

בקרה במכונות

הוראות לנבחן

- א. משך הבחינה: שלוש שעות.
- ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שלושה פרקים ובהם תשע שאלות. עליך לענות על חמש שאלות על-פי בחירתך מכל השאלון. לכל שאלה – 20 נקודות, סה"כ – 100 נקודות.
- ג. חומר עזר מותר לשימוש: כלי סרטוט, מחשבון.
- ד. הוראות מיוחדות:
 1. ענה על מספר השאלות הנדרש בשאלון. המעריך יקרא ויעריך את מספר התשובות הנדרש בלבד, לפי סדר כתיבתן במחברתך, ולא יתייחס לתשובות נוספות.
 2. עיין בשאלון, הכר את חלקיו, ורק אז ענה על השאלות בסדר הנראה לך.
 3. בכל שאלה ניתנו הנתונים לפתרונה. אם לדעתך חסר נתון, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך, ופתור בעזרתו את השאלה. כתוב במחברתך את הנתון שהוספת.
 4. בתשובה על שאלת חישוב, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.
 5. לנוחיותך, בנוסחאון מובאות חלק מן הנוסחאות הדרושות לפתרון השאלות.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיוטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).
כתוב "טיוטה" בראש כל עמוד טיוטה. כתיבת טיוטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה!

בשאלון זה 10 עמודים ו-8 עמודי נספחים.

ההנחיות בשאלון זה מנוסחות בלשון זכר, אך מכוונות הן לנבחנות והן לנבחנים.

בהצלחה!

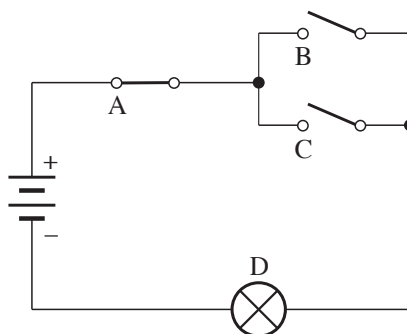
השאלות

בשאלון זה שלושה פרקים ובהם תשע שאלות.
עליך לענות על חמש שאלות לפי בחירתך, מכל השאלון (לכל שאלה – 20 נקודות).

פרק ראשון: לוגיקה

שאלה 1

באיור לשאלה זו מתואר מעגל חשמלי הכולל מקור מתח, נורה D ושלושה מפסקים:
מפסק A בעל מגע מסוג רגיל סגור (N.C.).
מפסקים B ו-C בעלי מגע מסוג רגיל פתוח (N.O.).



איור לשאלה 1

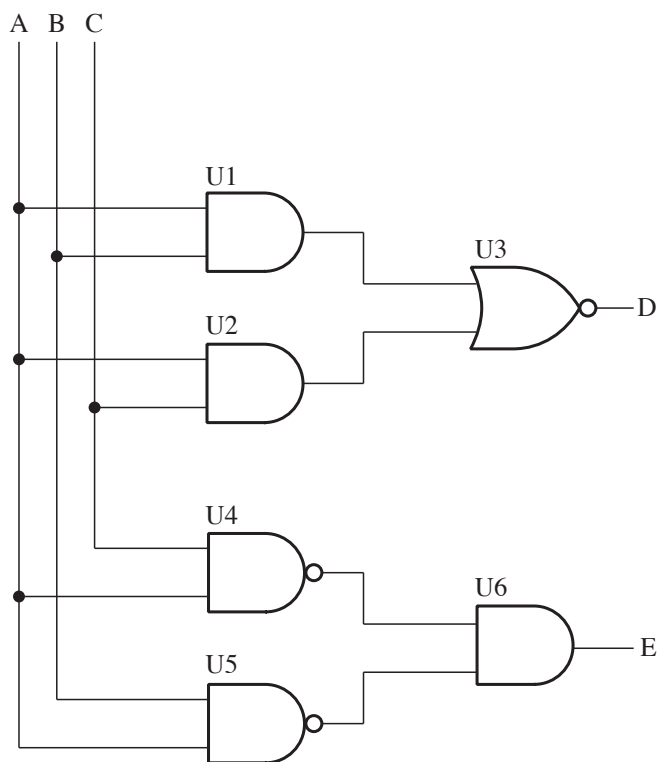
- קבע לגבי כל אחד מההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.
- 5 נק' א. מספר המצבים השונים שייתכנו לשלושת המפסקים של המעגל הוא 6.
- 5 נק' ב. ניתן להפעיל את הנורה D כאשר המפסק C אינו מופעל.
- 5 נק' ג. ניתן להפעיל את הנורה D כאשר המפסקים B ו-C אינם מופעלים.
- 5 נק' ד. הפונקצייה הלוגית להפעלת הנורה D היא $D = \overline{A}(B + C)$.

שאלה 2

באיור לשאלה זו מתואר מעגל ובו שישה שערים לוגיים, $U_1 - U_6$.

מוצא המעגל מתאר את שתי הפונקציות הלוגיות D ו- E :

$$D = f(A, B, C) \quad E = f(A, B, C)$$



איור לשאלה 2

- 5 נק' א. כתוב את הביטוי הלוגי המתקבל במוצאו של כל אחד מששת השערים $U_1 - U_6$.
- 5 נק' ב. כתוב טבלת אמת לפונקציית D .
- 5 נק' ג. כתוב טבלת אמת לפונקציית E .
- 5 נק' ד. קבע אם הפונקציות הלוגיות D ו- E שקולות זו לזו מבחינה לוגית (כלומר, קבע אם ערכן זהה בכל המצבים האפשריים).

שאלה 3

נתונה פונקצייה לוגית a :

$$a = f(x, y, z, u)$$

להלן מפת קרנו של הפונקצייה a :

x, y z, u	00	01	11	10
00		1	1	
01	ϕ	1	1	1
11	1			1
10		ϕ	1	

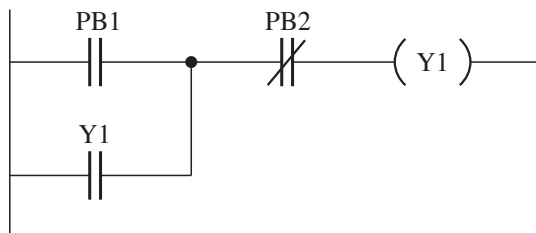
(10 נק') א. העתק את המפה למחברתך, וסמן בה את הקבוצות המאפשרות צמצום מרבי של הפונקצייה.

(10 נק') ב. כתוב את הביטוי המצומצם ביותר עבור הפונקצייה, בהתאם לתשובתך בסעיף א'.

פרק שני: מערכות מבוקרות ורובוטיקה

שאלה 4

באיור לשאלה זו מתואר מעגל מיתוג הכולל מפסקי לחצנים PB1 ו-PB2 וממסר Y1.



איור לשאלה 4

הנח שהמפסקים במערכת אינם לחוצים ושהממסר אינו מקבל מתח.

קבע לגבי כל אחד מן ההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.

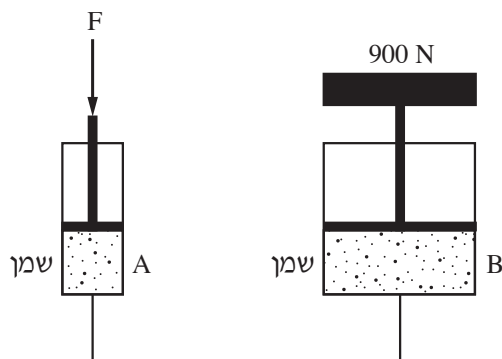
- א. (5 נק') אם לוחצים על PB1, אז סליל הממסר Y1 יקבל מתח.
- ב. (5 נק') לאחר לחיצה על PB1 ושחרורו, סליל הממסר Y1 ימשיך לקבל מתח.
- ג. (5 נק') סליל הממסר Y1 מופעל. לחיצה על PB2 תנתק את המתח מן הסליל Y1.
- ד. (5 נק') החיבור של PB1 למגע Y1 מיישם את הפעולה הלוגית AND.

שאלה 5

באיור לשאלה זו מתוארת מערכת הידרולית הכוללת שתי בוכנות, A ו-B, המחוברות זו לזו באמצעות צינור.

נתונים:

- שטח החתך של בוכנה A הוא 300 mm^2 , ועליה פועל הכוח F .
- שטח החתך של בוכנה B הוא 900 mm^2 , ועליה מונח גוף שמשקלו 900 N .
- המערכת נמצאת בשיווי משקל.



איור לשאלה 5

קבע לגבי כל אחד מההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.

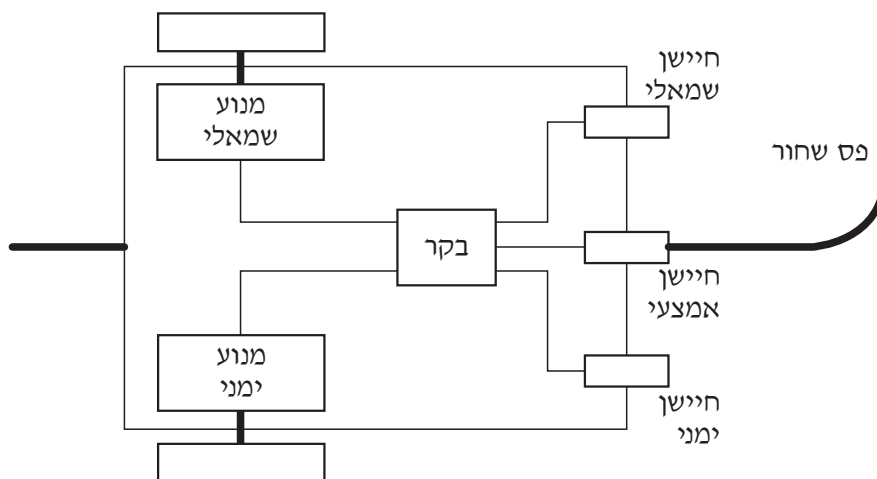
- (5 נק') א. הלחץ בצילינדר B הוא 10 bar .
- (5 נק') ב. כאשר בוכנה A נעה כלפי מטה למרחק 30 mm , בוכנה B נעה כלפי מעלה למרחק 90 mm .
- (5 נק') ג. כאשר המערכת נמצאת בשיווי משקל, $F = 300 \text{ N}$.
- (5 נק') ד. כאשר מפעילים על בוכנה A כוח $F = 250 \text{ N}$ כלפי מטה, הבוכנה A נעה כלפי מעלה.

שאלה 6

באיור לשאלה זו מתואר רובוט המונע באמצעות שני מנועים: מנוע שמאלי ומנוע ימני. כל מנוע מסתובב כאשר הוא מקבל אות לוגי "1", ועוצר כאשר הוא מקבל אות לוגי "0".

ברובוט מותקנים שלושה חיישני צבע. כל חיישן יפיק אות לוגי "1" כאשר הוא יזהה צבע שחור; אחרת הוא יפיק אות לוגי "0".

הרובוט צריך לעקוב אחרי הפס השחור המתואר באיור.



איור לשאלה 6

קבע לגבי כל אחד מן ההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.

5 נק' א. לבקר הרובוט יש לפחות שלושה חיבורי פלט.

5 נק' ב. כאשר רק החיישן האמצעי מזהה פס שחור, בקר הרובוט מפיק לשני המנועים את הערך "1".

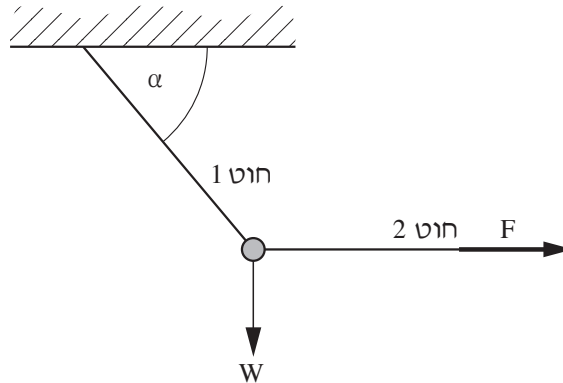
5 נק' ג. כאשר רק החיישן השמאלי מזהה פס שחור, בקר הרובוט מפיק למנוע השמאלי את הערך "0" ולמנוע הימני את הערך "1".

5 נק' ד. שלושת החיישנים מאפשרים שישה מצבי קלט שונים לבקר הרובוט.

פרק שלישי: פרקי הנדסה ומדע

שאלה 7

באיור לשאלה זו מתוארת משקולת שמשקלה $W = 60 \text{ N}$, התלויה על חוט 1 ומחוברת לחוט 2. מושכים את חוט 2 בכיוון אופקי בכוח $F = 40 \text{ N}$ כמתואר באיור.

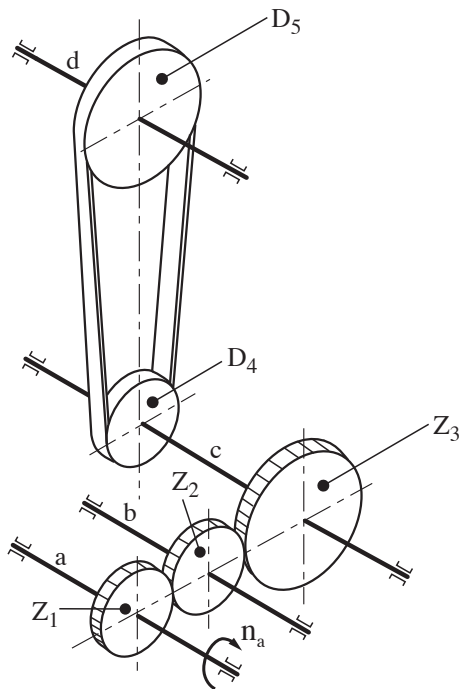


איור לשאלה 7

- (6 נק') א. חשב את הזווית α .
- (7 נק') ב. חשב את המתיחות בחוט 1.
- (7 נק') ג. משנים את ערכו של הכוח F אך לא את כיוונו, כך שהזווית המתקבלת היא $\alpha = 60^\circ$. חשב את ערכו החדש של הכוח F .

שאלה 8

באיור לשאלה זו מתוארת ממסרה מכנית המעבירה הספק. הממסרה כוללת שלושה גלגלי שיניים: Z_1 , Z_2 ו- Z_3 , ושני גלגלי רצועה: D_4 ו- D_5 .



איור לשאלה 8

נתונים:

- נצילות הממסרה: 100%
- מספר השיניים בגלגלי השיניים: $Z_1 = Z_2 = 25$, $Z_3 = 60$
- קוטרי גלגלי הרצועה: $D_4 = 120 \text{ mm}$, $D_5 = 300 \text{ mm}$

קבע לגבי כל אחד מההיגדים שלהלן אם הוא **נכון** או **לא נכון**. נמק בקצרה את קביעתך.

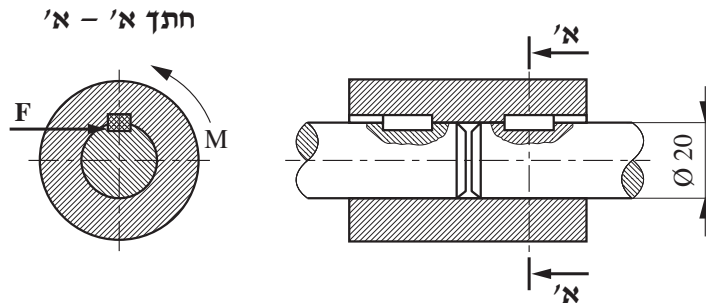
- א. (5 נק') מהירות הסיבוב של גל הכניסה a שווה למהירות הסיבוב של גל היציאה d.
- ב. (5 נק') מהירות הסיבוב של גל הכניסה a שווה למהירות הסיבוב של גל הביניים b.
- ג. (5 נק') ההספק בגל הכניסה a שווה להספק בגל היציאה d.
- ד. (5 נק') כיוון הסיבוב של גל היציאה d הפוך מכיוון הסיבוב של גל הכניסה a.

שאלה 9

באיור לשאלה זו מתואר חיבור בין שני גלים באמצעות מצמד תותב. המצמד מעביר את התנועה בין הגלים באמצעות שגמים.

גודל המומנט המועבר מגל אחד לגל השני הוא $M = 40,000 \text{ Nmm}$.

הקוטר של שני הגלים נתון באיור.



איור לשאלה 9

- א. (6 נק') היעזר בנספח א', בחר את ממדי השגם b ו-h וכתוב אותם במחברתך.
- ב. (7 נק') חשב את הכוח F הפועל על השגם כתוצאה מן המומנט המועבר.
- ג. (7 נק') חשב את אורך השגם המזערי הדרוש, בהתחשב במאמצי גזירה בלבד. המאמץ המותר לגזירה בחומר השגם: $[\tau] = 60 \text{ MPa}$

בהצלחה!

נספח א' – לשאלה 9

לשאלון 819381, קיץ נבצרים תשפ"א

טבלת שגמים פריזמטיים																											DIN 6885							
מידות יסוד במ"מ																																		
מ"מ	קוטר הגל d_1	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440							
	עד	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440	500							
חתיך השגם	$\frac{b}{h}$	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100							
		2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	14	16	18	20	22	25	28	32	32	36	40	45	50							
החריץ בגל	b אפיצות הדוקה P9 אפיצות קלה N9	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100							
	t_1 עם מרווח או מדחק. סטייה מותרת	1.2	1.8	2.5	3	3.5	4	5	5	5.5	6	7	7.5	9	9	10	11	12	13	15	17	20	20	22	25	28	31							
החריץ בטבור	b אפיצות הדוקה P9 אפיצות קלה J9	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100							
	t_2 עם מרווח סטייה מותרת	1	1.4	1.8	2.3	2.8	3.3	3.3	3.3	3.8	4.3	4.4	4.9	5.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.5	11.4	12.4	12.4	14.4	15.4	17.4	19.5							
	עם מדחק	0.5	0.9	1.2	1.7	2.2	2.4	2.4	2.4	2.9	3.4	3.4	3.9	4.4	4.4	5.4	6.4	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	11.1	13.1	14.1	16.1	18.1							
	סטייה מותרת	0.1						0.2										0.3																
a								3	3	3	3.5	4	4.5	5	5.5	5.5	6.5	7	8	9	10	11	13	13	14	16	18	20						
$d_2^* = d_1 +$ מינימלי		2.5	3.5	4	5	6	8	8	8	9	11	11	12	14	14	16	18	21	23	26	28	32	32	36	40	45	50							
קדחים עבור בורגי קביעה בורגי חילוץ ותותבי מרווח	r_1 min	0.16			0.25			0.40					0.6					1				1.6				2.5								
	r_1 max	0.25			0.40			0.60					0.8					1.2				2				3								
	r_2 max	0.16			0.25			0.40					0.6					1				1.6				2.5								
	r_2 min	0.08			0.16			0.25					0.4					0.7				1.2				2								
	d_3							3.4	4.5	5.5	6.6			9	11			14				18				22								
	d_4							6	8	10	11			15	18			20				26				33								
	d_5 הקדח							M3	M4	M5	M6			M8	M10			M12				M16				M20								
	d_6 h12 בשגם							4	5	6	8			10	12			16				20				25								
	t_3							2.4	3.2	4.1	4.8			6	7.3			8.3				11.5				13.5								
	t_4							4	5	6	7	8			10	12	10	14	16				20				25							
	d_7							M3	M4	M5	M6			M8	M10			M12				M16				M20								
	d_8 הקדח							4.5	5.5	6.5	9			11	13			17				21				26								
	t_5 בגל							4	5	6	7	6	8	9	9	11	15	13	15	12	13			17	18	20								
	t_6							7	8	10	10	12	11	13	15	15	17	22	20	22	19	20			24	25	28							
t_7							5	7	8	11	10			12	18	16	20	18				24				30								
בורגי קביעה (בורג גלילי לפי: DIN84 ,DIN7984 ,DIN6912)								M3 x8	M3 x10	M4 x10	M5x10			M6x12	M8 x16	M8 x16	M10 x16	M10 x20	M12x25		M12x30		M12x35		M16 x40	M16 x45	M20 x50	M20 x55						
תותב מרווח לפי DIN1481								4x8		5x10	6x12		8x16			10x20		12x24		16x30			16x32			20x40		25x50						
מ"מ	L	6	6	8	10	14	18	22	28	36	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140	160	180	200	220	250	280							
	עד	20	36	45	56	70	90	110	110	160	180	200	220	250	280	320	360	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400							

חומר: לשגמים בגובה h עד 25 מ"מ: פל' 50 – St
 לשגמים בגובה h מעל 25 מ"מ: פל' 2K – 60 – St
 * הערך d_2 מתאים לקוטר מינימלי של חלק שאותו אפשר להעביר קונצנטרית מעל השגם.

נוסחאון לבקרה במכונות (7 עמודים)

לשאלונים 819381, 819282, קיץ נבצרים תשפ"א

לנוחותך, תמצא בנספח זה חלק מהנוסחאות הדרושות לפתרון השאלות.

נוסחאות בבקרה

1. $\Theta(t)$, התגובה בזמן t לאילוץ מדרגה D של תהליך בעל פיגור מסדר ראשון:

$$\Theta_o(t) = K \cdot D \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$$

τ – קבוע הזמן

K – הגבר סטטי

D – גודל המדרגה

2. הזמן, t , הדרוש למערכת כדי להגיע לתגובה, $Y(t)$, בתהליך בעל קבוע זמן τ :

$$t = \tau \cdot \ln \left(\frac{Y(\infty) - Y(0)}{Y(\infty) - Y(t)} \right)$$

3. ההגבר הסטטי:

$$K = \frac{\Delta \Theta_o}{\Delta \Theta_i} = \left(\frac{\text{שינוי בתגובה}}{\text{שינוי באילוץ}} \right)$$

4. התמסורת של המלבן הבודד:

Θ_o – אות המוצא (התגובה)

Θ_i – אות המבוא (האילוץ)

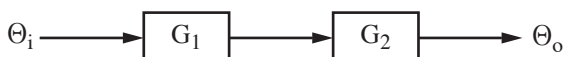
G – פונקציית התמסורת

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G$$

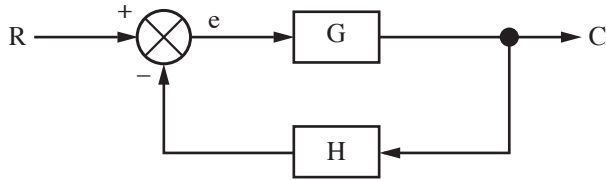


5. התמסורת של שני מלבנים בטור:

$$\frac{\Theta_o}{\Theta_i} = G_1 G_2$$



$$T = \frac{C}{R} = \frac{G}{1 + GH}$$



6. התמסורת, T, בחוג סגור (עם משוב H):

R – הערך הרצוי

C – הערך המצוי

$$\frac{e}{R} = \frac{1}{1 + GH}$$

7. השגיאה, e, בחוג סגור (עם מערכת משוב):

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

נוסחאות בהידרוליקה

8. שטח של חתך עגול:

D [m] – קוטר העיגול

$$Q = v \cdot A$$

9. ספיקת הזורם דרך השטח A:

מהירות הזורם – $v \left[\frac{m}{sec} \right]$

A [m²] – השטח

Q $\left[\frac{m^3}{sec} \right]$ – ספיקה

$$P = \frac{F}{A}$$

10. הגדרת הלחץ:

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$F = P \cdot A$$

11. הכוח F, הפועל על השטח A, בשל לחץ:

P $\left[\frac{N}{m^2} \right]$ – הלחץ על השטח

$$F = \mu \cdot \frac{\Delta u}{\Delta h} \cdot A$$

12. הכוח F, הפועל על השטח A, בשל הצמיגות:

$$\mu \left[\frac{\text{N} \cdot \text{sec}}{\text{m}^2} \right] - \text{הצמיגות הדינמית של הזורם}$$

$$\Delta h [\text{m}] - \text{עובי שכבת הזורם}$$

$$\Delta u \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right] - \text{ההפרש שבין מהירות הזורם מעל השכבה ובין מהירות הזורם מתחת לשכבה}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

13. הגדרת הצמיגות הקינמטית:

$$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] - \text{צפיפות הזורם (המסה הסגולית שלו)}$$

$$\mu = \frac{F}{A} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta u}$$

14. הגדרת הצמיגות הדינמית:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

15. מספר ריינולדס:

$$\nu \left[\frac{\text{m}^2}{\text{sec}} \right] - \text{הצמיגות הקינמטית של הזורם}$$

$$Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = \text{const.}$$

16. לפי חוק ברנולי, כשהצמיגות זניחה מתקיים:

$$Z [\text{m}] - \text{גובה}$$

$$\gamma \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right] - \text{משקל סגולי}$$

$$g \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \right] - \text{תאוצת הכובד, ערכה הוא כ-} 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$P \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] - \text{לחץ}$$

$$N = Q \cdot P$$

17. הספק הידרולי:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta}$$

18. הספק של משאבה:

$$N \text{ [Watt]} - \text{ההספק המכני המסופק למשאבה}$$

$$Q \left[\frac{\text{m}^3}{\text{sec}} \right] - \text{הספיקה דרך המשאבה}$$

$$\Delta P \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] - \text{הפרש הלחץ על פני המשאבה}$$

$$\eta - \text{נצילות המשאבה}$$

$$Q = n \cdot C$$

19. ספיקת משאבה:

$$n \left[\frac{\text{rev}}{\text{sec}} \right] - \text{קצב הסיבוב בשנייה}$$

$$C \left[\frac{\text{m}^3}{\text{rev}} \right] - \text{הדחק המשאבה}$$

$$P_{\text{mech}} = F \cdot v$$

20. הספק מכני:

$$P_{\text{mech}} \text{ [Watt]} - \text{ההספק המכני}$$

$$F \text{ [N]} - \text{הכוח הפועל על גוף נע}$$

$$v \left[\frac{\text{m}}{\text{sec}} \right] - \text{מהירות הגוף הנע}$$

נוסחאות בחשמל

21. חוק אוהם:

$$V = R \cdot I$$

מתח – $V [\text{Volt}]$

התנגדות – $R [\Omega]$

זרם – $I [\text{A}]$

22. הספק:

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

הספק – $P [\text{Watt}]$

נוסחאות במכניקה הנדסית

23. מאמץ:

$$1 [\text{Pa}] = 1 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$1 [\text{MPa}] = 10^6 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] = 1 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \leq [\sigma_t]$$

מאמץ – $\sigma_t [\text{MPa}]$

כוח – $F [\text{N}]$

שטח – $A [\text{m}^2]$

מאמץ מותר – $[\sigma_t] [\text{MPa}]$

24. מקדם בטיחות:

$$[\sigma_t] = \frac{\sigma_y}{S}$$

מקדם בטיחות – S

מאמץ גבול הכניעה – $\sigma_y [\text{MPa}]$

25. כוח ההתנגדות של קפיץ:

$$F_s = K_s \cdot \Delta X$$

- $K_s \left[\frac{N}{m} \right]$ קבוע הקפיץ
- $\Delta X [m]$ תזוזה
- $F_s [N]$ כוח ההתנגדות של הקפיץ

26. שינוי אורך:

$$\Delta L = \frac{F \cdot L}{E \cdot A}$$

- $L [m]$ אורך התחלתי
- $F [N]$ כוח
- $E [Pa]$ מודול אלסטיות
- $A [m^2]$ שטח חתך
- $\Delta L [m]$ שינוי האורך כתוצאה מפעולת הכוח

27. מומנט פיתול:

$$\tau_t = \frac{M_t}{Z_o} \leq [\tau_t]$$

$$[\tau_t] = 0.7 [\sigma_t]$$

- $\tau_t [MPa]$ מאמץ הפיתול
- $M_t [N \cdot m]$ מומנט הפיתול
- $Z_o [m^3]$ מומנט ההתנגדות לפיתול של החתך
- $[\tau_t] [MPa]$ מאמץ הפיתול המותר

28. הספק המועבר על-ידי גל:

$$P = \frac{M \cdot n}{9550}$$

- $P [kW]$ ההספק המועבר
- $M [N \cdot m]$ המומנט
- $n [RPM]$ מהירות סיבוב הגל

$$\sigma_b = \frac{M_b}{Z_x} \leq [\sigma]$$

$$[\sigma_b] = 1.2 [\sigma_t]$$

29. מאמץ כפיפה מקסימלי:

$$\sigma_b \left[\frac{N}{m^2} \right] - \text{מאמץ הכפיפה המקסימלי בחתך}$$

$$M_b [N \cdot m] - \text{מומנט הכפיפה בחתך}$$

$$Z_x [m^3] - \text{מודול החתך}$$

30. שגמים

$$[\sigma_{lc}] [MPa] - \text{מאמץ המעיכה המותר}$$

$$F [N] - \text{הכוח היוצר את מומנט הפיתול}$$

$$h [mm] - \text{גובה השגם}$$

$$L [mm] - \text{אורך יעיל של השגם}$$

$$b [mm] - \text{רוחב השגם}$$

$$\sigma_{lc} [MPa] - \text{מאמץ המעיכה}$$

$$[\tau_s] MPa - \text{מאמץ גזירה מותר}$$

מאמץ מעיכה:

$$\sigma_{lc} = \frac{F}{0.5 h \times L} \leq [\sigma_{lc}]$$

$$[\sigma_{lc}] = 2 [\sigma_t]$$

מאמץ גזירה:

$$\tau_s = \frac{F}{b \times L} \leq [\tau_s]$$

$$[\tau_s] = 0.6 [\sigma_t]$$

31. פינים

$$d [mm] - \text{קוטר הפין}$$

$$n - \text{מספר שטחי גזירה}$$

$$\tau_s = \frac{F}{A_s} = \frac{F}{n \cdot \frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau_s] - \text{מאמץ גזירה}$$