק או חשש בהפעלה של מערכת הניסוי יש להתייעץ עם המדריך או איש הסגל האחראי. חל איסור חמור על הפעלת מערכות ניסוי ללא אישור טכנאי או מדריך ו/או במידה ויש ספק או חשש.
- לא יקבע מועד שיבוץ חדש לסטודנט אשר לא ימלא חובות אלו

- זהירות! ציוד סובב. אין להכניס חוטים/עצמים לכיסוי המנוע!- יש להתרחק במידת האפשר מציר המנוע והמשאבה.
- אין להכניס ידיים למיכל האגירה.
- במידה ומתגלה סדק או כשל כלשהו במיכל האגירה, יש להפסיק מיד את הניסוי.
- הקפד על סביבת עבודה נקייה- ציוד שאינו בשימוש, החזר אותו למקומו.
- לא יודע כיצד להפעיל? קרא למדריך או טכנאי.
- יש לסובב בעדינות את ברז שינוי הספיקה על מנת לא לפגוע בהברגה.
- יש לנהוג במשנה זהירות במגע עם המדידים.



## חלק 1: קבלת מיידע טכני

### א. מטרת המעבדה

1. הכרת עיקרון פעולת מערכת תיבת הילוכים/דיפרנציאל ואופן פעולתה.
2. הערכה איכותית וכמותית של דו"ח העברת מיידע טכני שנכתב ע"י קבוצה אחרת.

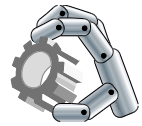
### ב. מהלך המעבדה

1. לפני ההגעה למעבדה, יש ללמוד על אופן פעולתן של מערכות תיבת ההילוכים והדיפרנציאל, מתוך החומר המתואר בתדריך עבור המעבדה הראשונה "העברת מיידע טכני", ומתוך הסרטונים המסבירים על תיבת-ההילוכים והדיפרנציאל הנמצאים באתר הקורס.
2. הקבוצה תערוך דיון מוקדם עם המדריך על מנת להכיר את המערכת, אופן פעולתה ורכיביה.
3. המערכת תורכב על פי דו"ח של קבוצה אחרת.
- ❖ בזמן ביצוע המעבדה שימו לב לדרישות כתיבת הדו"ח. איסוף פרטים וכתובת הארות במהלך המעבדה יקל על כתיבת הדו"ח.

### ג. הוראות ביצוע הדו"ח

1. פרטו את מטרת המעבדה.
2. תארו את עקרון ואופן פעולת המערכת, באמצעות מלל ובעזרת תרשים קינמטית ואיור כללי.
3. פרטו את החלקים המרכזיים והחשובים במערכת, בליווי תרשימים, והסבירו את תפקידם.
4. יש למשב את הדו"ח שקיבלתם. המשוב צריך לכלול הארות והערות לדו"ח, תוך התייחסות למהלך ההרכבה. אתם נדרשים להתיחס לפרטים שנראו לכם ברורים ולאילו שלא היו ברורים. למשל: אלו סעיפים או שלבים היו ברורים בהסבר, אלו לא היו ברורים, מה טיב האיורים, איך הייתם מציגים הוראות או איורים באופן שונה (יש להציג – לא רק לתאר). איך התיחסו לבעיות הטכניות או לשלבי הרכבה בעייתיים? האם ההתייחסות הייתה טובה או מספקת? מה היה חסר?
5. מסקנות.
6. סיכום.

**\*\* בתום הניסוי על הסטודנטים להכיר את עיקרון הפעולה של תיבת ההילוכים והדיפרנציאל. \*\***



## חלק 2: משאבה צנטריפוגלית

### א. מטרת הניסוי

1. הכרת מערכת של משאבה – מרכיבים, אופן פעולה ואופייני עבודה.
2. הכרה של ברזים שונים וסקירה של יתרונות וחסרונות שלהם.

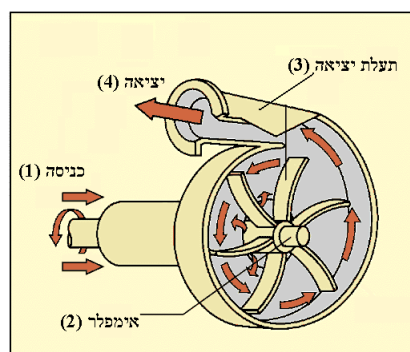
### ב. מהלך הניסוי

1. יערך דיון עם המדריך להכרת סוגי משאבות וברזים ועל אופן פעולת מערכת הניסוי.
2. הסטודנט ישרטט תרשים של מרכיבי המערכת. יש לתאר בכתב את תפקידם ואופן פעולתם של כל רכיבי במערכת.
3. יערך ניסוי למדידת נצילות המערכת כתלות בספיקת המשאבה עבור שתי מהירויות סיבוב שונות, את תוצאות הניסוי יש לערוך בטבלה ולהציגם על גבי גרף.

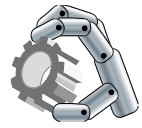
### ג. רקע תיאורטי

מערכת הניסוי כוללת מנוע חשמלי אליו מחוברת משאבה צנטריפוגלית, וסט למהירות סיבוב המנוע (מהירות האימפלר) וברז לויסות ספיקת המים. בנוסף מותקנים אמצעי מדידה שונים, למדידת הפרש לחצים, ספיקת מים, מהירות סיבוב המנוע וההספק החשמלי המושקע.

תפקיד המשאבה הוא להזרים זורם מאזור בלחץ מסויים אל איזור בלחץ גבוה יותר. לדוגמה, תפקידה של משאבת סחרור היא לסחרר את הזורם תוך התגברות על הפסדי לחץ בצנרת, ואילו תפקידה של משאבת לחץ הוא להזרים את הזורם לאיזור בלחץ גבוה יותר. קיימים סוגים רבים של משאבות, כאשר הנפוצה בהן היא המשאבה הצנטריפוגלית. במשאבה מסוג זה הזורם נכנס למשאבה מכיוון ציר הסיבוב, ומשם באמצעות גוף סובב הנקרא "אימפלר" הוא נדחף אל פתח היציאה הממוקם על היקף המשאבה. ראה איור 1.



איור 1: משאבה צנטריפוגלית



האימפלר מקנה לזורם תנועה סיבובית הודות לצורת ה"כנפיים" שלו. כתוצאה מגידול שטח חתך הזרימה (מהמרכז להיקף) מהירות הזורם (אנרגיה קינטית) קטנה וכן הלחץ (אנרגיה פוטנציאלית) גדל.

מושג המלמד על ביצועי משאבה הוא הנצילות  $\eta$ . הנצילות (פרמטר חסר יחידות) מוגדרת כיחס בין  $N_{out}$  - ההספק המתקבל מהמשאבה ל-  $N_{in}$  שהוא הספק המושקע בה באמצעות המנוע החשמלי המסובב את האימפלר. ההספק נמדד ב- [Watt] והנצילות מחושבת ע"י הקשר

$$\eta = \frac{N_{out}}{N_{in}}$$

בניסוי זה ההספק החשמלי המושקע מחושב/נמדד ע"י מערכת הניסוי ואת ההספק המתקבל מהמשאבה נחשב לפי הנוסחה:

$$N_{out} = \Delta P \cdot Q$$

כאשר  $\Delta P$  הוא הפרש הלחצים בין היציאה לכניסת המשאבה, ונמדד ביחידות של  $[N/m^2]$ , ו  $Q$  הינו הספיקה הניפחית של הזורם, ונמדד ביחידות של  $[m^3/sec]$ .

#### ד. מהלך הניסוי

1. באמצעות וסת המהירות קבע את מהירות המנוע בתווך שבין  $2000-2600 [RPM]$  (סיבובים לדקה =  $RPM = Rounds Per Minute$ ).
2. פתח את הברז האדום עד הסוף (וסובב חזרה  $1/8$  סיבוב) כך שספיקת המשאבה תתייצב על ערך מירבי קבוע.
3. מדוד את הלחץ  $\Delta P [psi]$  ואת ההספק החשמלי  $N_{in} [Watt]$ .
4. ע"י סגירת הברז קבע שלושה ערכי ספיקה נוספים, וחזור על שלב 3 בהתאם (באמצעות וסת המהירות יש לוודא כי מהירות המנוע נשארת על הערך שנקבע בשלב 1).
5. חזור על שלבים 1-4 עבור מהירות מנוע נוספת.
6. חשב את נצילות המשאבה עבור כל המדידות שביצעת.



נשים לב כי יחידות המדידה אינם היחידות בעזרתם נחשב את הנצילות, לכן נשתמש בהמרת היחידות באופן הבא:

טבלה להמרת יחידות:

$$1 [m^3] = 1000 [Litter]$$

$$1 [min] = 60 [s]$$

$$1 [psi] = 6894.8 [N/m^2]$$

$$1 [Watt] = 1 [Nm/s]$$

ה. הוראות ביצוע הדו"ח

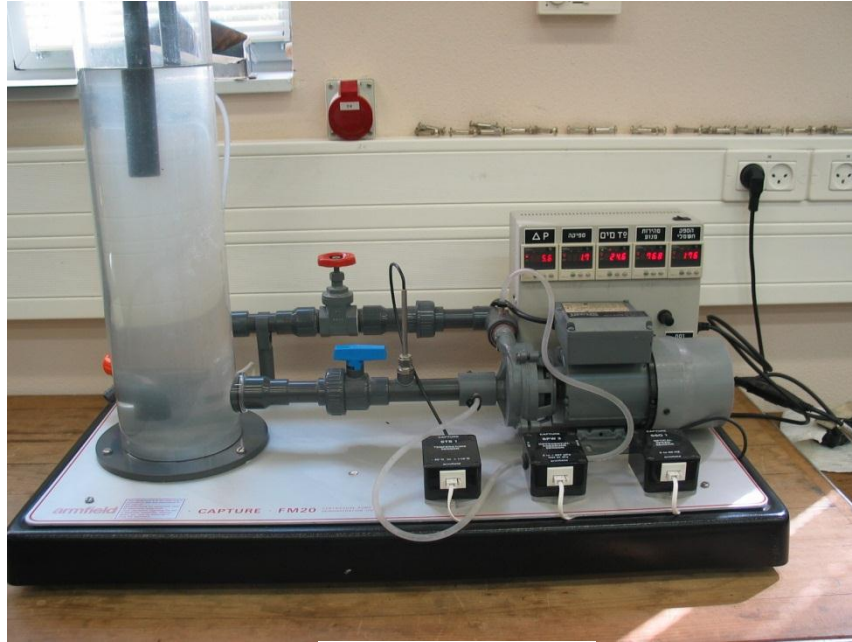
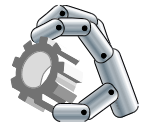
1. פרט את מטרת הניסוי.
2. שרטט תרשים של מרכיבי המערכת.
3. תאר את תפקידם ואופן פעולתם של מרכיבי המערכת.
4. הסבר מהי משאבה צנטריפוגלית, ותאר את אופן פעולתה.
5. פרט אילו סוגי משאבות אחרים הנך מכיר? (יש לפרט לפחות שלושה נוספים).
6. אילו סוגי ברזים קיימים? תאר את עיקרון פעולתם.
7. ערוך את תוצאות הניסוי בטבלה, והכן גרף המתאר את נצילות המשאבה כתלות בספיקה עבור שתי מהירויות מנוע שונות.
8. מהם הפרמטרים המשפיעים על נצילות המשאבה במערכת הניסוי?
9. מסקנות.
10. סיכום.

1. ספרות

1. Jacks, R.J., Pump Manual. American Institute of Chemical Engineer., N.Y.1960 Chap 8
2. Parker, P., Pump Users Handbook, Trade & Technical Press, Ltd, Crown House Morden, Surrey, England. Chap.4; 11
3. Karassik, I.J., and Carter, R., Centrifugal Pumps, Mc-Graw Hill, USA, 1960 ,Chap 17
4. <http://www.pumpworld.com/centrif.htm>

מעבדה בנושא  
קבלת מיידע טכני  
ומשאבה צנטריפוגלית

המחלקה להנדסת מכונות  
מבוא להנדסת מכונות 362-1-1163



איור 2: מערכת הניסוי