

בחינת מתכונת במכניקה

ח' סיון תשפ"ה

4 ביוני, 2025

אנחנו עוד נצמח!



6	5	4	3	2	1	
						בחירה
						ציון

הוראות:

א. משך הבחינה: 120 דקות.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש שאלות בלבד.

לכל שאלה - $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות.

ג. חומר עזר מותר בשימוש: (1) מחשבון לא גרפי (2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).

ד. הוראות מיוחדות:

(1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, יבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת. יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.

(2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה:

רישום ביטוי מתמטי כפי שהוא כתוב בדפי נוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני בו מספר סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.

(3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.

(4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.

(5) כאשר אתם נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g .

(6) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).

(7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער.

מותר להשתמש בעפרון לסרטטים וגרפים בלבד.

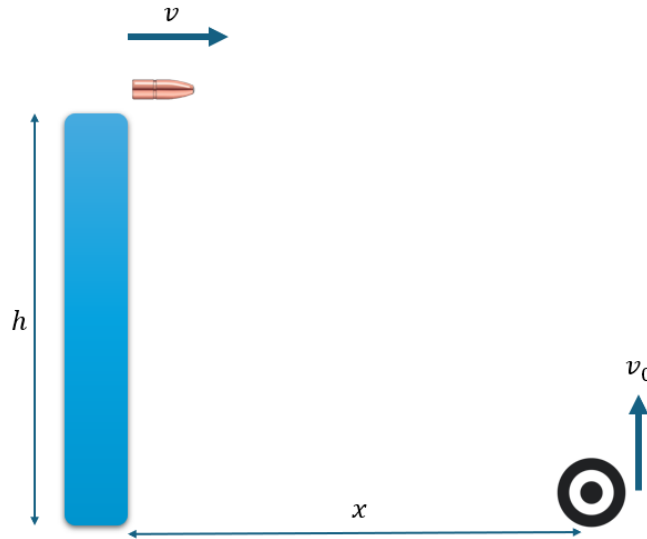
השאלות בשאלון זה מנוסחות בלשון רבים, אף על פי כן על כל תלמידה וכל תלמיד להשיב עליהן באופן אישי.

בהצלחה!

(שרי, שמוליק ומיכאל)

שאלה 1

ממגדל שגובהו $h = 20[m]$ מעל הקרקע מתבצע ירי מאקדח בכיוון אופקי.
 קליע יוצא מן האקדח במהירות $v = 90 [m/s]$. מטרה הנמצאת במרחק אופקי x מהמגדל, נזרקת בו
 זמנית מהקרקע אנכית מעלה במהירות התחלתית $v_0 = 15 [m/s]$. (ראו תרשים)



א. חשבו:

- (1) זמן הגעת הקליע והמטרה לאותו הגובה מעל הקרקע. (6 נקודות)
- (2) המרחק האופקי x מהמגדל בו צריך להציב את מתקן זריקת המטרות כדי שהקליע יפגע במטרה. (4 נקודות)
- (3) גובה המפגש מעל פני הקרקע. (4 נקודות)
- (4) מהירות הקליע (גודל וכיוון) ביחס לקרקע ברגע פגיעתו במטרה. (8 נקודות)

ב. שרטטו על אותה מערכת צירים את הגרפים האיכותיים הבאים,

מרגע הירי עד לזמן הפגישה בין הקליע למטרה:

- (1) מהירויות הקליע והמטרה בציר האנכי כתלות בזמן.
- (2) גרף מיקום הקליע והמטרה בציר האנכי כתלות בזמן.

הוסיפו ערכים משמעותיים וחישובים לגרפים הנ"ל. (8 נקודות)

במקרה אחר מבצעים את אותו תרגיל ירי בכוכב לכת דמיוני בו תאוצת הנפילה החופשית גדולה פי שתיים.

ג. האם ישתנו תשובותיך לסעיפים א'1 ו- א'2? נמקו. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

שאלה 2

גוף שמסתו $1[kg]$ משוחרר ממנוחה בנקודה A. הגוף נע על גבי מסילה מעגלית חלקה שרדיוסה $R = 1[m]$ וממנה ממשיך למסילה אופקית מחוספסת שאורכה $CD = 1[m]$, בעלת מקדם חיכוך קינטי $\mu_k = 0.3$, ופוגע בהמשך בקפיץ רפוי בעל קבוע $k = 30[N/m]$. הקפיץ מונח על משטח אופקי חלק המחובר בקצהו לקיר.



(9 נקודות)

א. חשבו את ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ.

ב. במעבר הגוף מ C ל- D, חשבו:

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

(1) תאוצת הגוף.

(8 נקודות)

(2) זמן התנועה.

ג. מרגע שחרורו בנקודה A עד שובו לגובהו המקסימלי על גבי המסילה המעגלית, לאחר שפגע בקפיץ, קבעו האם עבודת הכוחות הבאים, חיובית, שלילית או אפס? נמקו את קביעתכם, ועגנו אותם בביטויים פיזיקאליים מתאימים:

(1) כוח הכובד.

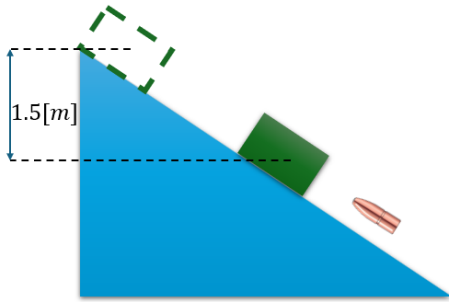
(2) הכוח האלסטי.

(3) כוח החיכוך.

(4) הכוח השקול.

(10 נקודות)

שאלה 3



גוף שמסתו $50[g]$ מחליק ממנוחה מקצהו העליון של מישור משופע חסר חיכוך. כשהגוף מגיע לנקודה הנמוכה ב- $1.5[m]$ מנקודת המוצא, פוגע בו קליע הנע במקביל למישור המשופע לקראת הגוף היורד (ראו שרטוט).

מסת הקליע $3[g]$ ומהירותו ברגע ההתנגשות $250[m/s]$. הקליע חוזר לתוך הגוף ונעצר בתוכו ביחס אליו. הגופים נעים יחד.

נתון כי משך ההתנגשות קצר מאוד ותזוזת הגוף בזמן התנגשות ניתנת להזנחה.

א. חשבו את מהירות הגוף רגע לפני ההתנגשות. (4 נקודות)

ב. מתחילת ירידת הגוף עד רגע לפני התנגשות הקליע בגוף, האם הכוחות הבאים מפעילים מתקף על הגוף?

(1) כוח הנורמל

(2) כוח הכובד

(3) הכוח השקול

אם לא נמקו. אם כן, ציינו את כיוון המתקף שהפעיל כל אחד מהכוחות הנ"ל. (6 נקודות)

ג. חשבו את מהירויות הגופים (גודל וכיוון) מיד אחרי ההתנגשות. (5 $\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. בהנחה שמשך ההתנגשות בין הגופים היא $0.002[s]$. חשבו את הכוח הממוצע השקול (גודל וכיוון) שהפעיל הגוף על הקליע. (6 נקודות)

ה. האם במהלך ההתנגשות האנרגיה המכנית של המערכת (גוף והקליע) נשמרה?

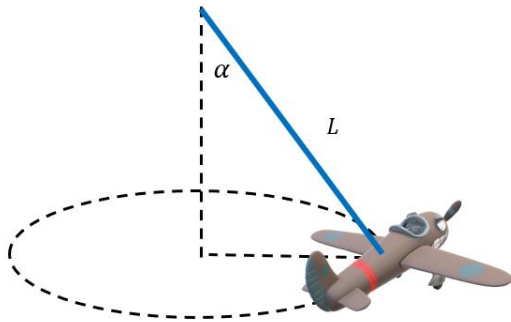
אם כן, נמקו. אם לא, חשבו כמה אנרגיה הלכה לאיבוד. (6 נקודות)

ו. האם לאחר ההתנגשות ינתק הגוף והקליע בתוכו מקצהו העליון של המדרון?

נמקו. עגנו בביטויים פיזיקליים מתאימים. (3 נקודות)

ז. האם תאוצת הגוף והקליע בתוכו לאחר ההתנגשות גדולה, קטנה או שווה לזו של תאוצת הגוף בירידתו במדרון לפני ההתנגשות? נמקו ללא חישוב. (3 נקודות)

שאלה 4



נער מטיס טיסן צעצוע (ללא מנוע) באופן הבא: הוא קושר את הטיסן לחוט, ולאחר מכן מסובב את החוט סביבו, כך שהטיסן נע במעגל אופקי בתנועה מעגלית קצובה. ניתן להזניח את כוחות החיכוך.

נתון כי החוט יוצר זווית פרישה α ביחס לאנך (ראו תרשים). מהירותו הזוויתית ω של הטיסן ניתנת לשינוי.

כנפי הטיסן מקבילות לקרקע.

מסת הטיסן היא m , ואורך החוט אליו הוא קשור הינו L .

על הטיסן במצב זה פועל גם כוח העילוי, B , של האוויר במאונך על כנפי המטוס כלפי מעלה. ידוע כי גודלו של כוח העילוי אינו קבוע, אלא תלוי בשאר הכוחות במערכת, ובמהירותו הזוויתית של הטיסן.

א. שרטטו תרשים הכוחות הפועלים על הטיסן. (3 נקודות)

ב. האם כוח הכובד וכוח העילוי הם צמד פעולה ותגובה? נמקו. (3½ נקודות)

ג. הוכיחו כי כוח העילוי B מקיים את הקשר הבא:

$$B = -(mL \cos \alpha)\omega^2 + mg$$

(8 נקודות)

הנער הטיס את הטיסן במספר מהירויות זוויתיות שונות, ומדד בכל פעם את כוח העילוי על הטיסן.

אורך החוט הוא $L = 2[m]$, והזווית α נותרת קבועה בכל המדידות.

הנער ריכז תוצאות מדידותיו בטבלה הבאה:

$\omega^2 \left[\frac{rad^2}{sec^2} \right]$	2	4	6	8	10
$B [N]$	5.1	4.1	3.1	2.2	1.2

ד. שרטטו גרף כוח העילוי B כפונקציה של ω^2 . (10 נקודות)

ה. על סמך הגרף חשבו:

(1) מסת הטיסן m .

(2) זווית פרישת החוט α .

(4 נקודות)

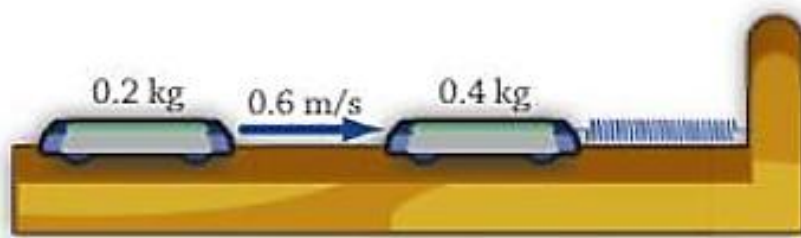
(5 נקודות)

שאלה 5

קפיץ בעל קבוע כוח $k = 10 \left[\frac{N}{m} \right]$ קשור בקצהו האחד לנקודה קבועה ובקצהו האחר לקרונית

שמסתה $M = 0.4 \text{ [kg]}$, הנמצאת במנוחה. קרונית שנייה שמסתה $m = 0.2 \text{ [kg]}$ נעה במהירות $v = 0.6 \text{ [m/s]}$ ומתנגשת בקרונית הראשונה. הניחו כי ניתן להזניח את החיכוך בין הקרוניות לבין המשטח, וכי ההתנגשות בין הקרוניות היא אלסטית לחלוטין, ומתרחשת בזמן קצר ביותר. (ראו תרשים).

הקרונית הקשורה לקפיץ מבצעת לאחר ההתנגשות תנועה הרמונית פשוטה. הכיוון החיובי נבחר ימינה.



- א. חשבו מהירות כל אחת מהקרוניות רגע לאחר ההתנגשות. (7 נקודות)
 ב. האם תנועת הקרונית M לאחר ההתנגשות היא תנועה קצובה/שוות תאוצה/ שונת תאוצה? נמקו.

$3\frac{1}{3}$ נקודות)

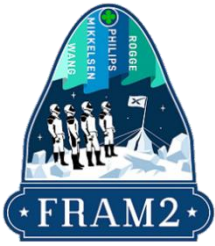
ג.

- 1) באיזה רגע אחרי ההתנגשות מתאפסת מהירות הקרונית M בפעם השנייה? (4 נקודות)
 2) מה מיקומה (גודל וכיוון) ברגע זה ביחס לנקודה שהקפיץ היה רפוי? (4 נקודות)
 ד. מהו המרחק בין הקרוניות ברגע המתואר בסעיף ג' ? נמקו. (6 נקודות)

ה.

- 1) רשמו את פונקציית מהירות זמן עבור תנועת הקרונית M. (5 נקודות)
 2) היכן תאוצת הקרונית M מכסימלית? חשבו את ערכה המכסימלי (גודל וכיוון). (4 נקודות)

(4 נקודות)



ב 1.4.2025 שיגרה חברת SpaceX לחלל את משימת Fram2 טיסה אזרחית היסטורית במסלול קוטבי סביב הקוטב הצפוני והדרומי של כדור הארץ, מסלול שאיש מעולם לא טס בו. הטיסה התבצעה באמצעות חללית Crew Dragon שנשאה ארבעה אסטרונאוטים פרטיים לגובה של בין 202 [km] ל - 413 [km] מעל פני כדה"א. מסת החללית Crew Dragon כ- 9,525 ק"ג.

משימת Fram2 נקראת כך על שם האונייה הנורווגית המפורסמת שחקרה את הקוטב הדרומי והצפוני בסוף המאה ה-19 וראשית המאה ה-20.

לאורך כל השאלה, הנח כי הכוח היחיד הפועל על החללית Crew Dragon הינו כוח המשיכה בינו לבין כדה"א.

א. במעבר החללית מהנקודה הקרובה ביותר לזו הרחוקה ביותר מפני כדה"א, האם כוח הכובד ביצע עבודה על החללית? אם לא, נמקו. אם כן, חשבו את העבודה.

(7 נקודות)

החללית שוגרה ממרכז החלל קנדי שבפלורידה, אך במקום לשגר את החללית מזרחה,

כמו רב משימות החלל, ובכך להנות מתנופת סיבוב כדה"א סביב צירו, החללית שוגרה דרומה בזווית 90 מעלות לעבר הקוטב הדרומי.

בהזנחת סיבוב כדה"א סביב צירו, ובהנחה שהחללית נעה במסלול מעגלי סביב כדה"א:

ב. חשבו:

(1) הרדיוס הממוצע של סיבוב של החללית Crew Dragon סביב כדה"א. (4 נקודות)

(2) האנרגיה שהושקעה בשיגור החללית למסלול סביב כדה"א. (7 נקודות)

(3) זמן סיבוב אחד של החללית סביב כדה"א. (6 נקודות)

ג. על אותה מערכת צירים שרטטו 2 גרפים איכותיים (אין צורך להוסיף מספרים) של האנרגיות

הבאות עבור החללית כתלות ב $1/r$, כאשר r מרחק החללית ממרכז כדה"א:

(1) אנרגיה מכנית.

(2) אנרגיה קינטית. ציינו ליד כל גרף לאיזו אנרגיה הוא מתאים. (4 נקודות)

לאחר סיום משימתם במיפוי מזג האוויר בקטבים, האסטרונאוטים בחללית השתעשעו ברעיון להוצאת החללית משדה כוח המשיכה של כדה"א, על ידי תכנון תוספת אנרגיה לחללית ע"י הפעלת מנועיה.

ד. חשבו מהי האנרגיה המינימלית שיש היה להעניק לחללית כדי לצאת מהשפעת כדה"א.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

