

מדעי ההנדסה ג'

שתי יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שלוש שעות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה: בשאלון זה שני פרקים:

פרק ראשון	60 נקודות
-----------	-----------

פרק שני	40 נקודות
---------	-----------

סה"כ	100 נקודות
------	------------

עליך לענות על שלוש שאלות מן הפרק הראשון, על-פי ההנחיות שבגוף השאלון, ועל שתי שאלות מן הפרק השני. בסך-הכול – 100 נקודות.

ג. חומר עזר מותר לשימוש: כל חומר עזר.

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. בטרם תתחיל לענות על השאלות, קרא אותן בעיון ונָדָא שההנחיות בדף זה מובנות לך היטב.

3. אם לדעתך חסר נתון בשאלה או בסרטוט, הוסף אותו על-פי שיקול דעתך. ציין בתשובתך את הנתון שהוספת.

4. ענה על השאלות על-פי הסדר הנראה לך.

5. בתשובה על שאלה חישובית, עליך להציג את שלבי הפתרון באופן מפורט ולהסבירם בקצרה. קבלת מרב הנקודות מותנית במילוי דרישה זו.

בשאלון זה 14 עמודים ועמוד אחד של נספח.

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

בהצלחה!

המשך מעבר לדף

השאלות

פרק ראשון (60 נקודות)

ענה על אחת מבין השאלות 1-3, ועל שתיים מבין השאלות 4-6.

שאלות 1-3 עוסקות בקשרים לינאריים בין תופעות פיזיקליות.

שאלה 1 עוסקת בנושא חום וטמפרטורה.

שאלה 2 עוסקת בנושא פוטנציאל חשמלי.

שאלה 3 עוסקת בנושא כלים שלובים.

שאלה 1 – חום וטמפרטורה (30 נקודות)

באיור לשאלה 1 מתואר כלי מבודד.



איור לשאלה 1

אל תוך הכלי מוזגים שתי כמויות שונות של מים בטמפרטורות שונות.

כעבור זמן מה, טמפרטורת המים בכלי מתייצבת על ערך אחיד; נסמן אותה באות t .

חום הוא סוג של אנרגייה שעוברת מגוף אחד למשנהו; נסמן כמות של חום באות Q .

ניתן לחשב את כמות החום שצריך לספק לחומר (או לגרוע מחומר) מסוים בעל מסה m כדי

לשנות את הטמפרטורה שלו ב- Δt לפי הקשר: $Q = m \cdot c \Delta t$.

נתון כי:

c - קבוע המאפיין את החומר.

בהנחה שאין איבוד חום לסביבה, ניתן לומר כי כמות החום שנגרעה מן המים החמים שווה לכמות החום שנתווספה למים הפושרים, וניתן לבטאה כך:

$$m_1 \cdot c \cdot |\Delta t_1| = m_2 \cdot c \cdot |\Delta t_2| \quad \text{או} \quad |Q_1| = |Q_2|$$

בטבלה שלפניך מוצגים סימני המשתנים, משמעותם ויחידות המידה שלהם:

יחידת המידה	משמעות המשתנה	סימן המשתנה
cal	כמות החום	Q
°C	הטמפרטורה של מסת המים החמים לפני המזיגה	t ₁
°C	הטמפרטורה של מסת המים הפושרים לפני המזיגה	t ₂
°C	טמפרטורת המים המיוצבת	t
gr	מסת המים החמים	m ₁
gr	מסת המים הפושרים	m ₂
$\frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$	קיבול החום הסגולי של מים	c

א. הראה כי: $t = \frac{t_1 \cdot m_1 + t_2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$

ב. סרטט במחברתך גרף איכותי של הטמפרטורה t כפונקצייה של הטמפרטורה t₁, כאשר כל שאר המשתנים קבועים.

ג. רשום ביטוי לשיפוע הגרף וביטוי לנקודת החיתוך של הגרף עם הציר המייצג את t.

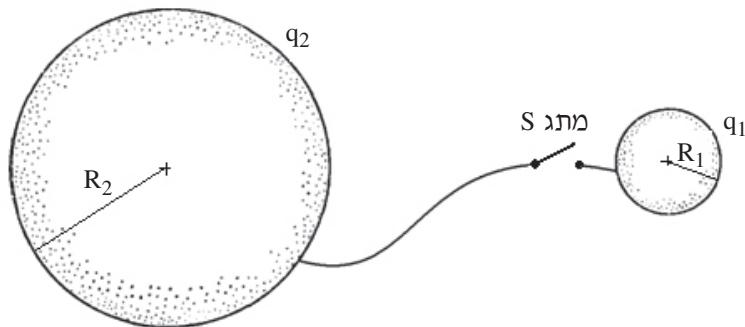
ד. חשב את הטמפרטורה t, אם נתון: $\frac{m_2}{m_1} = \frac{5}{2}$; t₁ = 100°C; t₂ = 30°C.

ה. חשב את כמות החום שעברה מן המים החמים למים הפושרים, אם c = 1 $\frac{\text{cal}}{\text{gr} \cdot ^\circ\text{C}}$; m₁ = 200 gr.

שאלה 2 - פוטנציאל חשמלי (30 נקודות)

באיור לשאלה 2 נתונה מערכת של שני כדורים מוליכים הטעונים במטען חשמלי. המטען על כל כדור נמדד ביחידות קולון. את הכדורים ניתן לחבר על-ידי חוט מוליך ארוך בעזרת סגירת המתג S.

על שטח הפנים של כדור מוליך, שרדיוסו R ושטעון במטען q, קיים פוטנציאל חשמלי שמבוטא על-ידי הנוסחה הזאת: $V = \frac{k \cdot q}{R}$, כאשר k הוא קבוע.



איור לשאלה 2

לאחר סגירת המתג S, הפוטנציאל על שפת שני הכדורים מתייצב על ערך משותף; נסמן אותו באות V. סכום המטען הכולל על שני הכדורים **לא משתנה**. גודל המטען שנגרע מכדור אחד שווה לגודל המטען שהתווסף לכדור השני, וניתן להגדרה על-ידי הביטויים:

$$\frac{1}{k} \cdot R_1 \cdot |\Delta V_1| = \frac{1}{k} \cdot R_2 \cdot |\Delta V_2| \quad \text{או} \quad |\Delta q_1| = |\Delta q_2|$$

בטבלה שלפניך מוצגים סימני המשתנים, משמעותם ויחידות המידה שלהם:

סימן המשתנה	משמעות המשתנה	יחידת המידה
q	מטען חשמלי	C (קולון)
V_1	הפוטנציאל על שפת הכדור הראשון כאשר המתג פתוח	V (Volt)
V_2	הפוטנציאל על שפת הכדור השני כאשר המתג פתוח	V (Volt)
V	הפוטנציאל על שפת כל כדור כאשר המתג סגור	V (Volt)
R_1	הרדיוס של הכדור הראשון	m
R_2	הרדיוס של הכדור השני	m
k	המקדם בחוק קולון	$V \cdot \frac{m}{C}$

א. הראה כי: $V = \frac{V_1 \cdot R_1 + V_2 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

ב. סרטט במחברתך גרף איכותי של הפוטנציאל V כפונקצייה של הפוטנציאל V_1 , כאשר כל שאר המשתנים קבועים.

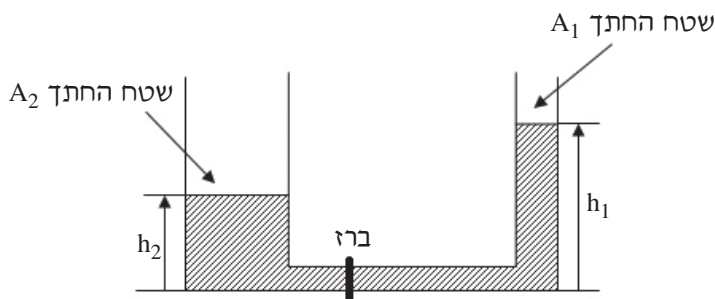
ג. רשום ביטוי לשיפוע הגרף וביטוי לנקודת החיתוך של הגרף עם הציר המייצג את V.

ד. חשב את הפוטנציאל V, אם נתון: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{5}{2}$; $V_2 = 0.3 \text{ V}$; $V_1 = 1 \text{ V}$.

ה. חשב את שינוי המטען על כל כדור אם נתון: $R_1 = 18 \text{ cm}$; $k = 9 \cdot 10^9 \text{ V} \cdot \frac{m}{C}$.

שאלה 3 - כלים שלובים (30 נקודות)

באיור לשאלה 3 נתונה מערכת של כלים שלובים. הכלים מכילים מים, והברז בין הכלים סגור. הלחץ ההידרוסטטי בתחתית עמוד הנוזל שגובהו h מבוטא על-ידי הנוסחה הזאת: $p = \rho \cdot g \cdot h$



איור לשאלה 3

לאחר פתיחת הברז, גובה המים בכלים השלובים מתייצב על ערך משותף. נסמן אותו באות H .

חומר שנפחו V , צפיפותו ρ ומסתו m מקיים את המשוואה: $m = \rho \cdot V$

עם פתיחת הברז, מסת המים הכוללת בתוך הכלים **לא משתנה**. על כן גודל שינוי המסה בכלי הימני שווה לגודל שינוי המסה בכלי השמאלי, וניתן להגדרה על-ידי הביטויים האלה:

$$\rho \cdot A_1 \cdot |\Delta h_1| = \rho \cdot A_2 \cdot |\Delta h_2| \quad \text{או} \quad |\Delta m_1| = |\Delta m_2|$$

בטבלה שלפניך מוצגים סימני המשתנים, משמעותם ויחידות המידה שלהם:

סימן המשתנה	משמעות המשתנה	יחידת המידה
m	מסת המים	kg
ρ	צפיפות המים	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
V	נפח המים	m^3
h_1	גובה המים בכלי הימני כאשר הברז סגור	m
h_2	גובה המים בכלי השמאלי כאשר הברז סגור	m
H	גובה המים בשני הכלים כאשר הברז פתוח	m
A_1	שטח החתך של הכלי הימני	m^2
A_2	שטח החתך של הכלי השמאלי	m^2

- א. הראה כי: $H = \frac{A_1 \cdot h_1 + A_2 \cdot h_2}{A_1 + A_2}$.
- ב. סרטט במחברתך גרף איכותי של הגובה H כפונקצייה של הגובה h_1 , כאשר כל שאר המשתנים קבועים.
- ג. רשום ביטוי לשיפוע הגרף וביטוי לנקודת החיתוך של הגרף עם הציר המייצג את H.
- ד. חשב את הגובה H, אם נתון: $\frac{A_2}{A_1} = \frac{5}{2}$; $h_1 = 1 \text{ m}$; $h_2 = 0.3 \text{ m}$.
- ה. בהסתמך על תשובתך לסעיף ד', חשב את שינוי המסה בכל כלי אם נתון: $A_1 = 16 \text{ cm}^2$; $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

ענה על שתיים מבין השאלות 4-6 (לכל שאלה – 15 נקודות)

שאלה 4

- א. הטבלה שבנספח לשאלה 4 מאפשרת לתאר בצורה נוחה את האנלוגיה שבין שלוש הבעיות המוצגות בשאלות 1, 2, 3.
- השלם את הטבלה על גבי הנספח כנדרש לפי המשימות שבעמודה הימנית.
- ב. הסבר במחברתך את האנלוגיה בין שלושת הביטויים שרשמת במשימה 1 בטבלה.
- ג. הסבר במחברתך את האנלוגיה בין שלושת הגדלים שרשמת במשימה 3 בטבלה.
- הדבק את מדבקת הנבחן שלך במקום המיועד לכך בנספח וצרף אותו למחברתך.

שאלה 5

מציאת מרכז המסה של גופים בעלי צורות שונות היא פעולה חשובה בהקשר של מצב שיווי המשקל. כאשר הגוף הוא סימטרי, קל להראות שמרכז המסה הוא מרכז הסימטריה של הגוף. כאשר הגוף בעל צורה מורכבת יותר, אחת הדרכים למצוא את מרכז המסה שלו היא לחלק כל גוף לחלקים פשוטים יותר ולהפעיל את הנוסחה הזאת:

$$X_{CM} = \frac{m_1 \cdot X_1 + m_2 \cdot X_2}{m_1 + m_2}$$

X_{CM} [m] – מרכז המסה של הגוף המורכב משני הגופים

m_1 [kg] – המסה של הגוף הראשון

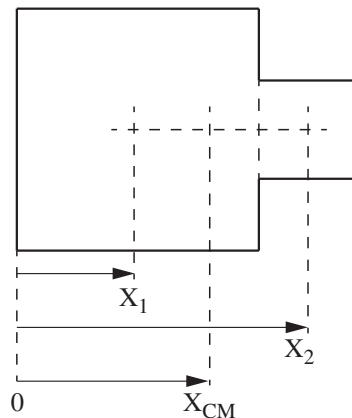
m_2 [kg] – המסה של הגוף השני

X_1 [m] – מרכז המסה של הגוף הראשון

X_2 [m] – מרכז המסה של הגוף השני

כל המרחקים נמדדים מנקודה משותפת.

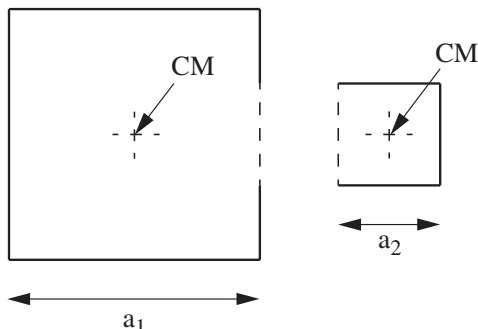
לפניך גוף דו-ממדי, שעשוי מחומר אחיד ומורכב משני ריבועים שונים:



איור א' לשאלה 5

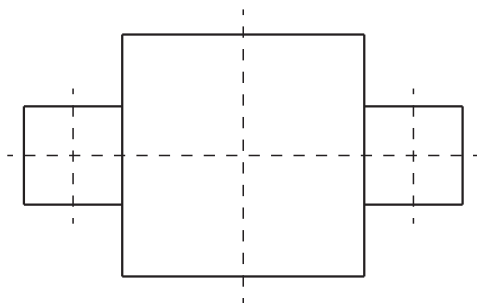
כדי למצוא את מיקום מרכז המסה, נחלק את הגוף לשני ריבועים:

המסה של הריבוע הראשון – m_1 , ואורך צלעו – a_1 ; המסה של הריבוע השני – m_2 , ואורך צלעו – a_2 .



איור ב' לשאלה 5

- א. רשום ביטוי אלגברי למרכז המסה של הגוף הנתון בעזרת הגדלים a_1 , a_2 , כאשר $\frac{m_2}{m_1} = \frac{4}{25}$.
- ב. חשב את מיקום מרכז המסה X_{CM} של הגוף הנתון עבור: $a_1 = 1 \text{ m}$; $a_2 = 0.4 \text{ m}$.
- ג. היכן ימוקם מרכז המסה של הגוף במצב החדש, המתואר באיור ג' לשאלה? נמק את קביעתך.



איור ג' לשאלה 5

שאלה 6

בחלק הראשון ענית על אחת מבין השאלות 1-3. בשאלה זו עליך לבחור אחת משתי השאלות שלא ענית עליהן, ולענות על הסעיפים הבאים:

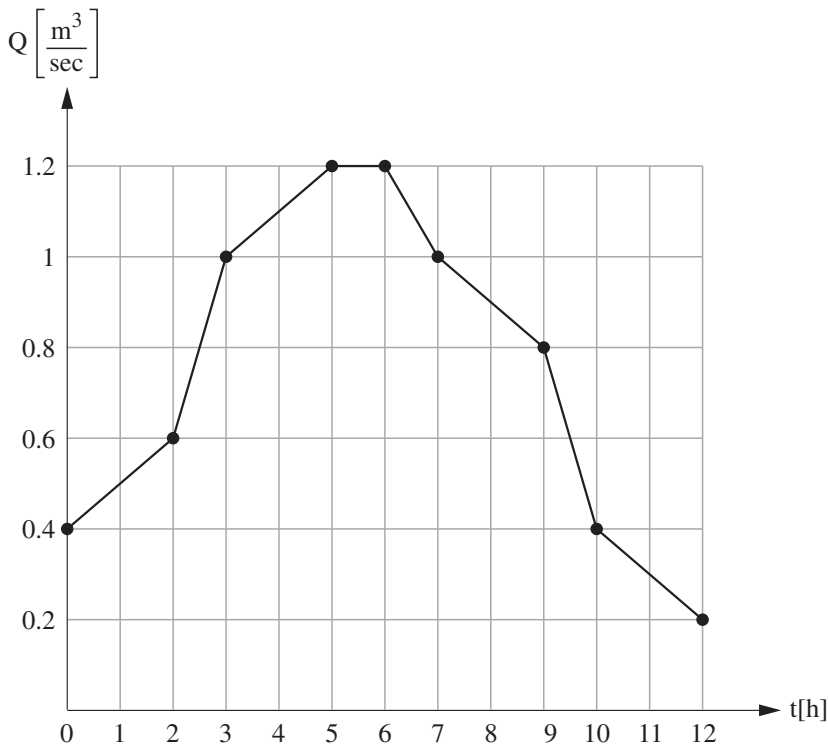
- א. ענה על סעיף ב' בשאלה שבחרת. התבסס על המידע הכתוב בסעיף א' לשאלה זו.
- ב. ענה על סעיף ד' בשאלה שבחרת.
- ג. ענה על סעיף ה' בשאלה שבחרת.

פרק שני (40 נקודות)

ענה על שתיים מבין השאלות 7-9 (לכל שאלה – 20 נקודות)

שאלה 7

באיור לשאלה 7 נתון גרף המתאר את ספיקת המים הנכנסים אל מאגר מסוים. המים מועברים על-ידי צינור אחד בלבד.

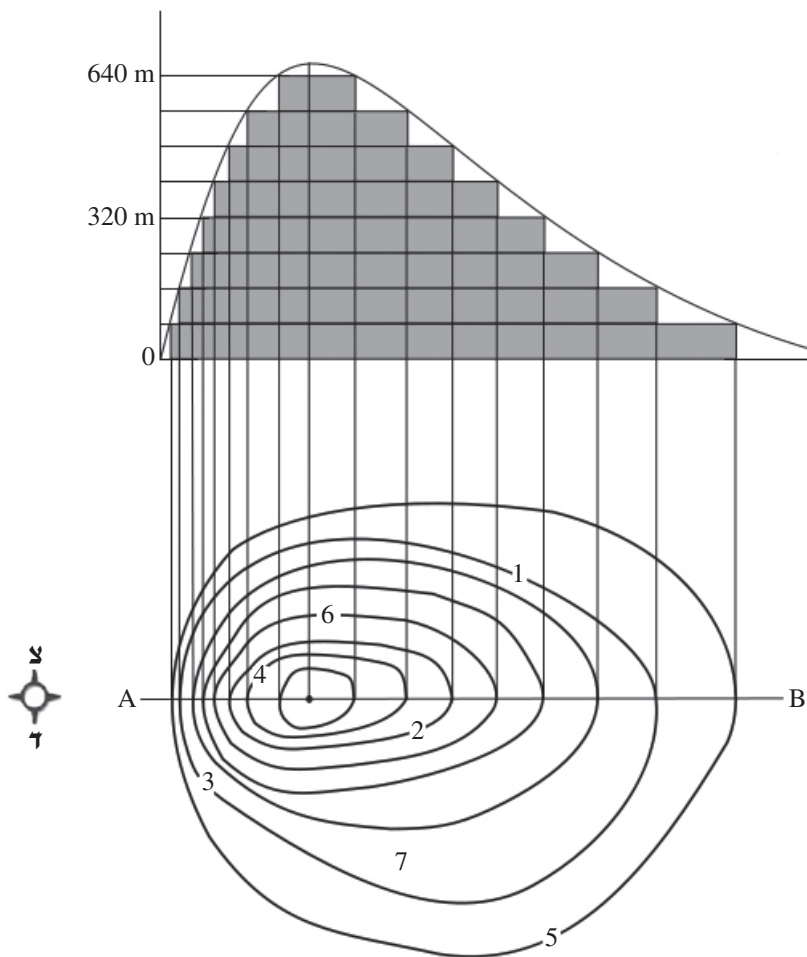


איור לשאלה 7

- א. האם על-פי הגרף, ניתן לדעת את קצב שינוי הספיקה? נמק את תשובתך.
- ב. חשב את קצב שינוי הספיקה הגבוה ביותר. ציין באילו זמנים הוא מתקיים.
- ג. היעזר בגרף וקבע אם ישנה הוצאת מים מן המאגר. נמק את תשובתך.
- ד. בזמן $t = 0$ כמות המים במאגר היא $10,000 \text{ m}^3$. חשב את כמות המים במאגר בזמן $t = 12 \text{ h}$.

שאלה 8

באיור לשאלה 8 מוצג שדה הגובה מעל פני הים של שטח הררי מסוים. באיור מתואר מבט-על ומבט צד של השטח ההררי:



איור לשאלה 8

בתרשים התחתון מוצגים קווים שווי גובה המייצגים גובה מעל פני הים במפה הטופוגרפית. קו A-B הוא הישר האופקי שעובר דרך מיקום הגובה המקסימלי. בתרשים העליון מוצג גרף של הגובה כפונקצייה של המיקום, המראה את הערכים המספריים של הגבהים מעל פני הים לאורך הישר AB.

שבעה מטיילים נמצאים ברגע מסוים בנקודות 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

- א.** טלי נמצאת ברגע זה במקום הגבוה ביותר. באיזה גובה נמצאת טלי? מהי הנקודה שבה נמצאת טלי?
- ב.** דוד ורם נמצאים באותו הגובה מעל פני הים, אבל הם אינם רואים זה את זה. באיזה גובה נמצאים דוד ורם? הסבר מדוע הם אינם רואים זה את זה.
- ג.** רון נמצא ברגע זה בגובה 480 m . כאשר רון מסתכל ישר דרומה הוא רואה את דנה. מהי הנקודה שבה נמצאת דנה? דנה יכולה לראות את דוד אבל אינה יכולה לראות את רם. מהי הנקודה שבה נמצא רם?
- ד.** מיכל נמצאת בנקודה 6, והיא רוצה לפגוש את טלי. האם מיכל צריכה לעלות או לרדת? מהו שינוי הגובה שמיכל צריכה לעבור?
- ה.** ניר נמצא במקום הכי נמוך, והוא מתכוון להגיע לשיא הגובה. האם ניר צריך לעלות עד לשיא הגובה פחות מ- 560 m , יותר מ- 560 m או 560 m בדיוק? בתשובתך הצג חישוב מתאים.
- ו.** ציין באיזה כיוון מדרון ההר הוא התלול ביותר, ובאיזה כיוון מדרון ההר הוא המתון ביותר. נמק את תשובתך.

שאלה 9

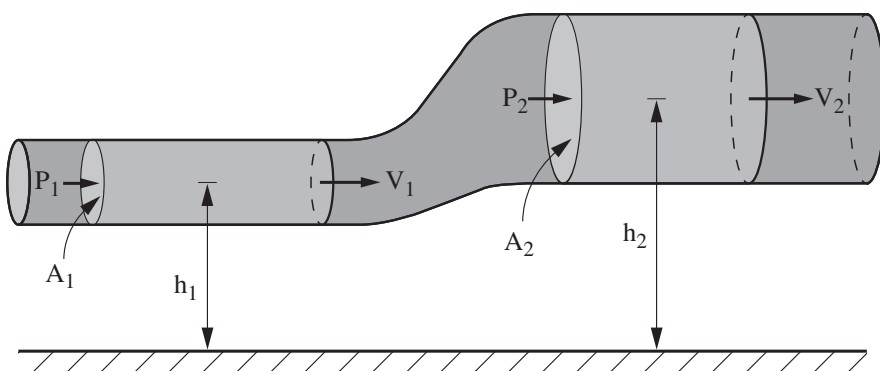
באיור לשאלה 9 מתואר צינור בעל שטחי חתך שונים, שבו זורם נוזל בעל צפיפות קבועה. זרימה של נוזל בעל צפיפות קבועה ניתנת לתיאור בעזרת חוק הרציפות וחוק ברנולי.

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad \text{חוק הרציפות מבוסס על-ידי הנוסחה:}$$

כאשר:

$$A [\text{m}^2] - \text{שטח החתך}$$

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



איור לשאלה 9

חוק ברנולי מבוסס על-ידי הנוסחה:

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = P_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$$

כאשר:

$$P \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] - \text{הלחץ בנוזל (לחץ סטטי)}, 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa}$$

$$h [\text{m}] - \text{הגובה מעל רמת הייחוס (בדרך כלל מעל קרקע)}$$

$$g - \text{תאוצת הנפילה החופשית, נניח ש-} g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$\rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] - \text{צפיפות הנוזל הזורם}$$

בצינור אופקי מסוים שבו $h_1 = h_2$ ההיצרות בחתך הזרימה גורמת לשינוי בלחץ הנוזל הזורם.

א. הראה כי מתקיים הקשר:
$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right)$$

ב. 1. רשום ביטוי לחוק הרציפות עבור צינור אחד **שמתפצל** לשלושה צינורות בעלי שטחי חתך שונים.

2. שטח החתך האופייני של העורק הראשי בגוף האדם הוא 3 cm^2 , ומהירות זרימת הדם בו היא: $0.4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. שטח החתך האופקי של קפילר (כלי הדם הקטן ביותר במחזור הדם) אופייני הוא: $2 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^2$, ומהירות הדם בו היא כ- $0.05 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$. היעזר בביטוי שרשמת בתשובתך לסעיף ב1 וחשב את מספר הקפילרים בגוף האדם.

ג. במערכת מים אופקית צינור מים בעל קוטר 40 mm מחובר לצינור אחר בעל קוטר 24 mm. בצינור הרחב לחץ המים שווה ל-250 kPa; בצינור הצר לחץ המים שווה ל-160 kPa. חשב את מהירות זרימת המים בצינור הצר, אם ידוע שצפיפות המים: $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

בהצלחה!

נספח: לשאלה 4

לשאלון 896202, קיץ תשע"ו

מקור נהנתנות

שאלה 3	שאלה 2	שאלה 1	נושא המשימה	
כלים שלובים	פוטנציאל חשמלי	חום וטמפרטורה	רשום ביטוי בכל תא ריק בשורה כך שתתקיים אנלוגיה בין הביטויים בשלושת התאים	1
$m_1 \cdot c \left \Delta T_1 \right = m_2 \cdot c \left \Delta T_2 \right $			רשום בכל תא ריק גודל מדעי הנדסי אחד, כך שתתקיים אנלוגיה בין הגדלים בשלושת התאים	2
	R	H	רשום בכל תא ריק גודל מדעי הנדסי אחד, כך שתתקיים אנלוגיה בין הגדלים בשלושת התאים	3