

# מכניקה הנדסית לטכנאים י"ד

## ספר תרגול במכניקה הנדסית לטכנאים

### סטודנטים יקרים

לפניכם ספר תרגילים לקורס "מכניקה הנדסית לטכנאים י"ד" המועבר ברשת האינטרנט on-line.

הקורס באתר כולל פתרונות מלאים לספר התרגילים.

הפתרונות מוגשים בסרטוני וידאו המלווים בהסבר קולי, כך שאתם רואים את התהליכים בצורה מבנית, שיטתית ופשוטה, בדיוק כפי שנעשה בשיעור פרטי.

את הקורס בנו במשותף אלי קורנפלד ואיתי חיימי.

אלי קורנפלד: מהנדס אזרחי, בוגר תואר ראשון הנדסה אזרחית בהצטיינות אוניברסיטת אריאל, בוגר תואר שני (M.E) בהנדסה אזרחית של הטכניון.

ניסיון בהעברת קורסי הליבה של תואר הנדסה אזרחית במחלקה להנדסה אזרחית של אוניברסיטת אריאל. בין הקורסים: מכניקה הנדסית מורחב, חוזק 1, חוזק 2, כלכלה הנדסית ומשוואת דיפרנציאליות.

איתי חיימי: מהנדס אזרחי, בוגר תואר ראשון הנדסה אזרחית בהצטיינות אוניברסיטת אריאל, בוגר תואר שני (M.E) בהנדסה אזרחית של הטכניון.

ניסיון בהעברת קורסי הליבה של תואר הנדסה אזרחית במחלקה להנדסה אזרחית של אוניברסיטת אריאל ומרצה בסגל המרצים של רשת מכללות טכנולוגיות עתיד, סניף תל אביב. בין הקורסים: מכניקה הנדסית מורחב, סטטיקת מבנים 1, סטטיקת מבנים 2, חישוב סטטי וחוזק חומרים.

אם אתם עסוקים מידי בעבודה, סובלים מלקויות למידה, רוצים להצטיין או פשוט אוהבים ללמוד בשקט בבית, אנחנו מזמינים אתכם לחווית לימודים יוצאת דופן וחדשה לחלוטין, היכנסו עכשיו לאתר:



אנו מאחלים לכם הצלחה מלאה בבחינות!

**תוכן עניינים**

פרק	שם הפרק
<b>1</b>	<b>קינמטיקה</b>
1.1	תנועה חד ממדית בציר האופקי
1.2	תנועה חד ממדית בציר האנכי (נפילה חופשית)
1.3	תנועה בשני ממדים אופקי ואנכי (זריקה משופעת)
<b>2</b>	<b>דינמיקה</b>
<b>3</b>	<b>תנועה מעגלית</b>
<b>4</b>	<b>מכניקה של גוף קשיח</b>
<b>5</b>	<b>תרגילי מבחנים בקינמטיקה</b>
<b>6</b>	<b>תרגילי מבחנים בדינמיקה ואנרגיה</b>
<b>7</b>	<b>תרגילי מבחנים במרכז סיבוב רגעי</b>

המלצה וטיפים ללמידה של הקורס:

לרשותכם מספר טיפים לפני התחלת הצפייה בסרטונים וזאת על מנת שלאחר צפיה מלאה בכל תוכן הקורס תקבלו בסיס טוב וכלים להתמודדות לבד עם שאלת מבחן ולהמשך הלימודים וקורסים מתקדמים יותר.

1. ככלל, הפרקים נבנים אחד על השני ולכן כדאי להתחיל את הפרקים בסדר כרונולוגי עולה.
2. בכל פרק יש לראות תחילה את סרטוני ההסבר (תאוריה) ולסכם אותם.
3. לנסות ולפתור לבד את התרגילים ללא צפייה בסרטוני תרגיל.
4. את סרטוני התרגול אנו ממליצים לסכם במחברות כולל הערות ציודיות.
5. ניתן לעצור בכל עת, לחזור שוב על סרטון ולשנות את הקצב לפי נוחותכם.

פרק 1 – קינמטיקה

נושא 1 – תנועה חד מימדית בציר האופקי

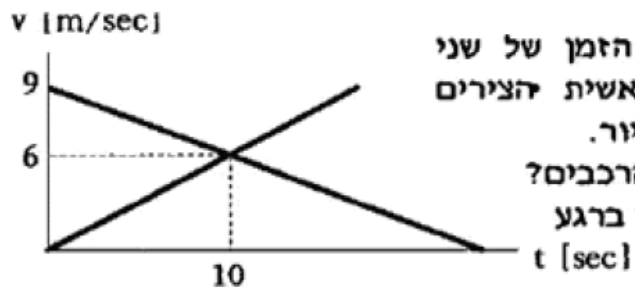
תרגיל מספר 1

שוטר תנועה, הנוסע על אופנוע, מתחיל את תנועתו בנקודה A, 3 שניות לאחר שמכונית פרטית חלפה לידו. המכונית הפרטית נוסעת במהירות קבועה של 120 קמ"ש. השוטר מאיץ את האופנוע בתאוצה של 5 מ' לשנייה בריבוע, עד למהירות של 150 קמ"ש, שהיא המהירות המקסימלית המותרת לו, וממשיך את נסיעתו במהירות זו.

- א. חשב את הזמן הדרוש לשוטר כדי להשיג את המכונית.  
ב. חשב את המרחק מנקודה A עד הנקודה, שבה משיג השוטר את המכונית.



תרגיל מספר 2



גרף המהירות כפונקציה של הזמן של שני רכבים החולפים על פני ראשית הצירים באותו הזמן ( $t=0$ ) מתואר בציור.

א. תוך כמה זמן יפגשו שני הרכבים?  
 ב. מה תהיה מהירות כל רכב ברגע המפגש?

### תרגיל מספר 3

מכונית A מתחילה ממהירות 108 קמ"ש, ומאיטה בתאוצה של 3- מטרים לשנייה בריבוע.  
מכונית B מתחילה ממנוחה, ומאיצה בתאוצה של 5 מטרים לשנייה בריבוע.

א. תוך כמה זמן יהיו מהירויות שתי המכוניות שוות?

ב. מה תהיה מהירות שתי המכוניות באותו רגע?

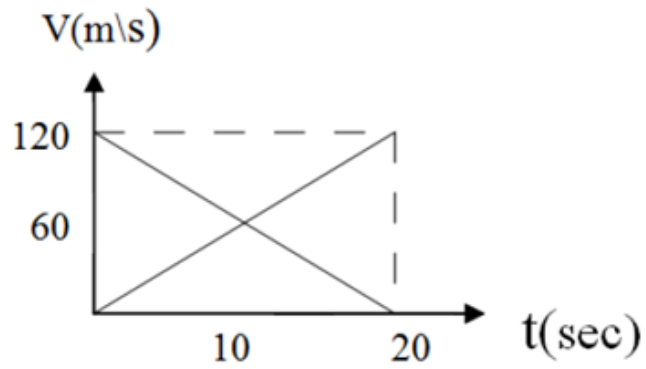
#### **תרגיל מספר 4**

משאית שמהירותה 60 קמ"ש יוצאת מהעיר A וכעבור חצי שעה יוצאת מונית מאותה העיר לאותו הכיוון שמהירותה 80 קמ"ש. מתי והיכן המונית תפגוש את המשאית?

**תרגיל מספר 5**

מרגע בו מכונית חולפת על פני מכונית משטרה נחה, היא מאיטה בקצב קבוע. באותו רגע מתחילה מכונית המשטרה להאיץ בקצב קבוע. בתרשים גרפי מוצגים גרף מהירות זמן של שתי המכוניות.

חשב באיזה רגע משיגה מכונית המשטרה את המכונית השנייה.





**נושא 2 – תנועה חד מימדית בציר האנכי (נפילה חופשית)**

**תרגיל מספר 1**

אבן משוחררת ממנוחה מגג בניין.  
הערה : נדרש להזניח את התנגדות האוויר.

- א. מצא את מרחקה מנקודת השחרור לאחר 3 שניות?
- ב. מהי מהירותה של האבן באותו הרגע?

## תרגיל מספר 2

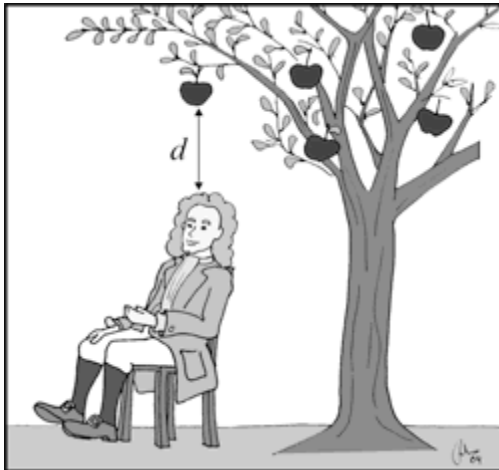
תפוח נופל מעץ מפוגע בראש של ניוטון.

המרחק ההתחלתי של התוח מהראש של ניוטון הינו  $d$  ששווה 12 מטרים.

הערה : הנח שהתפוח נופל ממנוחה והזנח את התנגדות האוויר.

א. מהי מהירות התפוח ברגע הפגישה בראשו של ניוטון?

ב. כמה זמן (בשניות) לקח לתפוח לפגוע בראשו של ניוטון?



### תרגיל מספר 3

כדור נורה מרובה כלפי מעלה (אנכית) עם מהירות התחלתית של 300 מטרים לשניה.  
הערה : נדרש להזניח את התנגדות האוויר.

- א. כמה זמן (שניות) ייקח לכדור להגיע לשיא הגובה?
- ב. לאיזה גובה הגיע הכדור (גובה מקסימלי)?
- ג. באיזה מהירות הכדור יפגע בקרקע ברגע החזרה?

**נושא 3 – תנועה בשני מימדים (אנכי + אופקי) – זריקה משופעת**

**תרגיל מספר 1**

אבן נזרקת במהירות של 20 מטרים לשנייה עם זווית של 60 מעלות מעל האופק.

דרוש:

- א. מהי מהירות האבן לאחר שנייה אחת?
- ב. מהי מהירות האבן לאחר 10 שניות?

**תרגיל מספר 2**

מראש בניין שגובהו 20 מטר נזרקת אבן במהירות של 10 מטרים לשנייה ובזווית של 45 מעלות מעל האופק. מיצאו:

- א. תוך כמה זמן תפגע האבן בקרקע?
- ב. מהו המרחק האופקי מראש הבניין ועד למיקום נפילת האבן בקרקע?
- ג. מהי מהירות הפגיעה בקרקע? (גודל וכיוון)

**תרגיל מספר 3**

כדור נזרק במהירות של 15 מטרים לשנייה, עם זווית של 30 מעלות מעל האופק.

דרוש:

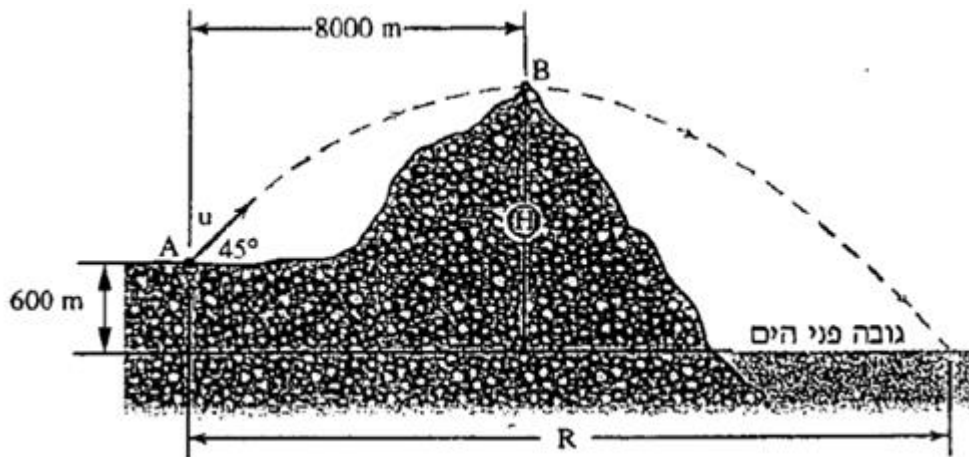
- א. היכן יימצא הכדור לאחר שנייה אחת?
- ב. מהי מהירותו באותו הרגע? (שיעור וכיוון)

**תרגיל מספר 4**

פגז נורה בזווית  $45^\circ$  מנקודה A הנמצאת בגובה 600 m מעל פני הים. בשיא מסלולו חולף פגז על פני פסגת ההר בנקודה B הנמצאת בגובה H מעל פני הים. הפגז משלים את מעופו עם הכניסה למים במרחק R מנקודה A, כמתואר באיור לשאלה.

תאוצת הכובד היא  $g=9.8 \text{ m/sec}^2$ .

- א. חשב את המהירות ההתחלתית של הפגז  $u$ .
- ב. חשב את גובה הפסגה H.
- ג. חשב את מרחק הירי R.



**תרגיל מספר 5**

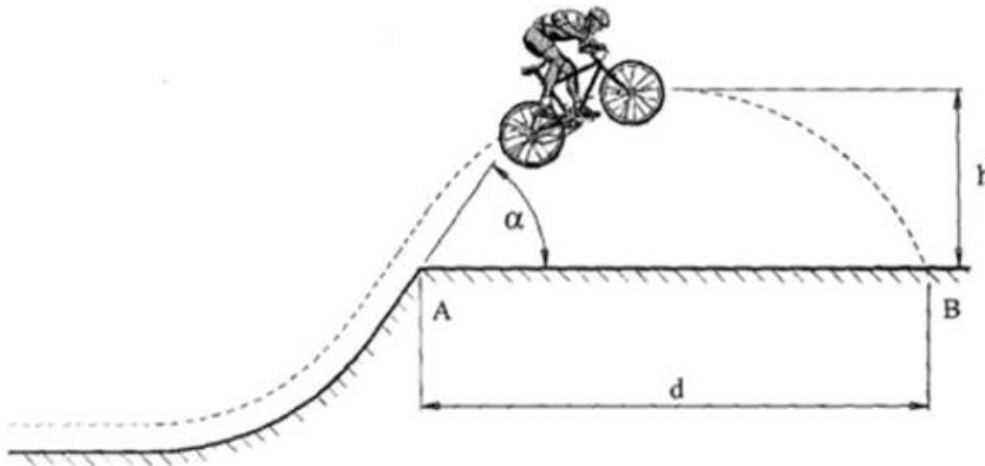
תוך כדי רכיבה, בנקודה A, עולה רוכב האופניים על גבעה, מבצע קפיצה באוויר, ונוחת בנקודה B (ראה בתרשים). נתון:

תאוצת הכובד היא:  $g=9.81 \text{ m/sec}^2$ .

המרחק AB:  $d=8 \text{ m}$ .

זווית הנטייה של המשיק למסלול בנקודה A:  $\alpha=55^\circ$ .

- א. חשב את מהירותו של הרוכב ברגע שהוא מתנתק מהקרקע, בנקודה A.  
 ב. חשב את הגובה המקסימלי  $h$  שאליו הוא יגיע.





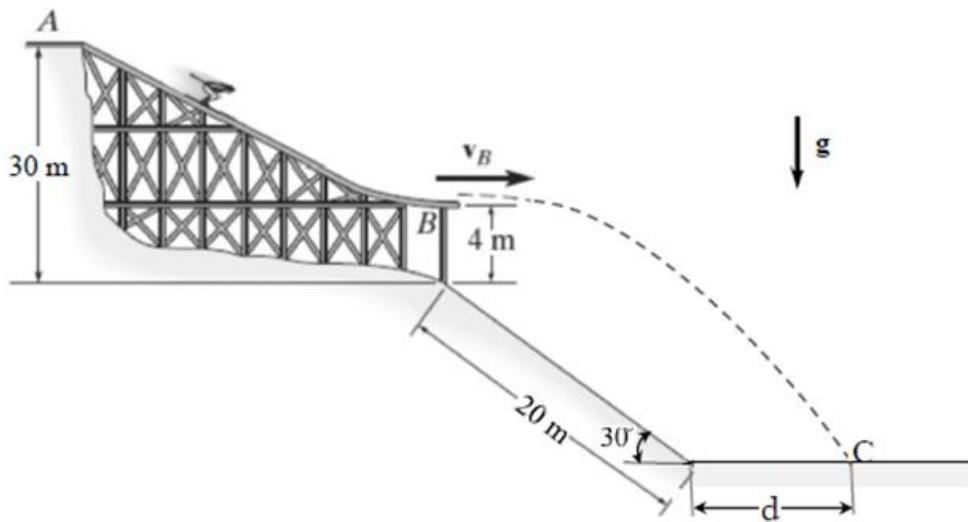
**פרק 2 – דינמיקה**

**תרגיל מספר 1**

גלשן מתחיל את תנועתו ממנוחה בנקודה A, וגולש לאורך מסלול משופע AB כמתואר באיור. בנקודה B הגלשן עוזב את מסלול הגלישה כאשר מהירותו היא אופקית. בנקודה C הגלשן פוגע בקרקע.

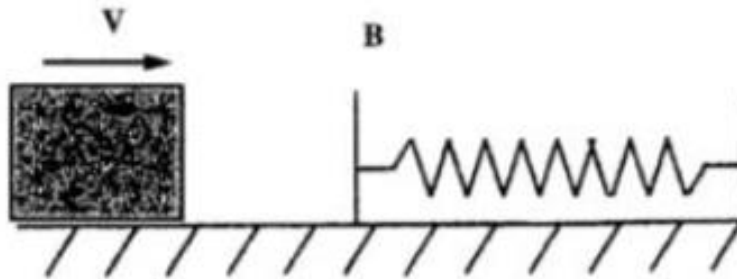
- א. מהי מהירות הגלשן בנקודה B?
- ב. מהו זמן תנועת הגלשן מנקודה B עד לנקודה C?
- ג. מהי מהירות הגלשן בנקודה C (שיעור וכיוון)?
- ד. מהו המרחק d?

הערות: יש להתייחס לגלשן כנקודה חומרית ולהזניח את התנגדות האוויר והחיכוך במסלול.

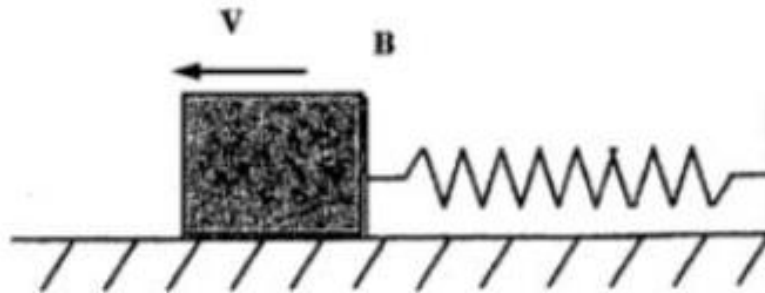


**תרגיל מספר 2**

- א. גוף נע על מישור אופקי במהירות קבועה של  $V=2 \text{ m/sec}$  כמתואר בתרשים הראשון. בדרכו הוא פוגע בנקודה B בקפיץ אופקי, הנמצא במצב רפוי. מסת הגוף  $m=1 \text{ kg}$  וקבוע הקפיץ  $k=80 \text{ N/m}$ . חשב בכמה יתכווץ הקפיץ כתוצאה מפגיעת הגוף בו בהנחה שהמישור ללא חיכוך.



- ב. הגוף משתחרר מהקפיץ בנקודה B, במהירות התחלתית של  $V=2 \text{ m/sec}$  כמתואר בתרשים השני. לאיזה מרחק אופקי מנקודה B ינוע הגוף לאחר שהשתחרר מהקפיץ, אם מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף למישור הוא  $\mu=0.25$ . מסת הגוף זהה לסעיף א'.



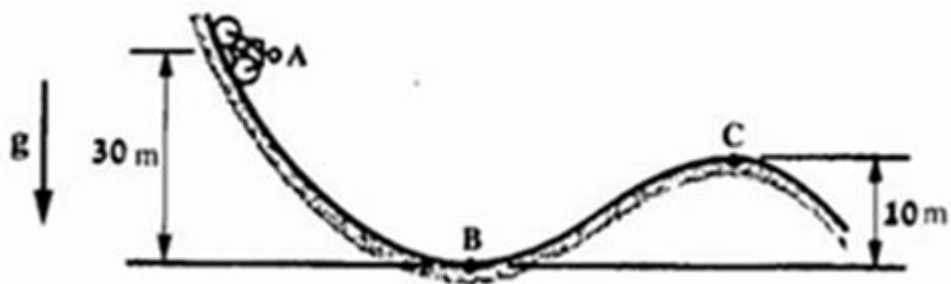
**תרגיל מספר 3**

רוכב אופניים מתחיל את תנועתו ממנוחה בנקודה A ונע במסלול אנכי עקום, כמתואר באיור לשאלה.

- א. חשב את מהירות רוכב האופניים בנקודה B של המסלול.
- ב. חשב את מהירות רוכב האופניים בנקודה C של המסלול.

הערות:

- 1. הנח שהאופנים והרוכב הם נקודה חומרית אחת.
- 2. הזנח את ההתנגדות לתנועה של המסלול ואת ההתנגדות של האוויר.
- 3. הנח תאוצת הכובד  $g=10 \text{ m/sec}^2$ .



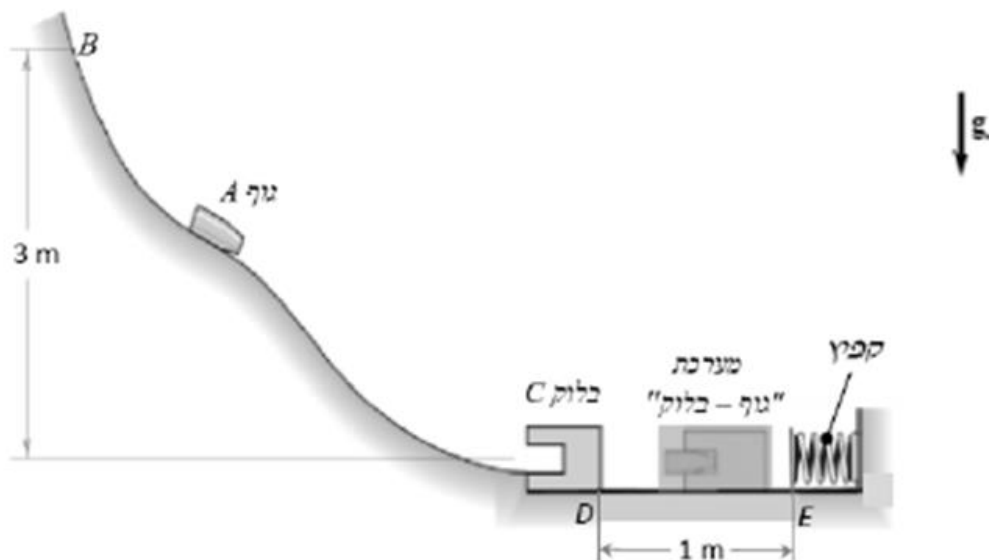
**תרגיל מספר 4**

גוף A, שמסתו היא  $m=0.4 \text{ kg}$ , משוחרר ממצב מנוחה בנקודה B, בקצה העיליון של המסלול העקום חסר החיכוך במישור אנכי. בקצה התחתון של המסלול, בנקודה D, פועל גוף A בבלוק C, שמסתו היא  $m=1 \text{ kg}$  ונתקע בו. לאחר הפגיעה נעה המערכת "גוף-בלוק" לאורך מישור אופקי מחוספס, ובנקודה E היא פוגעת בקפיץ, הנמצא במצב רפוי.

נתון: מקדם החיכוך הקינטי בין הבלוק לבין המישור האופקי הוא  $\mu_k=0.15$ , קבוע הקפיץ  $k=800 \text{ N/m}$ .

- חשב את מהירותו של גוף A בנקודה D לפני פגיעתו בבלוק C.
- חשב את מהירותה של המערכת "גוף-בלוק" מיד לאחר ההתנגשות.
- חשב את מהירותה של המערכת "גוף-בלוק" בנקודה E.
- חשב את השקיעה המקסימלית של הקפיץ לאחר פגיעת המערכת, "גוף-בלוק".

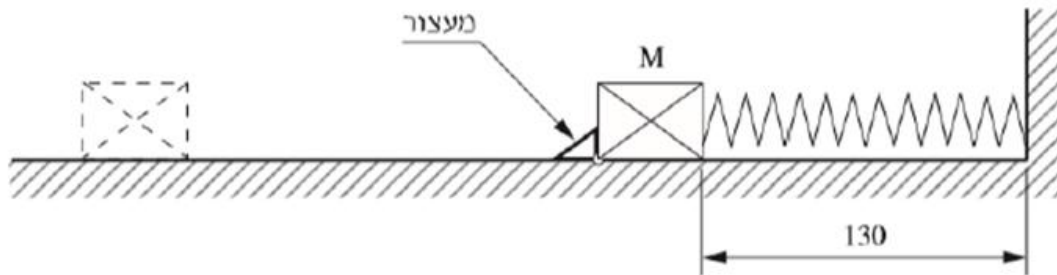
הערה: יש להזניח את כוח החיכוך במישור האופקי לאחר פגיעתה של המערכת "גוף-בלוק" בקפיץ.



**תרגיל מספר 5**

באיור לשאלה, מתואר קפיץ לחיצה דרוך שאורכו במצב רפוי הוא  $L=180\text{ mm}$ . הגוף  $M$ , שמשקלו  $G=5\text{ N}$ , מונח על משטח צמוד לקפיץ ומוחזק במקומו באמצעות מעצור. מקדם החיכוך בין הגוף  $M$  ובין המשטח הוא  $\mu=0.1$ . מסירים את המעצור והגוף מתחיל לנוע על פני המשטח. ברגע מסוים מגיע הקפיץ למצבו הרפוי, והגוף מתנתק ממנו כשמהירותו  $V=2\text{ m/sec}$ . לאחר מכן ממשיך הגוף לנוע עד לעצירה מוחלטת.

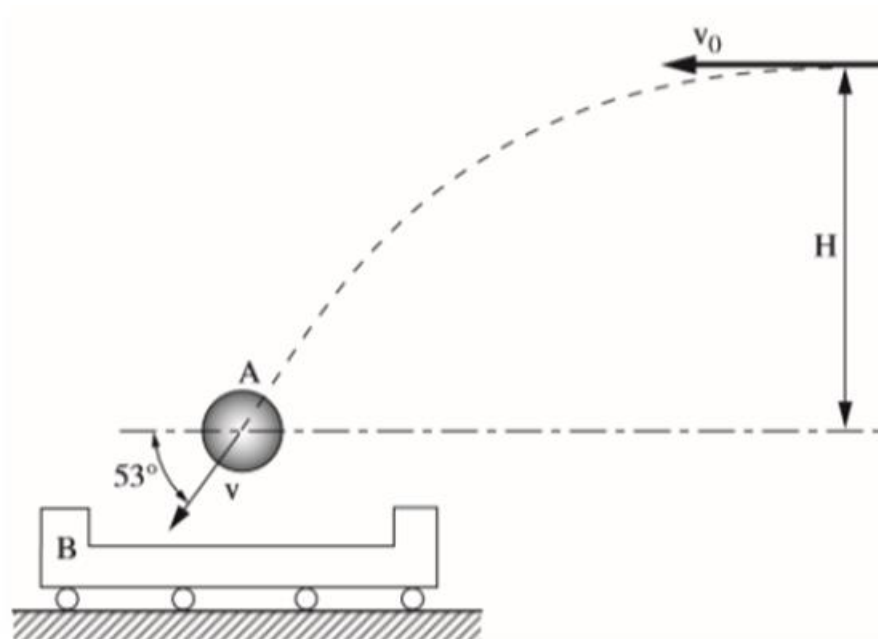
- א. מהו קבוע הקפיץ?
- ב. כמה זמן חולף מרגע ההתנתקות של הגוף מהקפיץ ועד לעצירתו המוחלטת?
- ג. מהו המרחק שעובר הגוף בפרק הזמן שמצאת בסעיף ב'?



**תרגיל מספר 6**

באיור לשאלה מתואר כדור A הנזרק אופקית מגובה H במהירות  $V_0$ . רגע לפני שהכדור מתנגש הגעלה B מהירותו היא  $V=20 \text{ m/sec}$ , והוא נע בזווית  $53^\circ$ , כמסומן באיור. לפני ההתנגשות העגלה נמצאת במנוחה וההתנגשות בין הכדור לעגלה היא התנגשות **פלסטית**, המתרחשת בפרק זמן השואף לאפס. מסת הכדור  $m=0.5 \text{ kg}$ , מסת העגלה  $m=1 \text{ kg}$ . תאוצת הכובד  $g=10 \text{ m/sec}^2$ .

- א. חשב את הגובה H ואת המהירות  $V_0$ .
- ב. חשב את מהירותה של העגלה עם הכדור בתוכה מיד לאחר ההתנגשות. חשב את חלק האנרגיה שאבד בהתנגשות, באחוזים.

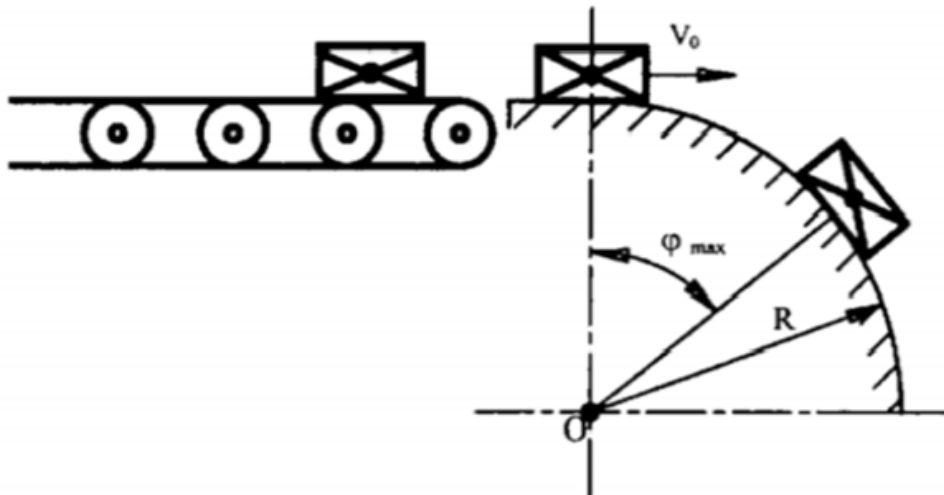


**פרק 3 – תנועה מעגלית**

**תרגיל מספר 1**

חבילות, שכל אחת מהן היא בעלת מסה של 1 ק"ג, מגיעות מהסרט הנע אל משטח חלק לחלוטין של הריף, במהירות  $V_0$  של 1 מטרים לשנייה. כמתואר בתרשים. תאוצת הכובד  $g=9.81 \text{ m/sec}^2$ .

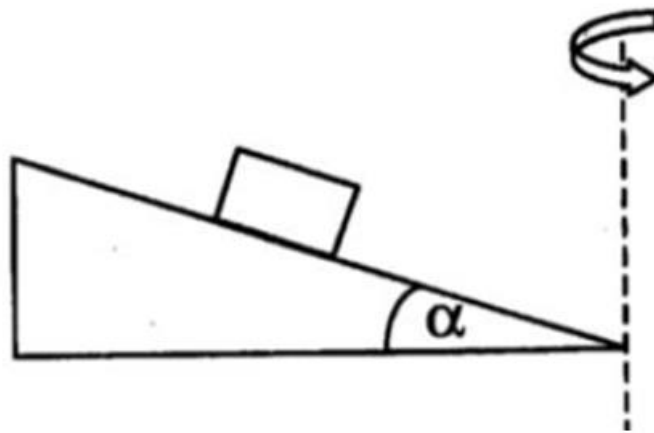
חשב את הזווית המרבית ( $\varphi_{\max}$ ), שבה כל חבילה מתחילה להתנתק ממשטח הריף, אם רדיוס הריף  $R$  הוא 0.5 מ'.



תרגיל מספר 2

משטח הנטוי בזווית של  $\alpha=30^\circ$ , מסתובב סביב ציר אנכי כמתואר בתרשים.  
זמן המחזור של התנועה הסיבובית הינו 3 שניות.  
על המשטח מונח גוף שמסתו  $m=6 \text{ kg}$ .  
מקדם החיכוך הסטטי בין הגוף למשטח הוא  $\mu=0.4$ .

חשב באיזה מרחק מירבי (מציר הסיבוב) ניתן למקם את הגוף כך הוא לא יחליק במעלה משטח?

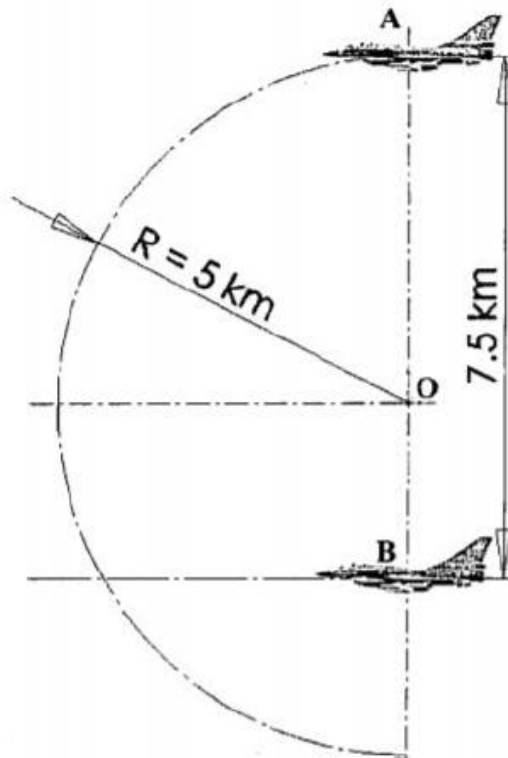




**תרגיל מספר 3**

מטוס B טס בקו ישר במהירות קבועה  $V_B$  השווה 848 ק"מ לשעה. מעליו, במרחק של 7.5 ק"מ, מטוס A. המטוס A טס במהירות קבועה  $V_A$  השווה 2,050 ק"מ לשעה. הוא טס במסלול אנכי בקשת המעגלת ברדיוס R השווה 5 ק"מ. בתרשים מתואר המצב ההתחלתי של שני המטוסים.

- א. אם המטוסים ימשיכו לטוס כמתואר בשאלה, האם הם ייתנגשו?
- ב. מהי המהירות הזוויתית  $\omega_A$  והתאוצה  $a_A$  של המטוס A?



#### תרגיל מספר 4

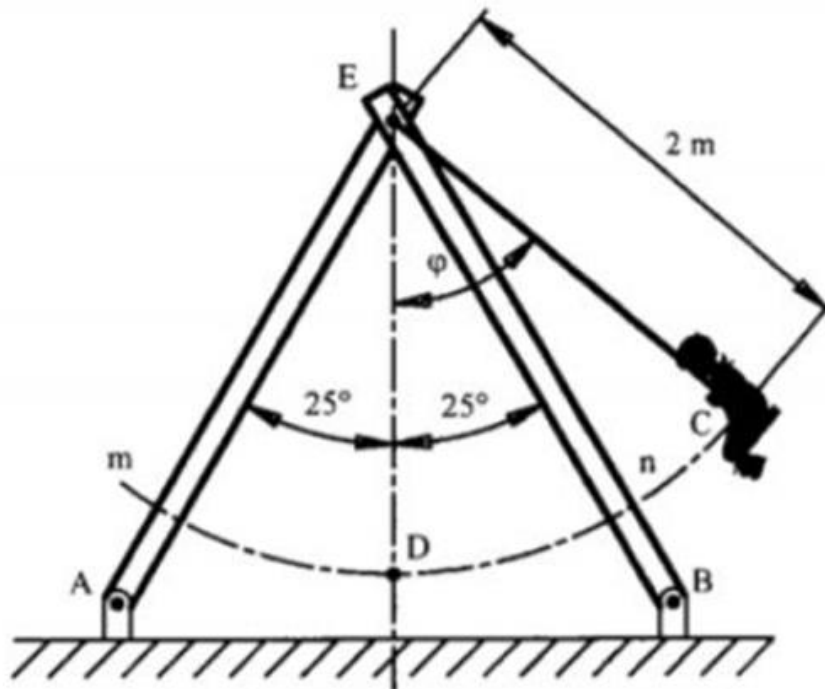
הילדה היושבת על הנדנדה הנתמכת על 4 עמודים, היא בעלת מסה  $m$ , של 30 ק"ג ומרכז הכובד שלה נמצא בנקודה C, שהיא נקודת המפגש של זרוע הנדנדה עם הקשת  $m-n$ , הנוצרת ע"י תנועת מרכז הכובד של הילדה. אם הילדה עולה לגובה מרבי התואם זווית של  $\phi$  של  $50^\circ$ :

א. חשב את הכוח הנוצר בכל אחד מהעמודים התומכים בנדנדה, כאשר הנדנדה חולפת על

פני הנקודה D (הזווית  $\phi$  שווה לאפס). תאוצת הכובד  $g=9.81 \text{ m/sec}^2$ .

ב. חשב את מתיחת החוט EC כאשר הנדנדה חולפת על פני הנקודה D.

הנח כי משיקולי סימטריה, הכוחות הפועלים על כל ארבעת העמודים שווים. הזווית בין העמודים נתונה בתרשים.

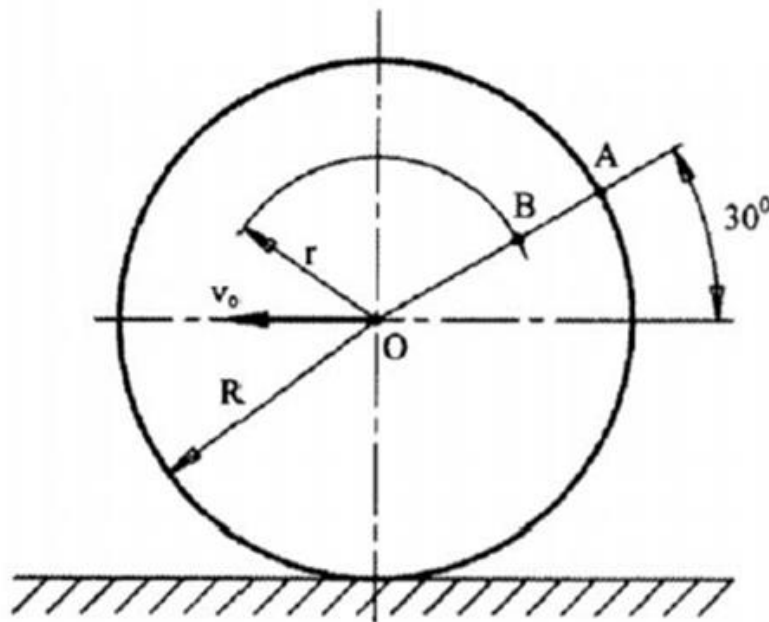


**פרק 4 – מכניקה של גוף קשיח**

**תרגיל מספר 1**

גלגל בעל רדיוס  $R$  מתגלגל במהירות קבוצה ללא החלקה לאורך מסלול ישר ממזרח למערב. ידוע כי מהירות התנועה השקולה של הנקודה  $B$  היא  $6$  מ' לשנייה (ראה תרשים).  
נתון:  $R=800$  mm ;  $r=500$  mm .

- א. חשב את המהירות הזוויתית של הגלגל  $\omega_0$  ואת מהירות התנועה  $V_0$  של מרכזו  $O$ .  
ב. חשב את מהירות התנועה השקולה (שיעור וכיוון) של הנקודה  $A$  ( $V_A$ ).

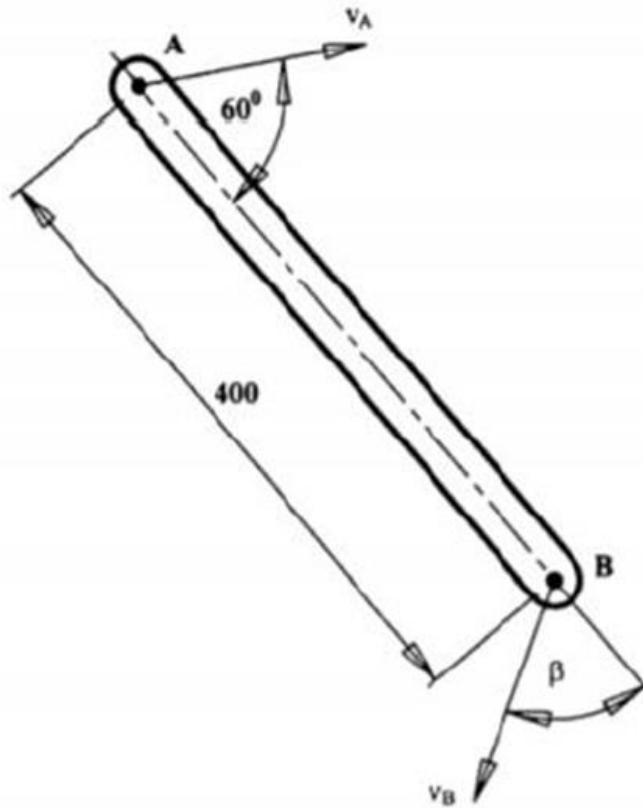


**תרגיל מספר 2**

לקצה A של החוליה AB, ברגע מסוים, מהירות  $V_A$  השווה 8 מ' לשנייה, והיא מכוונת בכיוון המתואר בתרשים. באותו רגע נע הקצה B של אותה חוליה במהירות  $V_B$  השווה 12 ט' לשנייה. פעולתה של מהירות הקצה B נטוי בזווית  $\beta$  (בטא) לציר החולה AB. אורך החוליה AB 400 מ"מ.

א. חשב את שיעורה של הזווית  $\beta$ .

ב. חשב את המהירות הזוויתית  $\omega$  של החוליה AB.

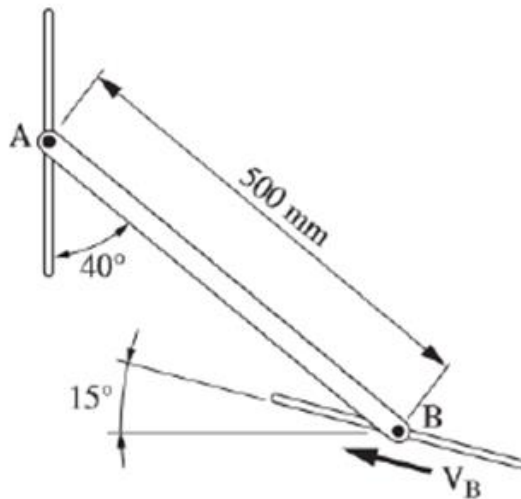


**תרגיל מספר 3**

למוט AB שבאיור לשאלה שני פינים בקצותיו. הפין A מחליק ללא חיכוך בחרוץ אנכי והפין B מחליק ללא חיכוך בחרוץ נטוי. במצב המתואר באיור הפין B נע במעלה החרוץ הנטוי במהירות  $V_B = 0.15 \text{ m/sec}$ .

א. חשב את המהירות הזוויתית של המוט AB.

ב. חשב את המהירות של הפין A.

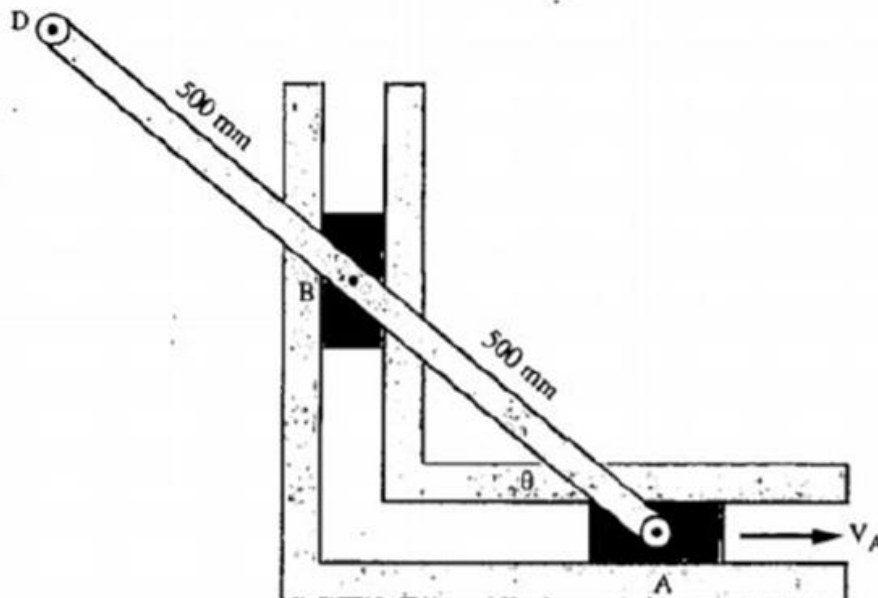


**תרגיל מספר 4**

מוט DBA מחובר באמצעות צירים למחליקים A ו-B הנעים במסילות. מחליק A נע אופקית ימינה במהירות  $V_A = 2 \text{ m/sec}$ .

במצב המתואר באיור לשאלה, המוט DBA נטוי ביחס למישור האופקי בזווית  $\theta = 40^\circ$ .

- א. חשב מהי המהירות הזוויתית של המוט ומה כיוונה.
- ב. חשב מהי מהירותו של מחליק B ומה כיוונה.
- ג. חשב מהי המהירות של נקודה D ומה כיוונה.



**תרגיל מספר 5**

בתרשים מתואר גלגל בעל רדיוס  $R$ . הגלגל מתגלגל על מישור אופקי, לאורך מסלול ישר, ללא החלקה. ברגע מסוים של התנועה, שווה מהירות מרכזו של הגלגל של  $30 \text{ V}$  מטרים לשנייה.

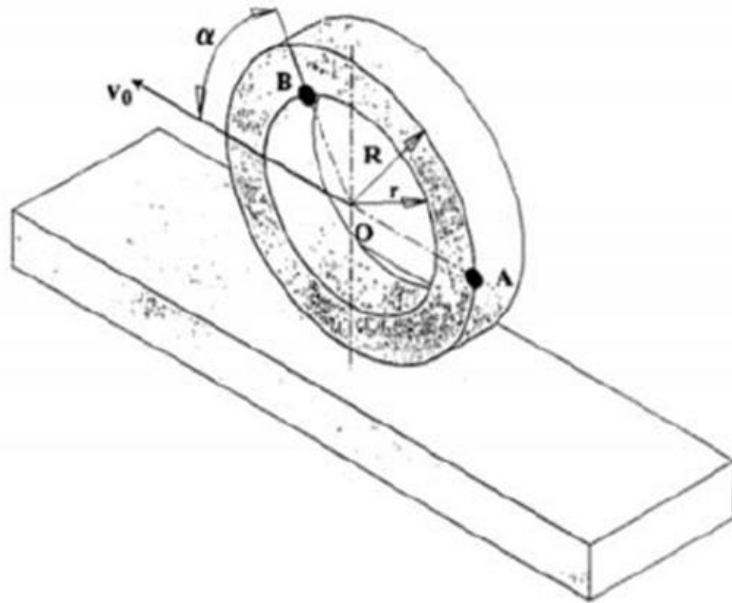
- א. חשב את המהירויות המוחלטות של הנקודות A ו-B ברגע זה.  
 ב. סמן בתרשים את כיווני המהירויות  $V_A, V_B$ .

נתון:

רדיוס הגלגל:  $R=800 \text{ mm}$ .

מרחק הנקודה B ממרכז הגלגל:  $r=500 \text{ m}$ .

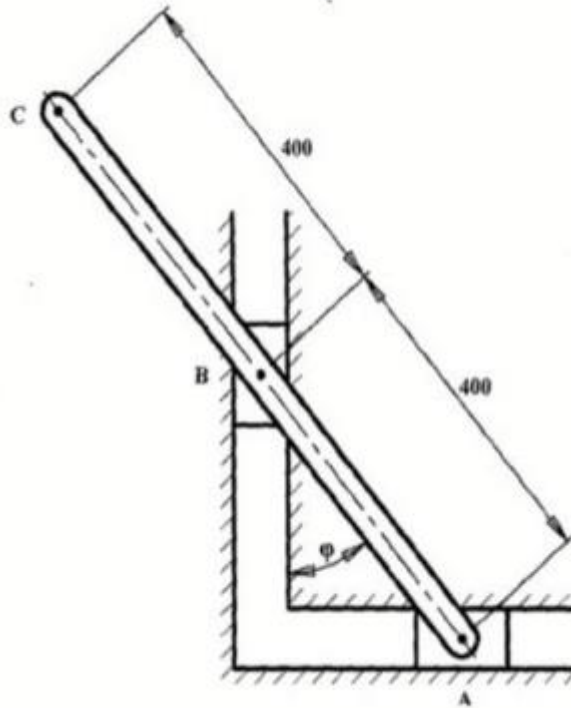
הזווית:  $\alpha=45^\circ$ .



תרגיל מספר 6

תנועת המוט AC מבוקרת ע"י מסלולי הזחלנים A ו-B. המהירות הזוויתית של המוט  $\omega$  היא 3 רדיאן לשנייה, נגד כיוון מחוגי השעון. כאשר הזווית  $\theta$  שווה  $40^\circ$ , חשב:

- את מהירויות הזחלנים A ו-B. כלומר את  $V_A, V_B$ .
  - את מהירות הנקודה C, כלומר  $V_C$  – שיעור וזווית כלפי הציר האופקי.
- סמן את כל המהירויות בציור. המידות נתונות בתרשים במ"מ.

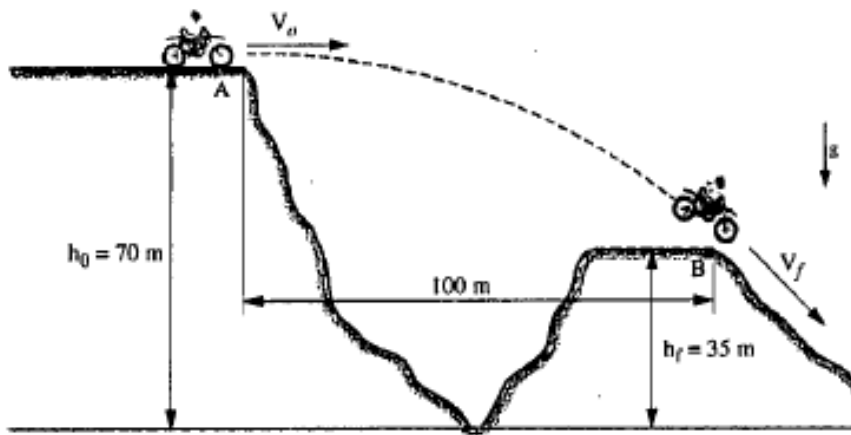




פרק 5 – תרגילי מבחנים בקינמטיקה

תרגיל מספר 1

אופנוען קופץ מנקודה A לנקודה B דרך העמק, כמתואר באיור לשאלה 4.  
בנקודה A מהירות האופנוע  $v_0$  היא אופקית.



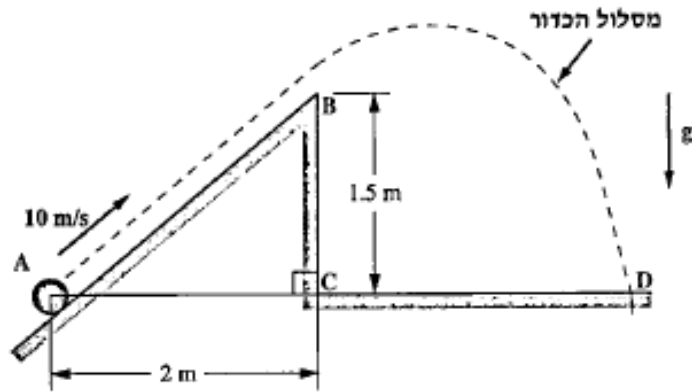
- א. חשב מהו זמן הקפיצה מ-A ל-B.
- ב. חשב מהי המהירות ההתחלתית  $v_0$  של האופנוע.
- ג. חשב מהי מהירות האופנוע  $v_f$  בנקודה B (שיעור וכיוון).

הערות:

- (1) התייחס לאופנוע ולאופנוען כנקודה חומרית אחת.
- (2) התעלם מהתנגדות האוויר.

תרגיל מספר 2

כדור שמסתו  $0.5 \text{ kg}$  נורק מנקודה A במהירות  $10 \text{ m/s}$  לאורך מישור משופע חלק ללא חיכוך, כמתואר באיור לשאלה 4. בנקודה B הכדור עוזב את המישור.

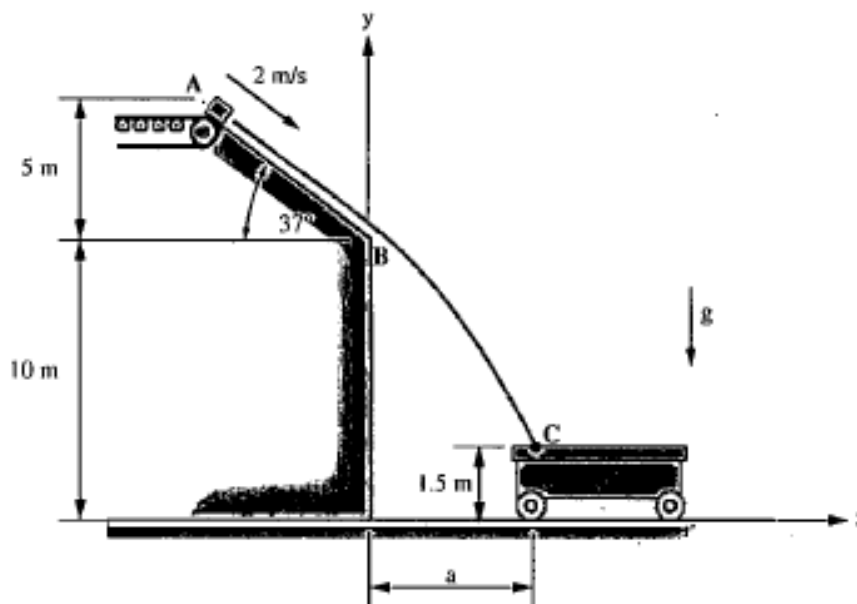


- א. חשב מהי מהירות הכדור בנקודה B.
- ב. חשב מה הגובה המרבי של הכדור על פני הקרקע במהלך תנועתו.
- ג. חשב מהו זמן תנועת הכדור מנקודה B עד פגיעתו בקרקע בנקודה D.
- ד. חשב מהי מהירות הכדור בנקודה D, בעת הגעתו לקרקע (שיעור וכיוון).

תרגיל מספר 3

ארגו שמסתו 5 kg נכנס למישור משופע בנקודה A במהירות  $2 \frac{m}{s}$ ; ומחליק על פני המישור המשופע באווית של  $37^\circ$ , כמתואר באיור לשאלה 4. מקדם החיכוך הקינטי בין הארגו ובין המישור המשופע הוא  $\mu_k = 0.2$ . בנקודה B הארגו עוזב את המישור המשופע, ונקודה C הוא נופל לעגלה הנמצאת על פני הקרקע. הערה: יש להתייחס לארגו כנקודה חומרית, ולהזניח את התנגדות האוויר.

- א. חשב את מהירות הארגו בנקודה B.
- ב. חשב כמה זמן נמשכת נפילת הארגו מנקודה B לנקודה C.
- ג. מהי מהירות הארגו בנקודה C (שיעור וכיוון)?
- ד. כדי שהארגו ייכנס לעגלה בנקודה C, מה צריך להיות המרחק המסומן באות a?



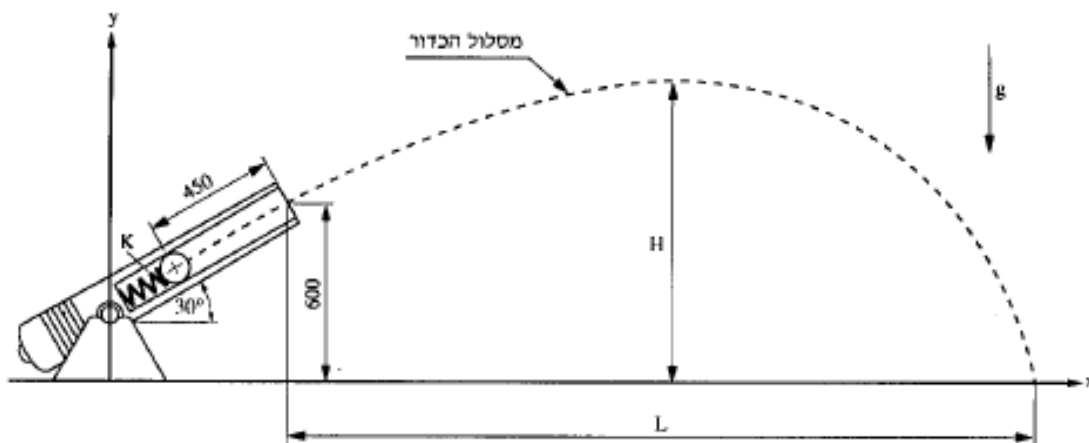
תרגיל מספר 4

כדור שמסתו  $m = 2 \text{ kg}$  נורה מתותח משחקי, כמתואר באיור לשאלה 4. מגננון הירי של התותח הוא קפיץ לחיצה שהקבוע שלו הוא:  $K = 5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ . במצב ההתחלתי, המתואר באיור, הקפיץ מתכווץ ב- $150 \text{ mm}$  ביחס למצבו החופשי, ומשתחרר בזמן הירי. קנה התותח נטוי בזווית  $30^\circ$  לקו האופק.

**הערות:**

1. יש להתייחס לכדור כנקודה חומרית; אין להביא בחשבון את החיכוך בקנה ואת התנגדות האוויר.
2. המידות באיור נתונות במילימטרים.

- א. חשב את מהירות הכדור ברגע שהוא יוצא מהקנה.
- ב. חשב מה הגובה המרבי  $H$  שאליו יגיע הכדור במהלך תנועתו.
- ג. חשב את הזמן של תנועת הכדור מרגע עזיבתו את הקנה ועד שפגע בקרקע.
- ד. חשב את המרחק  $L$ .



**תרגיל מספר 5**

מזוודה שמסתה 1.5 kg מחליקה על פני מישור משופע שזווית השיפוע שלו  $30^\circ$ . בנקודה A מהירותה של המזוודה שווה  $3 \text{ m/s}$ . בנקודה C, המזוודה נופלת מהמישור המשופע. מקדם החיכוך הקינטי בין המזוודה לבין המישור המשופע  $\mu_k = 0.25$ .

**הערה:**

1. התיחס למזוודה כנקודה חומרית.

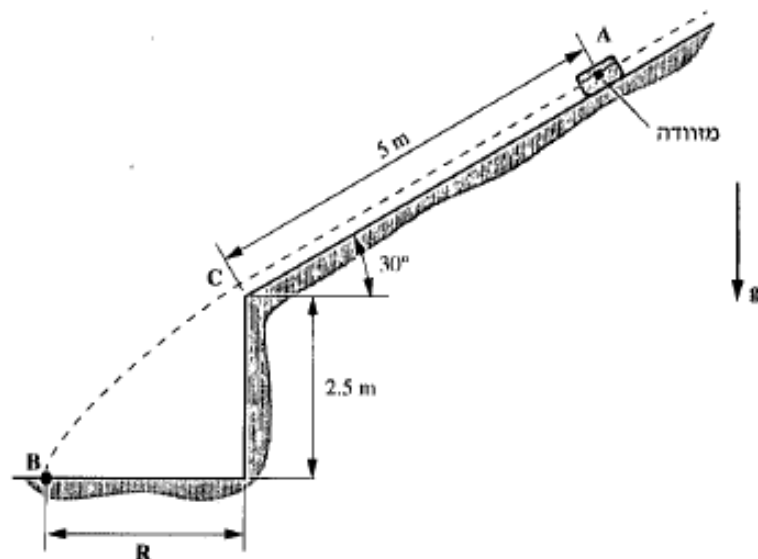
2. הזנח את התנגדות האוויר.

א. מהי מהירות המזוודה בנקודה C?

ב. מהו זמן נפילת המזוודה מנקודה C עד פגיעתה בקרקע בנקודה B?

ג. חשב את מהירות המזוודה בנקודה B (שיעור וכיוון)?

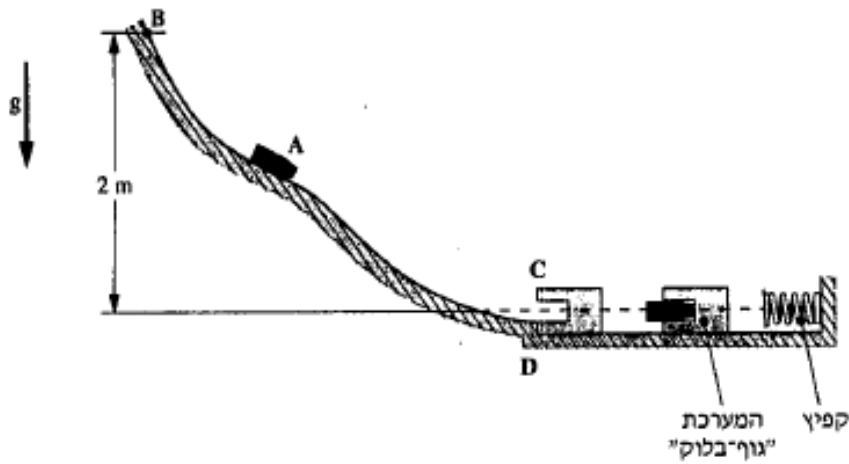
ד. חשב את המרחק המסומן באות R?



פרק 6 – תרגילי מבחנים בדינמיקה ואנרגיה

תרגיל מספר 1

גוף A שמסתו  $m_A = 0.8 \text{ kg}$  משוחרר ממצב מנוחה בנקודה B שבקצה העליון של מסלול עקום חסר חיכוך במישור אנכי, כמתואר באיור לשאלה 4. בקצה התחתון של המסלול, בנקודה D הגוף פוגע בבלוק C שמסתו  $m_C = 1.6 \text{ kg}$  ונתקע בו. לאחר הפגיעה נעה המערכת "גוף-בלוק" לאורך מישור אופקי חסר חיכוך שבקצהו נמצא קפיץ במצב רפוי. קבוע הקפיץ  $k = 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ .



- א. חשב את מהירותו של גוף A בנקודה D לפני פגיעתו בבלוק C.
- ב. חשב את מהירותה של המערכת "גוף-בלוק" מיד לאחר ההתנגשות.
- ג. חשב את ההתכווצות המרבית של הקפיץ לאחר שהמערכת "גוף-בלוק" פוגעת בו.

**תרגיל מספר 2**

רוכב אופניים מתחיל את תנועתו ממנוחה בנקודה A ונע במסלול אנכי עקום, כמתואר באיור לשאלה 4.



**הערות:**

1. הנח שהאופניים והרוכב הם נקודה חומרית אחת.
  2. הזנח את ההתנגדות לתנועה של המסלול ואת ההתנגדות של האוויר.
  3. הנח תאוצת הכובד  $g = 10 \text{ m/sec}^2$ .
- א. חשב את מהירות רוכב האופניים בנקודה B של המסלול.
  - ב. חשב את מהירות רוכב האופניים בנקודה C של המסלול.
  - ג. חשב את רדיוס העקמומיות המינימלי הנדרש של המסלול בנקודה C כדי שהאופניים לא יאבדו את המגע עם הקרקע.

תרגיל מספר 3

כדור שמשותו  $m = 2 \text{ kg}$  מחליק לאורך מוט ABC, הנמצא במישור אנכי. קטע AB של המוט הוא מעגלי וחסר חיכוך, ואילו קטע המוט האופקי BC הוא מחוספס עם מקדם חיכוך קינטי  $\mu_k = 0.15$ . משחררים את הכדור ממנוחה בנקודה A, הכדור מחליק לאורך המוט. בנקודה C עוזב הכדור את המוט, וממשיך במעופו עד לפגיעה בקרקע בנקודה D, כמתואר באיור לשאלה 4.

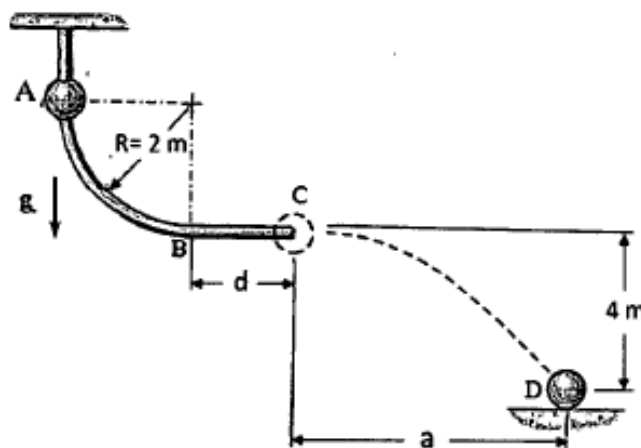
**הערות:**

- התייחס לכדור כנקודה חומרית, והזנח את התנגדות האוויר.
- הזנח את קוטר מוט ABC.

**נתונים:**

- רדיוס הקטע המעגלי של המוט AB  $R = 2 \text{ m}$
- אורך הקטע האופקי של המוט BC  $d = 2 \text{ m}$

- א. חשב את מהירות הכדור בנקודה B.
- ב. חשב את מהירות הכדור בנקודה C.
- ג. חשב את זמן נפילת הכדור מנקודה C עד לנקודה D.
- ד. חשב את מהירות הכדור בנקודה D (שיעור וכיוון).
- ה. חשב את המרחק a.



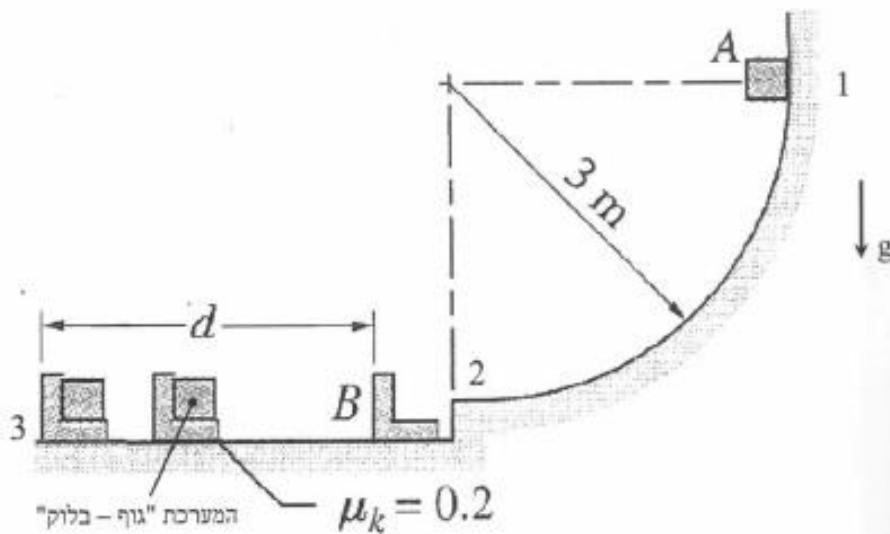


תרגיל מספר 4

גוף A שמסתו  $m_A = 1 \text{ kg}$  משוחרר ממצב מנוחה בנקודה 1 שבקצה העליון של מסלול מעגלי חסר חיכוך במישור אנכי, כמתואר באיור לשאלה 4. רדיוס המסלול  $R = 3 \text{ m}$ . בקצה התחתון של המסלול, בנקודה 2 הגוף פוגע בבלוק B שמסתו  $m_B = 2 \text{ kg}$  ונתקע בו. לאחר הפגיע נעה המערכת "גוף - בלוק" לאורך מישור אופקי מחוספס בעל מקדם חיכוך קינטי  $\mu_k = 0.2$  בין המישור לבין הבלוק. בנקודה 3 של המישור האופקי המערכת "גוף - בלוק" נעצרת.

- חשב את מהירותו של גוף A בנקודה 2 לפני פגיעתו בבלוק B.
- חשב את מהירותה של המערכת "גוף - בלוק" מיד לאחר ההתנגשות.
- חשב את המרחק  $d$  שעוברת המערכת "גוף - בלוק" מרגע ההתנגשות עד עצירתה.

הערה: להזניח את מימדי הגופים ולהתייחס להם כנקודות חומריות



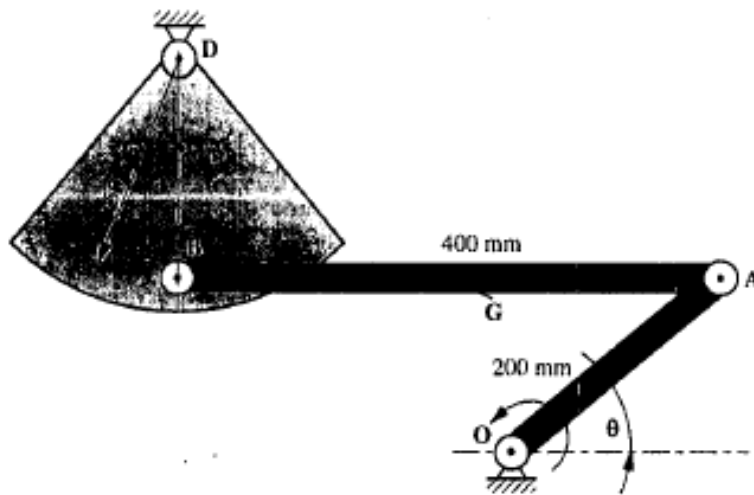
פרק 7 – תרגילי מבחנים במרכז סיבוב רגעי

תרגיל מספר 1

במנגנון המתואר באיור לשאלה 5, מוט OA מסתובב סביב ציר O במהירות זוויתית  $\omega_{OA} = 4 \text{ rad/s}$  נגד כיוון השעון. בנקודה A, באמצעות ציר מחובר למוט OA, מוט AB, קצה B של המוט AB מחובר גם באמצעות ציר לגזרה המסתובבת סביב ציר D.

אורכי המוטות:  $OA = 200 \text{ mm}$  ;  $AB = 400 \text{ mm}$

במצב המתואר באיור, כאשר זווית  $\theta = 45^\circ$ , המוט AB הוא אופקי וקו DB של הגזרה הוא אנכי.

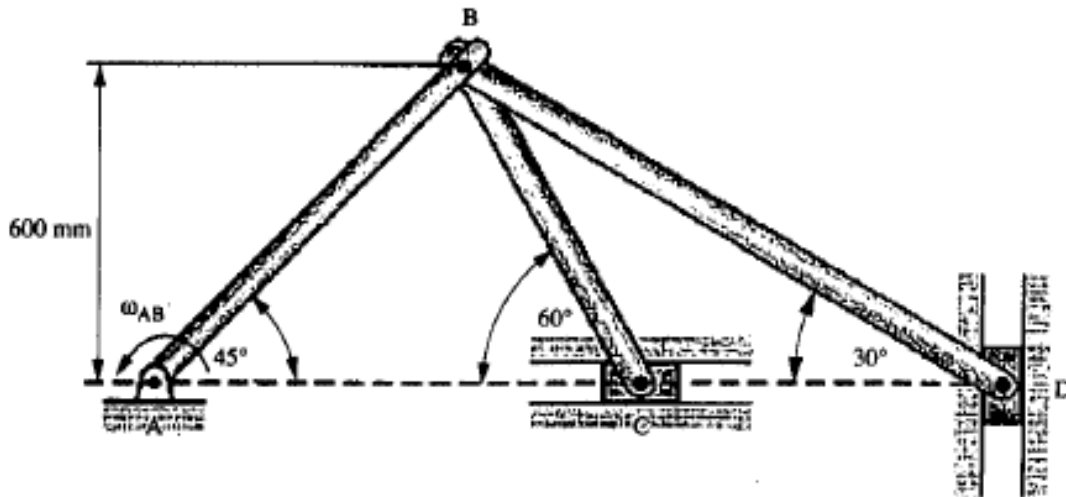


ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.

- א. סרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של מוט AB.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של המוט AB.
- ג. חשב את המהירות הזוויתית של הגזרה.
- ד. חשב את המהירות בנקודה G הנמצאת באמצע המוט AB.

תרגיל מספר 2

במנגנון המתואר באיור לשאלה 5, מוט AB מסתובב במהירות זוויתית  $\omega_{AB} = 8 \text{ rad/s}$  נגד כיוון השעון. בנקודה B מחוברים למוט AB, באמצעות הציר, שני מוטות: BC ו-BD. הקצה האחר של מוט BC מחובר למחליק הנע לאורך מסילה אנכית, והקצה האחר של מוט BD מחובר למחליק הנע לאורך מסילה אנכית.

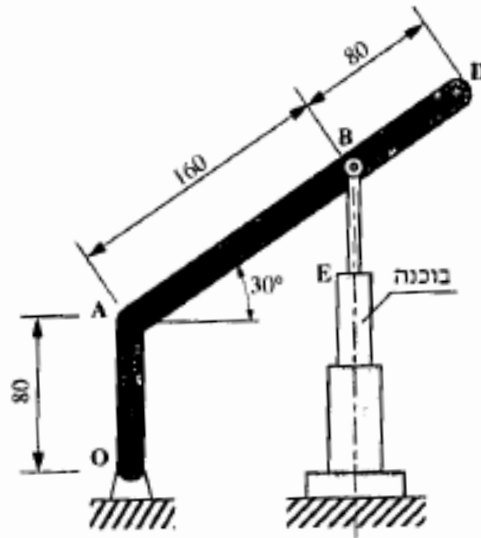


- א. חשב את המהירות של נקודה B.
- ב. סרטט את מיקומם של מרכזי הסיבוב הרגועים של כל אחד משני המוטות BC ו-BD.
- ג. חשב את המהירויות הזוויתיות של כל אחד משני המוטות BC ו-BD.
- ד. חשב את המהירויות של כל אחד משני המחליקים.

הערה: ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.

תרגיל מספר 3

המנגנון המתואר באיור לשאלה 5 בנוי מארכובה OA, מוט AD ובוכנה E. הארכובה OA סובבת סביב ציר O ומחוברת באמצעות ציר A למוט AD. מוט הבוכנה EB נע בכיוון אנכי ומחובר באמצעות ציר B למוט AD. במצב הנתון, כאשר הארכובה OA אנכית, ומוט AD נטוי בזווית  $30^\circ$  לאופק, המהירות של מוט הבוכנה EB שווה  $\frac{100}{5}$  מ"מ/ש כלפי מעלה.



הערה: המידות באיור נתונות במ"מ.

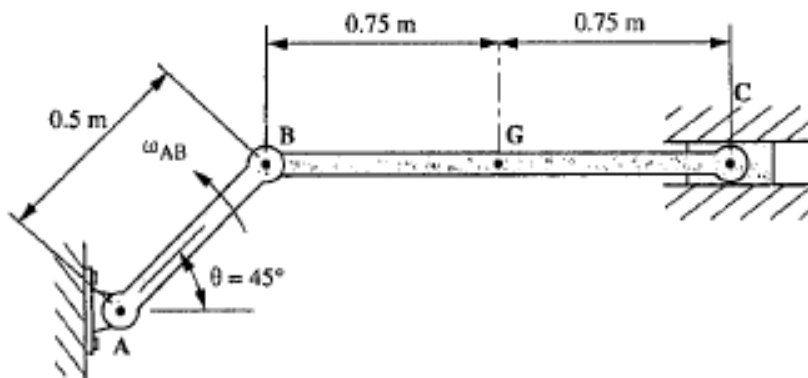
- א. חשב את המהירות הזוויתית של המוט AD. ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של הארכובה OA. ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.
- ג. חשב את המהירות של נקודה D בקצה המוט AD. ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.

תרגיל מספר 4

במנגנון המתואר באיור לשאלה 5, ארכובה AB מסתובבת סביב ציר A במהירות זוויתית  $\omega_{AB} = 3 \text{ rad/s}$  נגד כיוון השעון. מוט BC מחובר לארכובה AB באמצעות ציר בנקודה B. הקצה C של המוט BC מחובר גם באמצעות ציר למחליק C, הנע לאורך מסילה אופקית.

אורכי המוטות:  $BC = 1.5 \text{ m}$ ,  $AB = 0.5 \text{ m}$

במצב המתואר באיור הזווית הארכובה היא  $\theta = 45^\circ$ , המוט BC הוא אופקי, ולצורך החישובים יש להתייחס למצב המתואר בלבד.

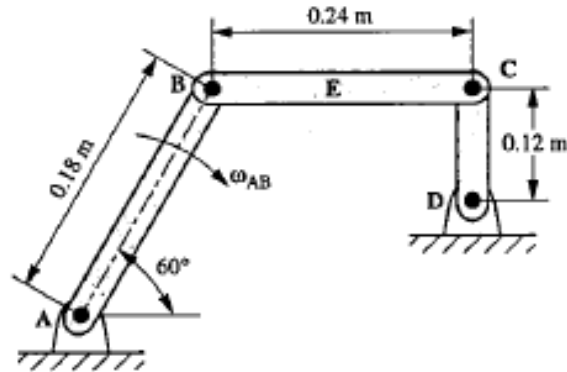


- א. סרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של מוט BC.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של המוט BC.
- ג. חשב את מהירות המחליק במצב הנתון באיור.
- ד. חשב את המהירות של נקודה G, הנמצאת באמצע המוט BC.

ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.

תרגיל מספר 5

במנגנון המתואר באיור לשאלה 5, מוט AB מסתובב סביב ציר קבוע A במהירות זוויתית  $\omega_{AB} = 20 \text{ rad/sec}$  בכיוון השעון. מוט BC מחובר למוט AB באמצעות ציר בנקודה B. הקצה השני של מוט BC מחובר גם באמצעות ציר לארכובה CD, המסתובבת סביב ציר קבוע D. במצב המתואר באיור, ארכובה CD אנכית ומוט BC אופקי:



הערה: ציין ערך וכיוון לכל התוצאות.

- א. סרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של מוט BC.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של מוט BC.
- ג. חשב את המהירות הזוויתית של הארכובה CD.
- ד. חשב את המהירות של נקודה E הנמצאת באמצע המוט BC.

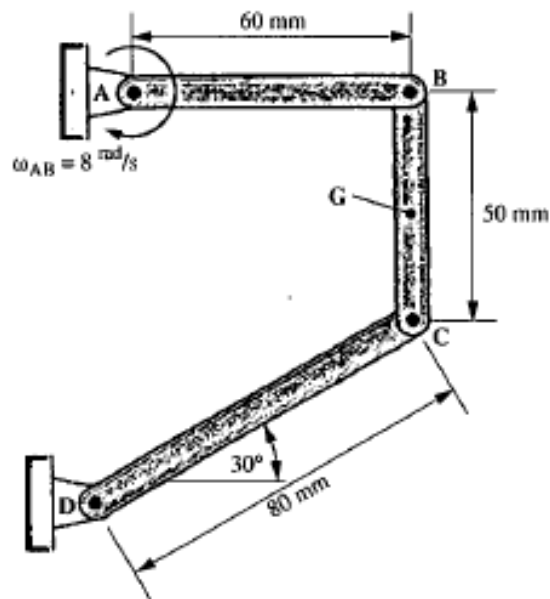
תרגיל מספר 6

המנגנון המתואר באיור לשאלה 5 בנוי מארכובה AB ומשני מוטות: מוט BC ומוט CD. הארכובה AB סובבת סביב ציר A ומחוברת באמצעות ציר B למוט BC. הקצה האחר של המוט BC מחובר באמצעות ציר C למוט CD הסובב סביב ציר D.

אורכי המוטות:  $AB = 60 \text{ mm}$ ,  $BC = 50 \text{ mm}$ ,  $CD = 80 \text{ mm}$ .

במצב זה, כאשר הארכובה AB אופקית, מוט BC ניצב לארכובה ומוט DC נטוי ב- $30^\circ$  לאופק, המהירות הזוויתית של הארכובה היא  $8 \text{ rad/s}$ , בכיוון המסומן באיור.

- א. סרטט את המיקום של מרכז הסיבוב הרגעי של המוט BC.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של המוט BC.
- ג. חשב את המהירות הזוויתית של המוט CD.
- ד. חשב את המהירות של נקודה G הנמצאת באמצע המוט BC.



תרגיל מספר 7

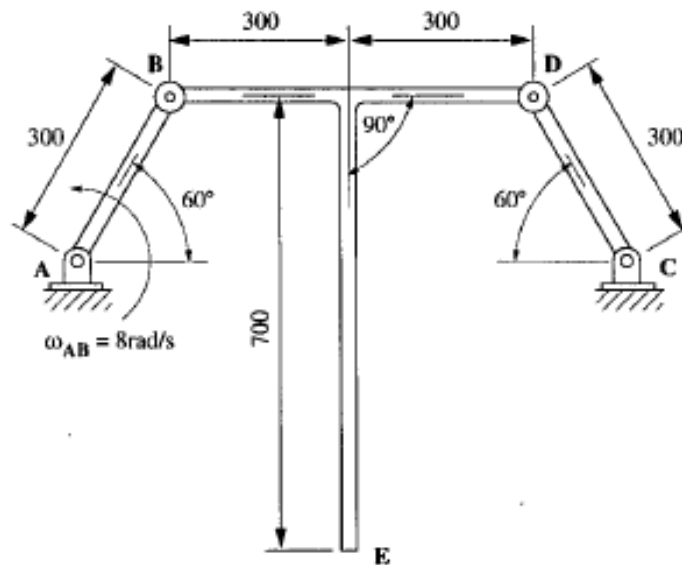
במנגנון המתואר באיור לשאלה 5, מוט AB מסתובב סביב ציר A במהירות זוויתית  $\omega_{AB} = 8 \text{ rad/s}$ , נגד כיוון השעון. גוף BDE מחובר באמצעות ציר למוט AB בקצה B, ובקצה D, הוא מחובר באמצעות ציר למוט DC. מוט DC מסתובב סביב ציר C.

המידות של חוליות המנגנון נתונות באיור לשאלה 5. במצב המתואר באיור קטע BD של הגוף BDE הוא אופקי.

**הערות:**

1. לכל התוצאות ציין ערך וכיוון.
2. המידות באיור נתונות במילימטרים.

- א. סרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של הגוף BDE.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של הגוף BDE.
- ג. חשב את המהירות הזוויתית של המוט DC.
- ד. חשב את המהירות של נקודה E בגוף BDE.





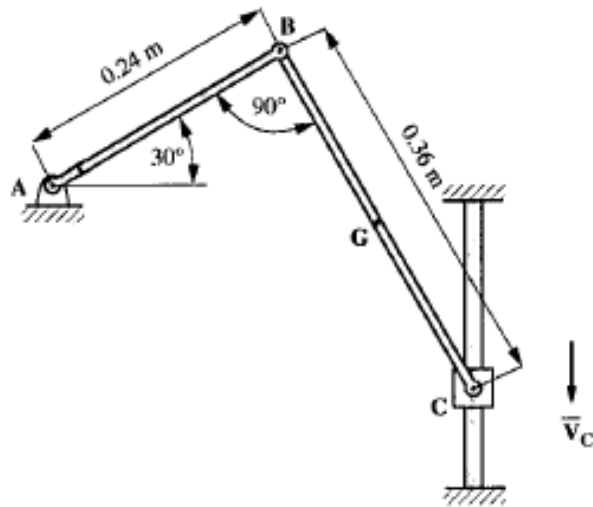
**תרגיל מספר 8**

באיור לשאלה 5 מתואר מנגנון הבנוי מארכובה AB, מוט BC ומחליק C. הארכובה AB סובבת סביב ציר A ומחוברת באמצעות ציר B למוט BC. קצה שני של המוט BC מחובר באמצעות ציר למחליק C הנע לאורך מסילה אנכית.

אורכי המוטות:  $AB = 0.24 \text{ m}$ ,  $BC = 0.36 \text{ m}$

במצב המתואר באיור, כאשר הארכובה נטויה בזווית  $30^\circ$  לאופק ומוט BC ניצב לארכובה, מהירות המחליק C היא  $2 \text{ m/s}$  כלפי מטה.

- א. העתק את התרשים למחברתך וסרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של המוט BC.
- ב. חשב את המהירות הזוויתית של המוט BC.
- ג. חשב את המהירות הזוויתית של הארכובה AB.
- ד. חשב את המהירות של נקודה G הנמצאת באמצע המוט BC.



תרגיל מספר 9

המנגנון המתואר באיור לשאלה 5 בנוי מארכובה AB, מוט BC ובוכנה C. הארכובה AB סובבת סביב ציר A ומחוברת בנקודה B, באמצעות ציר, למוט BC. הקצה האחר של מוט BC, מחובר, באמצעות ציר, לבוכנה C, הנעה בכיוון אנכי.

במצב המתואר באיור, הארכובה AB אנכית, מוט BC נטוי בזווית  $\theta = 30^\circ$  לאופק, ומהירות הבוכנה C היא  $2 \frac{m}{s}$  בכיוון המסומן באיור.

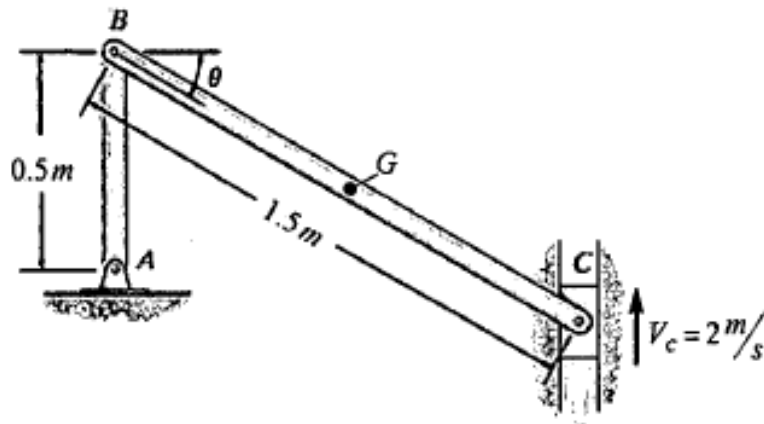
א. שרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של מוט BC.

ב. חשב את המהירות הזוויתית של מוט BC.

ג. חשב את המהירות הזוויתית של הארכובה AB.

ד. חשב את מהירות של נקודה G, הנמצאת באמצע מוט BC.

ציין ערך וכיוון לתוצאות המחושבות בסעיפים ב, ג, ו-ד.

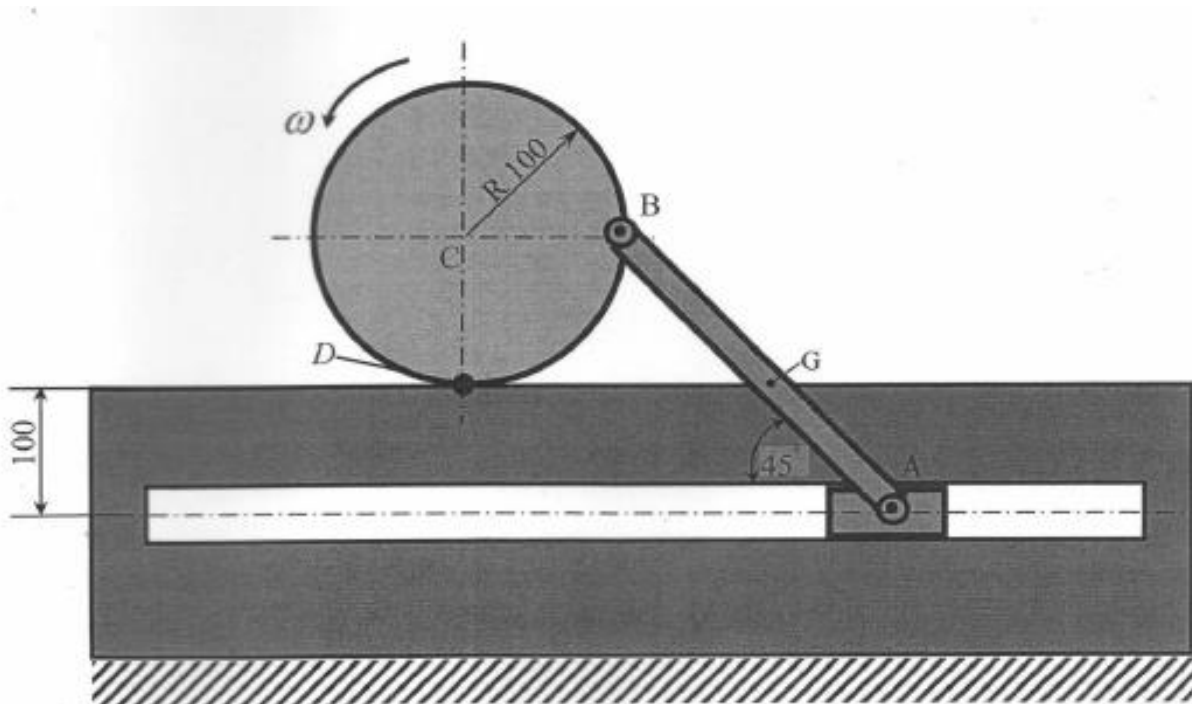


תרגיל מספר 10

מנגנון המתואר באיור לשאלה 5 בנוי מגלגל, ממוט AB וממחליק A. הגלגל שרדיוסו  $R = 100 \text{ mm}$  מתגלגל ללא החלקה במישור אופקי. מוט AB מחובר באמצעות צירים בנקודות B ו-A לגלגל ולמחליק A הנע לאורך מסילה אופקית חסרת חיכוך. במצב המתואר באיור, כאשר מוט AB נטוי בזווית  $45^\circ$  למסילת המחליק, הגלגל מתגלגל שמאלה במהירות זוויתית  $\omega = 15 \text{ rad/s}$ .

במצב זה:

- סרטט את מיקומו של מרכז הסיבוב הרגעי של מוט AB.
- חשב את המהירות הזוויתית של מוט AB.
- חשב את מהירות המחליק A.
- חשב את המהירות של נקודה G הנמצאת באמצע של המוט AB.



הנחיה: מכיוון שהגלגל מתגלגל ללא החלקה נקודה D הינה מרכז סיבוב רגעי לגלגל