מסמך הכנה מסכם לבגרות מכניקה תשפ"ו

גרסה 7.3.2 עדכון: 4.10.25 להורדת מסמך מעודכן

- מסמך זה הוכן למנויי YouCube לקראת בחינת הבגרות במכניקה.

המסמך מכיל סיכומים ותרגילי הכנה שנכתבו כהכנה לבחינה, קישורים לפעילויות אינטראקטיביות ולאוגדני הפתרונות של שאלות הבגרות.

בחופשת הקיץ הקרובה נקיים קורס קיץ בהיקף של 60 שעות לשיפור ציון המגן (הציון השנתי) , לפרטים והרשמה היכנסו *לתכנית הגנרלית*.

- מערכות ה-YouCube אינן פעילות בשבתות ובמועדי ישראל.

בברכת למידה פורייה ומהנה.

צוות YouCube

support@youcube.co.il

אודות מסמך ההכנה:

לתלמידי הפיזיקה בתיכון יש משימות רבות ולוחות זמנים מאתגרים. כדי לעזור לתלמידי הפיזיקה המנויים במערכת ה- YouCube במהלך השנה ובמיוחד לקראת תקופת הבגרויות ריכזנו במסמך זה את קבצי הסיכום והתרגול ואת כל הקישורים החשובים.

סיכום פסיפס – מסמך המכיל תמצית שיטתית של הידע והעקרונות הפיזיקליים הנלמדים בכל נושא. המסמך מכיל **הגדרות**, **דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו.**

לפני תרגול שאלות הבגרות בנושא מסוים חשוב לעבור על סיכום הפסיפס של אותו נושא ולהבין היטב את הידע הרלוונטי ואת העקרונות הפיזיקליים של הנושא.

הבנת הידע והעקרונות הפיזיקליים הם הבסיס להצלחה בלימודי הפיזיקה.

פרקטיקות – מסמך לתרגול מדורג לפיתוח המיומנויות הדרושות בכל נושא. המסמך מכיל **תיאור מקרה**, **חישוב נדרש**, **העקרונות הפיזיקליים**, **תשובה סופית** , **הערות חשובות** וקישור לפתרון מלא. תרגולי הפרקטיקות הם מקיפים ומדורגים מומלץ לתרגל את קבצי הפרקטיקות אחרי שהבנתם את סיכום הפסיפס ולפני תרגול שאלות הבגרות.

אלבומי פתרונות- אוגדני פתרונות לכל סעיף בשאלות הבגרות. האוגדנים מכילים: **תשובה סופית**, **אסטרטגיה**, **פתרון מלא ושימו לב.**

בעזרת אוגדני הפתרונות של שאלות הבגרות תלמידים יכולים להפיק את מירב התובנות משאלות הבגרות.

תרגול אינטראקטיבי – להבנת העקרונות הפיזיקליים פותחו שאלות אינטראקטיביות מסכמות הכוללות אנימציות, משובים, רמזים ופתרונות מלאים.

בבחינה בפיזיקה אתם נבחנים על שני דברים עיקריים:

1. היכולת לקשר בין הסיטואציה המתוארת בשאלה לעקרונות הפיזיקליים הרלוונטיים לפתרון השאלה.

יכולת זו תלויה בהבנת העקרונות ובהבנת השאלה - ככל שתבינו את העקרונות בצורה טובה יותר כך תדעו באיזה עיקרון להשתמש.

2.היכולת לכתוב פתרון מלא מפורט ומדויק המתבסס על העקרונות הפיזיקליים.

יכולת זו תלויה במיומנויות רבות כגון: עריכת תרשים כוחות תקין, כתיבת משוואות תנועה. מיומנויות גרפיות - קביעת הישר המסתבר ביותר (בעזרת סרגל בלבד), חישוב שיפוע הגרף והשטח התחום . הקפדה על רישום יחידות מידה ועוד.

השתמשו בסיכום הפסיפס להבנת העקרונות, בקבצי הפרקטיקות לשיפור המיומנויות ובאלבומי הפתרונות לתרגול מעמיק של שאלות הבגרות.

הדף הראשי (הדף הבא) מחולק לנושאים, בכל נושא קיימים קישורים ישירים לסיכום הפסיפס , קבצי הפרקטיקות , אלבומי הפתרונות ותרגול האינטראקטיבי.

תחזית לשאלות הבגרות בתשפ"ו

שאלוני הבגרות

טיפים לקראת מבחן הבגרות

דף ראשי

קינמטיקה בקו ישר

סיכום פסיפס קינמטיקה בקו ישר

פרקטיקות -1 פונקציות

פרקטיקות -2 גרפים איכותי

פרקטיקות -3 גרפים כמותי

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס קינמטיקה בקו ישר

תרגול מסכם קינמטיקה בקו ישר

תנע ושימורו

סיכום פסיפס תנע ושימורו

פרקטיקות תנע ושימורו

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס תנע ושימורו

קינמטיקה במישור

סיכום פסיפס קינמטיקה במישר

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס זריקה אופקית

קורס זריקה משופעת

אנרגיה ושימורה

סיכום פסיפס אנרגיה ושימורה

פרקטיקות -1 משפט עבודה אנרגיה

פרקטיקות -2 עבודת כוח לא משמר

פרקטיקות -3 מסילות אנכיות

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס אנרגיה ושימורה

דינמיקה בקו ישר

סיכום פסיפס דינמיקה בקו ישר

פרקטיקות -1 גוף בודד

פרקטיקות -2 תנועת שני גופים

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס חוק שני קורס חוק ראשון

תרגול מסכם מערכת רב גופית

תנועה הרמונית פשוטה

הנושא לא נכלל בבגרות תשפ"ו

תנועה מעגלית

סיכום פסיפס תנועה מעגלית

פרקטיקות תנועה מעגלית

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס תנועה מעגלית

תרגול מסכם תנועה מעגלית

כבידה

סיכום פסיפס כבידה

פרקטיקות -1 חוקי ניוטון

פרקטיקות -2 שיקולי אנרגיה

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות

קורס כבידה - חוק כבידה אוניברסלי

קורס כבידה – שיקולי אנרגיה

תחזית השאלות למבחן הבגרות במכניקה תשפ"ו

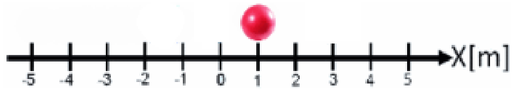
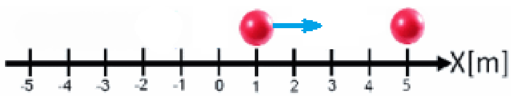
התחזית מבוססת על המיקוד שפורסם השנה ב 9.9.25 תחזית זו הינה הערכה בלבד.

	נושא השאלה	סוגי שאלות בנושא זה	הערות
שאלה 1	**לא פורסם מיקוד לשאלה הראשונה. על סמך בחינות קודמות קיימת סבירות גבוהה לשאלה בנושא קינמטיקה.**	**א- גוף בודד הנע בתנועות שונות.** **ב- שני גופים הנעים בתנועות אנכיות (בנפילה חופשית).** **ג- שני גופים הנעים בתנועות אופקיות.** **ד- תרשים עקבות או טבלת מיקום זמן.**	**נושא הקינמטיקה בקו ישר יחסית פשוט אך השאלות הן לרוב מאתגרות! לא מומלץ לבנות על שאלת הקינמטיקה.**
שאלות 2,3,4,5 **לא פורסם מיקוד לשאלות אלו. השאלות יכללו מספר נושאים (בשאלות נפרדות או משלבות).**	**זריקה אופקית וזריקה משופעת.**	**א- תנועת גוף בודד .** **ב- תנועת שני גופים, אחד הגופים נע בזריקה אופקית.**	**בהתאם למיקוד תשפ"ה נושא זריקה משופעת לא נכלל בבגרות. במיקוד החדש לתשפ"ו נכלל גם נושא הזריקה משופעת.**
	דינמיקה בקו ישר.	**א- גוף בודד מתמיד.** **ב- גוף בודד לא מתמיד.** **ג- מערכת רב גופית מתמידה.** **ד-מערכת רב גופית לא מתמידה.** **ה- משקל מדומה.**	**כל שנה בעשר השנים האחרונות הייתה שאלה נפרדת בדינמיקה בקו ישר. לרוב השאלות עוסקות במקרים בהם הגופים לא מתמידים.**
	תנועה מעגלית.	**א- תנועה מעגלית קצובה עם סף תנועה.** **ב- תנועה מעגלית קצובה ברדיוס משתנה התלוי במהירות הגוף.**	**למעט שנה שעברה כל השאלות בעשר השנים האחרונות בנושא תנועה מעגלית עסקו בסף תנועה.**
	תנע ושימורו	**א- גוף מתנגש בקיר או בחיישן.** **ב- התנגשות או התפוצצות או רתע חד מימדי.** **ג- שימור תנע בכיוון אחד.**	**נושא התנע לא אינטואיטיבי ,אך השאלות יחסית קלות וצפויות.** **בהתאם למיקוד תשפ"ו לא תהיה בבגרות שאלה בנושא שימור תנע דו מימדי .**

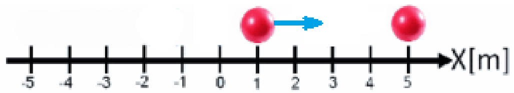
	אנרגיה מכנית ושימורה	א- גוף נע על משטח לא חלק. ב-גוף נע על מסילה חלקה. כולל לולאה אנכית. ג-שני גופים מתנגשים אלסטית. ד- תנועת גוף בהשפעת כוח הקפיץ.	נושא האנרגיה מאוד מרכזי במכניקה. כמעט בכל שנה יש שאלה בנושא האנרגיה היו שנים שהיו שתי שאלות. הנושא חשוב גם לשאלות 5 ו-6. במיקוד השנה חזר נושא שימור אנרגיה בלולאה אנכית.
שאלה 6	כבידה	א- גוף נע בקו ישר בהשפעת כוח הכבידה האוניברסלי. ב-גוף נע בתנועה מעגלית לוויינית בהשפעת כוח הכבידה האוניברסלי.	השנה אין מיקוד בפרק הכבידה. השאלה יכולה לעסוק במגוון נושאים. העקרונות לפתרון השאלה יכולים להתבסס על משוואות התנועה או על שיקולי אנרגיה. בנושא הכבידה אנחנו משתמשים בעקרונות שנלמדו בנושאים קודמים, כמעט ואין עקרונות פיזיקליים חדשים . תלמיד שיודע לכתוב משוואות תנועה ומכיר את עקרונות האנרגיה יוכל להבין היטב את נושא הכבידה.

סיכום פסיפס קינמטיקה בקו ישר

סיכום פסיפס קינמטיקה בקו ישר – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

גודל פיזיקלי ויחידות מידה (Cube 1)	גודל פיזיקלי הוא תיאור כמותי (מספרי) של תכונות הגוף והשפעותיו. דוגמאות לגדלים פיזיקליים: מיקום, מסה, כוח, מהירות, תאוצה, זמן, אנרגיה. 1. הגודל הפיזיקלי מתואר ככפולה של יחידת מידה. יחידות המידה הבסיסיות הן: מטר וק"ג לשנייה. 2. כל שאר יחידות המידה בפיזיקה הן צירוף של יחידות המידה הבסיסיות.
קינמטיקה (Cube 1)	תחום בפיזיקה העוסק בתיאור התנועה. נעסוק בשני סוגי תנועות: תנועה במהירות קבועה ותנועה בתאוצה קבועה. דוגמה לתנועה במהירות קבועה - מכונית הנוסעת בקו ישר במהירות שגודלה קבוע. דוגמה לתנועה בתאוצה קבועה - גוף משוחרר ונופל בנפילה חופשית. 1.כדי לתאר את התנועה נשתמש בגדלים הפיזיקליים: מקום, זמן, מהירות ותאוצה. 2.לכל תנועה יש מיקום התחלתי, מיקום סופי וזמן תנועה. 3.בקינמטיקה בקו ישר עוסקים בשני סוגי תנועות עיקריות: מהירות קבועה ותאוצה קבועה.
הגדרת המיקום (Cube 1)	מיקום הוא גודל פיזיקלי המתאר את המיקום בו נמצא הגוף ביחס לציר תנועה נבחר. המיקום מסומן על־ידי X ונמדד ביחידות של מטר [m]. ערך המיקום יכול להיות שלילי. דוגמה: באיור הבא מתואר גוף שמיקומו ביחס לציר הוא $X=1m$. 
הגדרת הֶעְתֵּק (Cube 1)	הֶעְתֵּק הוא גודל פיזיקלי המתאר את השינוי במיקום הגוף. ההעתק מסומן על־ידי ΔX ונמדד ביחידות של מטר [m]. ההעתק מוגדר בהתאם למיקום ההתחלתי X_0 ולמיקום הסופי X באופן הבא: $\boxed{\Delta X = X - X_0}$ 1.ההעתק הוא המרחק הקצר ביותר בין נקודת תחילת התנועה לנקודת סיום התנועה. בשונה מהעתק הדרך מתארת את כל אורך המסלול לאורכו נע הגוף. 2. מהגדרת ההעתק כאשר ערך המיקום הסופי קטן מערך המיקום ההתחלתי ההעתק הוא שלילי . לכן, כאשר הגוף נע נגד כיוון הציר העתק התנועה הוא שלילי. דוגמה: באיור הבא מתואר גוף הנע ממיקום $X=1m$ למיקום $X=5m$. נחשב את העתק תנועת הגוף: $\Delta X = X - X_0 = 5 - 1 = 4m$ 

סיכום פסיפס קינמטיקה בקו ישר – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

אנליזת ממדים (Cube 2)	**אנליזת ממדים היא פעולת התבוננות ביחידות המידה של הביטוי הפיזיקלי, כדי לבחון את תקפות הביטוי.** **כשם שבחיי היום יום אין משמעות לחיבור, חיסור או השוואה בין עצמים או תיאורים שונים (כמו שלוש עגבניות פחות 2 תפוחים), כך גם בפיזיקה, ניתן לבצע פעולות חיבור, חיסור או השוואה רק בין גדלים פיזיקליים בעלי יחידות מידה זהות.** **דוגמה: המשוואה $X = V + t$ היא לא תקינה, כיוון שלא ניתן לחבר בין מהירות לזמן. שיחידות המידה של צידה הימני הן מטר ויחידות המידה של צידה השמאלי הן קילוגרם - המשוואה לא תקינה מבחינת יחידות המידה, ולכן לא ניתן להשתמש בה בפיזיקה.** **בשונה מהיום יום, בפיזיקה ניתן לבצע פעולות כפל וחילוק בין גדלים פיזיקליים שונים.** **כך למשל, ניתן להכפיל את מהירות הגוף בזמן התנועה.** **כל נוסחה, הגדרה, ביטוי או פונקציה בפיזיקה חייבים להיות תקינים מבחינת אנליזת ממדים.**
יחס ישר ויחס הפוך (Cube 2)	**פעמים רבות הקשר בין הגדלים הפיזיקליים מאוד פשוט מבחינה לוגית, קיימים שני קשרים לוגיים נפוצים בפיזיקה: יחס ישר ויחס הפוך.** **קשר לוגי יחס ישר:** אם Y תלוי ב- X כך שאם X גדל פי 2 גם Y <u>גדל</u> בדיוק פי 2 - אז Y תלוי ב- X ביחס ישר. **דוגמה: תלמיד רכש חפיסות בוטנים, מספר הבוטנים שרכש תלוי ביחס ישר במספר החפיסות שנרכשו.** **קשר לוגי יחס הפוך:** אם Y תלוי ב- X כך שאם X גדל פי 2 אז Y <u>קטן</u> בדיוק פי 2 - אז Y תלוי ב- X ביחס הפוך. **דוגמה: תלמיד מעוניין לחלק בוטנים לחבריו בחלקה שווה. כמות הבוטנים שכל חבר יקבל תלויה ביחס הפוך במספר החברים.** **בעזרת הקשרים הלוגים הוגדרו חלק גדול מהגדלים הפיזיקליים.**
הגדרת המהירות (Cube 3)	**המהירות היא גודל פיזיקלי המתאר את קצב השינוי במיקומו של הגוף. היא מסומנת על־ידי V ונמדדת ביחידות של מטר לשנייה $[\frac{m}{s}]$.** **המהירות מוגדרת בהתאם להעתק התנועה ולזמן התנועה, באופן הבא:** $\boxed{V = \frac{\Delta X}{\Delta t}}$ **המהירות מוגדרת באופן לוגי, ביחס ישר להעתק וביחס הפוך לזמן התנועה.** **2.משמעות המהירות: ההעתק שעובר הגוף בשנייה אחת.** **3.יחידות קמ"ש הן גם יחידות של מהירות, אבל הן יחידות לא תקניות. כדי לעבור מקמ"ש למטר לשנייה, יש לחלק ב-3.6.** **דוגמה: באיור הבא מתואר גוף הנע ממיקום X=1m למיקום X=5m, במשך 2 שניות.** **נחשב את מהירות הגוף:**  $V = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{4}{2} = 2\frac{m}{s}$

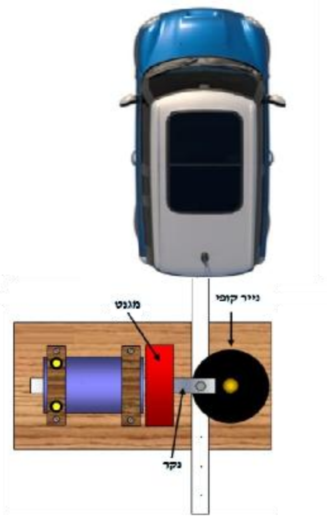
יחידות המהירות קמ"ש (Cube 3)	יחידות קמ"ש הן יחידות טכנולוגיות נפוצות. ראשי התיבות קמ"ש הן קילומטר לשעה. מהירות הנמדדת ביחידות של קמ"ש מתארת את מספר הקילומטרים שעובר הגוף כל שעה . לדוגמה: המשמעות של 90 קמ"ש היא שבכל שעה העתק התנועה הוא 90 ק"מ. כדי לעבור מיחידות קמ"ש ליחידות מטר לשנייה יש לחלק את ערך המהירות הנתונה בקמ"ש ב 3.6 . ב- 1 ק"מ יש 1000 מטרים ובשעה יש 3600 שניות. נבטא בהתאם מהירות של 1 קמ"ש ביחידות של מטר לשנייה. $1\frac{Km}{h}=\frac{1000m}{3600s}=\frac{1}{3.6}\frac{m}{s}$ ממשוואה זו ניתן לקבוע שמהירות שגודלה 3.6 קמ"ש שווה למהירות של 1 מטר לשנייה, לכן כדי לעבור מקמ"ש למטר לשנייה יש לחלק את ערך המהירות ב- 3.6. לדוגמה: גוף נע במהירות 90 קמ"ש נתאר את המהירות של הגוף ביחידות של מטר לשנייה. $V=90\frac{Km}{h}=\frac{90}{3.6}\frac{m}{s}=25\frac{m}{s}$ 1. בכל הביטויים בפיזיקה יש להשתמש ביחידות תקניות (מטר, ק"ג ושניה) ולא ביחידות טכנולוגיות. אם נתונה מהירות ביחידות קמ"ש יש להמיר את ערכה ליחידות מטר לשנייה לפני הצבת ערך המהירות בביטוי הפיזיקלי. 2. תלמידים נוטים לזכור את הערך 3.6, אך הם לא זוכרים אם לחלק ב- 3.6 או להכפיל ב- 3.6. כיוון שאנחנו עוברים מיחידות קמ"ש ליחידות מטר לשנייה (ולא להיפך) יש לבצע פעולת חילוק ולא כפל. 3. בשאלות הבגרות היחידות של הערכים המתוארים בגרף נתונים לעתים ביחידות לא תקניות כמו קמ"ש. לפני חישוב השיפוע של הישר ולפני הצבה בביטוי יש להמיר את הערכים הנתונים לערכים ביחידות תקניות. בפיזיקה המהירות מתאר את ההעתק שהגוף עובר ביחידת זמן ולא את הדרך ביחידת זמן, גם כאשר המהירות נתונה ביחידות קמ"ש.

רשם זמן

(Cube 3)

רשם זמן הוא התקן הפועל לתיאור התנועה, הוא מכיל נקר המסמן נקודות על פס נייר העובר דרכו כל פרק זמן קבוע.
כדי לתאר את תנועת הגוף בעזרת רשם הזמן, יש לחבר צד אחד של פס הנייר לגוף הנע ואת הצד השני של פס הנייר להעביר דרך רשם הזמן כך שהנקודות המסומנות יתארו את תנועת הגוף.

לדוגמה באיור הבא מתוארת מכונית נעה המחוברת לפס נייר העובר דרך רשם זמן.
רשם הזמן מבצע 50 ניקורים בשנייה, לכן הזמן שעובר בין רגע סימון נקודה אחת לסימון הנקודה הבאה אחריה הוא 0.02 שניות.



באיור הבא מתואר פס הנייר בהגדלה, וסרגל הצמוד לפס הנייר.

כיוון שהמרחק בין הנקודות הוא קבוע ניתן לומר שהמכונית עובר באותם פרקי זמן את אותם המרחקים, לכן ניתן לקבוע שהמכונית נעה במהירות קבועה.

נחשב את מהירות המכונית בעזרת הנקודה הראשונה והאחרונה בפס הנייר.
המרחק בין הנקודה הראשונה לאחרונה הוא 6 ס"מ, הזמן שעובר בין רגע סימון הנקודה הראשונה לרגע סימון הנקודה האחרונה הוא 0.06 שניות. לכן ניתן לומר שהמכונית נע לאורך 0.06 מטרים במשך 0.06 שניות , נחשב את מהירות המכונית בעזרת הגדרת המהירות.

$$V=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{0.06}{0.06}=1\frac{m}{s}$$

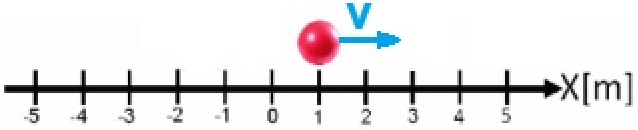
לסיכום: בהתאם לפיזור הנקודות על פס הנייר ניתן לקבוע שהמכונית נעה במהירות קבועה שגודלה 1 מטר לשנייה.

1. זמן סימון הנקודה הוא זניח, לכן כדי לחשב את הזמן שעובר בין רגע סימון הנקודה הראשונה לרגע סימון הנקודה הרביעית יש להכפיל את הזמן שעובר בין סימון נקודה אחת לסימון הנקודה הבאה אחריה (0.02 שניות) במספר מרווחי הזמן (שלוש) ולא במספר הנקודות (ארבע).

2. כאשר גוף נע בתאוצה (מהירות משתנה בקצב קבוע) ניתן להשתמש בפס הנייר המתקבל מרשם הזמן כדי לחשב את מהירות המכונית בכל רגע וגם כדי לחשב את תאוצת הגוף, הנושא נלמד ב- Cube-7.

תדירות מתח החשמל בישראל היא 50 הרץ לכן רשמי הזמן הפועלים בישראל מבצעים 50 ניקורים בשנייה.
בשאלות הבגרות העוסקות ברשם הזמן לרוב הרשמים מבצעים 50 ניקורים בשנייה, תיתכן שאלה עם רשם זמן המבצע מספר שונה של ניקורים בשנייה.

סיכום פסיפס קינמטיקה בקו ישר – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

פונקציית X(t) (Cube 3)	הפונקציה מתארת את מיקומו של גוף הנע במהירות קבועה כתלות בזמן. $\boxed{X(t) = X_0 + V \cdot t}$ ניתן לפתח את הפונקציה מהגדרת המהירות. דוגמה: גוף נע במהירות קבועה שגודלה 2 מטר לשנייה ממיקום התחלתי $X_0 = 1m$. כמתואר באיור הבא:  נחשב את מיקום הגוף בעזרת פונקציית המקום-זמן כעבור 3 שניות מרגע תחילת תנועת הגוף: $X(t) = X_0 + V \cdot t$ $X(2) = 1 + 2 \cdot 3 = 1 + 6 = 7m$ לכן, כעבור 3 שניות מרגע תחילת התנועה הגוף מגיע למיקום $X = 7m$. הפונקציה מתאימה לתיאור תנועתו של גוף הנע במהירות קבועה בלבד.
הגדרת המהירות הממוצעת (Cube 4)	מהירות ממוצעת היא מהירות קבועה המייצגת תנועה במהירות משתנה. אם נשתמש בהגדרת המהירות במקרה שבו גוף נע במהירות משתנה, נקבל מהירות קבועה המייצגת תנועה במהירות המשתנה. מהירות קבועה זו היא המהירות הממוצעת. המהירות הממוצעת מוגדרת לפי היחס שבין העתק התנועה הכולל לזמן התנועה הכולל: $\boxed{\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}}$ במקרה מיוחד, כאשר גוף נע בשתי מהירויות שונות V_1 ו- V_2, בזמני תנועה זהים, המהירות הממוצעת שווה לממוצע חשבוני פשוט בין שתי מהירויות. דוגמה: מכונית נוסעת ממטולה לאילת לאורך 511 ק"מ במשך 5 שעות, נחשב את המהירות הממוצעת . $\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}} = \frac{511,000}{5 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{511,000}{18,000} = 28.28 \frac{m}{s}$ ניתן להשתמש בהגדרת המהירות הממוצעת לכל סוג תנועה.

הגדרת המהירות הרגעית (Cube 4)	**המהירות הרגעית היא המהירות המתקבלת משימוש בהגדרת המהירות בזמן תנועה קטן.** **אם נשתמש בהגדרת המהירות, במקרה שבו זמן התנועה הוא מאוד קטן, המהירות המתקבלת מהגדרת המהירות נקראת "מהירות רגעית".** $\boxed{V = \frac{dx}{dt}}$ **העתק תנועה קטן מסומן על־ידי dx, זמן תנועה קטן מסומן על־ידי dt.** **דוגמה: אם נשתמש בהגדרת המהירות לתנועת מטוס מעל בניין, הערך המחושב יהיה מהירות המטוס ברגע שבו הוא חולף מעל הבניין.** **ניתן להשתמש בהגדרת המהירות הרגעית רק לזמן תנועה קטן.**

גרף מקום כתלות בזמן

(Cube 5)

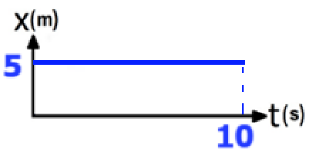
הגרף מתאר את מיקומו של הגוף בכל רגע.
השיפוע בגרף מקום כתלות בזמן שווה למהירות הגוף.
הוכחה: השיפוע בכל גרף שווה ליחס בין הפרש הערכים בציר האנכי להפרש הערכים בציר האופקי.
בגרף מקום כתלות בזמן ביטוי השיפוע הוא:

$$\text{שיפוע} = \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

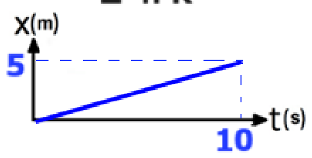
לכן מהגדרת המהירות $V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ערך השיפוע בגרף מקום כתלות בזמן שווה למהירות הגוף.

דוגמה: שני הגרפים הבאים מתארים את תנועתם של שני גופים, תנועת גוף א' מתוארת באיור א' ותנועת גוף ב' מתוארת באיור ב'.

איור א'

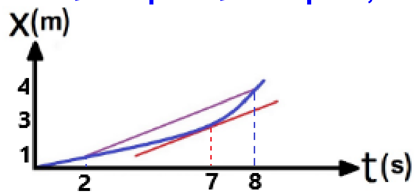


איור ב'



איור א' מתאר גוף הנמצא במיקום X=5m במשך 10 שניות. הגוף לא זז. מהירותו שווה לאפס, שיפוע הגרף שווה לאפס.
איור ב' מתאר גוף הנע במהירות קבועה, במשך 10 שניות הגוף נע מראשית הציר למיקום X=5m , מהירותו 2 מטר לשנייה, שיפוע הגרף שווה ל 2 מטר לשנייה.

שיפוע משיק ברגע מסוים שווה למהירות הרגעית באותו רגע. ושיפוע מיתר בזמן תנועה מסוים שווה למהירות הממוצעת באותו זמן.
לדוגמה: הגרף הבא מתאר גוף הנע במהירות משתנה, בגרף מופיע משיק בצבע אדום ומיתר בצבע סגול.



ערך שיפוע המשיק שווה למהירות הגוף ברגע t=7s ושיפוע המיתר שווה למהירות הממוצעת מרגע t=2s ועד רגע t=8s.

בכל סוג תנועה ערך השיפוע בגרף מקום כתלות בזמן שווה למהירות הגוף.

תנועת שני גופים	בשאלות העוסקות בתנועת שני גופים יש למצוא את זמן המפגש ואת מקום המפגש.

הנעים במהירויות קבועות (Cube 6) תנועת שני גופים	כדי להבחין בין זמן התנועה באופן כללי לזמן תנועת הגופים עד למפגש, מומלץ לסמן את זמן המפגש ע"י t′ . ברגע המפגש שני הגופים נמצאים באותו מקום, לכן כדי למצוא את זמן התנועה עד למפגש יש להשוות בין פונקציות המקום-זמן. נעסוק בשני מקרים של תנועת שני גופים: **א**. תנועת גופים בזמני תנועה זהים (גופים התחילו לנוע יחד בו זמנית). **ב**. ותנועת גופים בזמני תנועה שונים (גופים שהתחילו לנוע בזמני תנועה שונים). **<u>א. כאשר זמני התנועה זהים</u>** – כדי למצוא את זמן המפגש ומקום המפגש, יש לבצע את הפעולות הבאות: 1. כתיבת פונקציית מקום־זמן לכל אחד מהגופים, כתלות ב- t. 2. השוואת פונקציות המקום-זמן ברגע המפגש t′. 3. מציאת זמן המפגש t′ מפתרון המשוואה בנעלם אחד. 4. מציאת מקום המפגש מהצבת זמן המפגש באחת מפונקציות המקום־זמן. דוגמה: שני גופים נעים בתנועות שונות, נתוני תנועתם: $x_{0_1} = -5m$ $x_{0_2} = -2m$ $v_1 = 2\frac{m}{s}$ $v_2 = 1.33\frac{m}{s}$ נכתוב פונקציית מקום-זמן לכל אחד משני הגופים: $\boxed{x_1(t) = -5 + 2t}$ $\boxed{x_2(t) = -2 + 1.33t}$ נשווה בין פונקציות המקום-זמן ברגע המפגש: $x_1(t') = x_2(t')$ $-5 + 2t' = -2 + 1.33t'$ נמצא את זמן המפגש, מפתרון המשוואה: $t' = \frac{3}{0.66} = 4.54s$ נמצא את מקום המפגש, מהצבת זמן המפגש t′ באחת מפונקציות המקום-זמן: $X_2(4.54) = -2 + 1.33\cdot(4.54) = 4.03m$ **<u>ב. כאשר זמני התנועה שונים</u>** – כדי למצוא את זמן המפגש ומקום המפגש, יש לבצע את הפעולות הבאות: 1. כתיבת פונקציית מקום-זמן לגוף 1 כתלות ב- t_1 ולגוף 2 כתלות ב- t_2.

הנעים במהירויות קבועות (Cube 6)	2. השוואת פונקציות מקום-זמן ברגע המפגש, מתקבלת משוואה עם שני נעלמים: t_1' ו-t_2'. 3. משוואה נוספת עם אותם הנעלמים: t_1' ו-t_2' מתקבלת מהתאם להפרש בזמני תחילת התנועות. 4. מציאת זמן *התנועה* של כל אחד מהגופים מרגע תחילת תנועתו ועד לרגע המפגש t_1' ו- t_2'. 5.מציאת מקום המפגש מהצבת זמן המפגש בפונקציית מקום־זמן המתאימה. דוגמה: שני גופים נעים בתנועות שונות ובהפרש זמנים, גוף 1 מתחיל לנוע 1.875 שניות לפני תחילת תנועת גוף 2. נתוני תנועת הכדורים: $X_{0_2} = 5m$ $\quad$ $X_{0_1} = -5m$ $V_2 = -1.33\frac{m}{s}$ $\quad$ $V_1 = 2\frac{m}{s}$ נכתוב את פונקציית המקום-זמן לכל כדור: $X_2(t_2) = 5 - 1.33t_2$ $\quad$ $X_1(t_1) = -5 + 2t_1$ נשווה בין פונקציות המקום-זמן ברגע המפגש: $X_1(t_1') = X_2(t_2')$ $-5 + 2t_1' = 5 - 1.33t_2'$ משוואת זמנים נוספת מתקבלת מההפרש בזמני תחילת תנועת הכדורים: $t_1' = t_2' + 1.875$ קבלנו שתי משוואות בשני נעלמים, ניתן לפתור אותן ולמצוא את זמן תנועת כל גוף מרגע תחילת תנועתו ועד לרגע המפגש. הזמנים המתקבלים הם: $t_1' = 3.75s$ $t_2' = 1.875s$ נחשב את מקום המפגש בעזרת הצבת זמן התנועה של אחד הכדורים בפונקציית המקום-זמן של אותו כדור: $X_2(t_2') = 5 - 1.33t_2'$ $X_2(1.875) = 5 - 1.33 \cdot 1.875 = 2.5m$ ניתן לבצע פעולות דומות למציאת מקום וזמן המפגש גם כאשר הגופים נעים בתנועה במהירות משתנה (בתאוצה).

תאוצה (Cube 7)	**תאוצה היא גודל פיזיקלי המתאר את קצב השינוי במהירותו של הגוף.** **התאוצה מסומנת על־ידי a ונמדדת ביחידות של מטר לשנייה בריבוע $[\frac{m}{s^2}]$.** **הגדרת התאוצה:** $\boxed{a = \frac{\Delta V}{\Delta t}}$ **מבחינה לוגית, התאוצה מוגדרת ביחס ישר לשינוי המהירות וביחס הפוך לזמן התנועה.** 1. מהגדרת התאוצה יחידות התאוצה הן מטר חלקי שניה, חלקי שניה. לכן יחידות התאוצה הן מטר חלקי שניה בריבוע. 2. ערך התאוצה שווה למידת שינוי ערך המהירות בכל שניה. 3. כאשר המהירות קטנה הערך של ΔV הוא שלילי, בהתאם להגדרה ערך התאוצה הוא שלילי. לכן כאשר המהירות הולכת וקטנה התאוצה היא שלילית וכאשר המהירות הולכת וגדלה התאוצה חיובית. 4. לא מומלץ להשתמש במושג התאוטה , כשם שאין שם שונה למיקום שלילי או למהירות שלילית כך אין צורך במתן שם חדש לגודל פיזיקלי המתאר תאוצה שלילית. **דוגמה: גוף נע בתנועה במהירות משתנה. מהירויות הגוף בכל רגע הן:** $V(0) = 2\frac{m}{s}$ $V(1) = 5\frac{m}{s}$ $V(2) = 8\frac{m}{s}$ $V(3) = 11\frac{m}{s}$ **נחשב את תאוצת הגוף בעזרת הגדרת התאוצה:** $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V - V_0}{t - t_0} = \frac{11-2}{3-0} = \frac{9}{3} = 3\frac{m}{s^2}$ **משמעות ערך התאוצה המחושב הוא שהתאוצה גדלה בכל שניה ב 3 מטר לשנייה.** **כפי שניתן לראות גם מנתוני התנועה.** **הערך המתקבל משימוש בהגדרת התאוצה במקרה של תנועה בתאוצה משתנה הוא ערך התאוצה הממוצעת.**

<table>
<tr>
<td>

פונקציית V(t)

(Cube 7)

</td>
<td>

הפונקציה מתארת את מהירות הגוף כתלות בזמן של גוף הנע בתאוצה קבועה.

$$\boxed{V(t) = V_0 + a \cdot t}$$

ניתן לפתח את פונקציית המהירות כתלות בזמן מהגדרת התאוצה.

דוגמה: גוף נע בתאוצה שגודלה 3 מטר לשנייה, מהירותו ההתחלתית היא 2 מטר לשנייה.
נחשב את מהירות הגוף כעבור 3 שניות מרגע תחילת תנועתו.

$$V = V_0 + a \cdot t = 2 + 3 \cdot 3 = 11\,\frac{m}{s}$$

הפונקציה מתאימה לתיאור תנועתו של גוף הנע בתאוצה קבועה בלבד.

</td>
</tr>
<tr>
<td>

פונקציית X(t) לגוף הנע בתאוצה קבועה

(Cube 7)

</td>
<td>

הפונקציה מתארת את מהירותו של גוף הנע בתאוצה קבועה כתלות בזמן.

$$\boxed{X(t) = X_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2}$$

פונקציית מקום־זמן המתאימה לתנועה במהירות קבועה היא מקרה פרטי של פונקציית מקום־זמן המתאימה לתנועה בתאוצה קבועה.

ניתן לפתח את הפונקציה בעזרת פונקציית מקום־זמן המתאימה לתנועה במהירות קבועה. כאשר ערך המהירות הקבועה שווה

$$X(t) = X_0 + \bar{V} \cdot t$$
$$X(t) = X_0 + \left(\frac{v_0 + v}{2}\right) \cdot t \Rightarrow X(t) = X_0 + \left(\frac{v_0 + v_0 + a \cdot t}{2}\right) \cdot t \Rightarrow X(t) = X_0 + \left(\frac{2v_0 + at}{2}\right) \cdot t \Rightarrow$$
$$X(t) = X_0 + \frac{2v_0 t + at^2}{2}$$
$$X(t) = X_0 + \frac{2v_0 t}{2} + \frac{at^2}{2} \Rightarrow X(t) = X_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

למהירות הממוצעת, בתנועה בתאוצה קבועה המהירות הממוצעת שווה לממוצע חשבוני פשוט בין המהירות ההתחלתית למהירות הסופית.בנוסף יש לבטא את המהירות V בעזרת פונקציית המהירות כתלות בזמן, ולבצע פעולות אלגבריות.

דוגמה: נתון גוף הנע ממנוחה, מנקודת ראשית הציר בתאוצה שגודלה 2 מטר לשנייה בריבוע, נחשב את מיקומו כעבור 3 שניות.

$$X(t) = X_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0 + 0 \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 9m$$

הפונקציה מתאימה לתיאור תנועתו של גוף הנע בתאוצה קבועה בלבד.

</td>
</tr>
</table>

מהירותו הממוצעת של גוף הנע בתאוצה קבועה (Cube 7)

כאשר גוף נע בתאוצה קבועה ניתן לומר שני דברים אודות מהירותו הממוצעת:

1. המהירות הממוצעת שווה לערך המתקבל מחישוב הממוצע של המהירות ההתחלתית והסופית:

$$\boxed{\frac{(V+V_0)}{2}}$$

ניתן להוכיח זאת מהגדרת המהירות הממוצעת בעזרת פונקציית המקום זמן והמהירות זמן.

נבטא את התאוצה , מפונקציית המהירות זמן:

$$V=V_0+a\cdot t \;\Rightarrow\; a=\frac{V-V_0}{t}$$

נציב את ביטוי התאוצה בפונקציית המקום זמן, ונבטא את העתק התנועה:

$$X(t)=X_0+v_0t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$$

$$X(t)=X_0+v_0t+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{V-V_0}{\cancel{t}}\right)\cdot t^{\cancel{2}}$$

$$X(t)=X_0+v_0t+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{V-V_0}{\cancel{t}}\right)\cdot t^{\cancel{2}}$$

$$X(t)=X_0+v_0t+\frac{V\cdot t}{2}-\frac{V_0\cdot t}{2}$$

$$\Delta X=\frac{V\cdot t}{2}+\frac{V_0\cdot t}{2}=\frac{(V+V_0)\cdot t}{2}$$

נציב את ביטוי ההעתק בביטוי המהירות המוצעת:

$$\bar{V}=\frac{\text{העתק כולל}}{\text{זמן תנועה כולל}}=\frac{\frac{(V+V_0)\cdot t}{2}}{t}=\frac{(V+V_0)}{2}$$

לדוגמה: גוף נע לאורך 140 מטרים במשך 10 שניות, מהירותו ההתחלתית היא 4 מטר לשנייה ומהירותו הסופית 24 מטר לשנייה.

נחשב את מהירותו הממוצעת של הגוף בעזרת ביטוי המהירות הממוצעת:

$$\bar{V}=\frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}=\frac{140}{10}=14\,\frac{m}{s}$$

נחשב את מהירותו הממוצעת של הגוף בעזרת חישוב הערך הממוצע של המהירות ההתחלתית והסופית:

$$\bar{V}=\frac{V+V_0}{2}=\frac{24+4}{2}=\frac{28}{2}=14\,\frac{m}{s}$$

ניתן לקבוע שהמהירות הממוצעת שווה לממוצע של המהירות התחלתית והסופית - רק אם הגוף נע בתאוצה קבועה.

המשך מהירותו הממוצעת של גוף הנע בתאוצה קבועה (Cube 7)	2. המהירות הממוצעת של גוף הנע בתאוצה שווה למהירותו הרגעית של הגוף באמצע זמן התנועה. $\boxed{v(\frac{t}{2})=\frac{V+V_0}{2}}$ ניתן להוכיח זאת בעזרת פונקציית המהירות כתלות בזמן. נתייחס לגוף הנע במשך t שניות , נבטא את מהירות הגוף באמצע זמן התנועה. ברגע 0.5t $v(\frac{t}{2})=V_0+a\cdot\frac{t}{2}=V_0+\frac{\Delta V}{2}=V_0+\frac{V-V_0}{2}=V_0+\frac{V}{2}-\frac{V_0}{2}$ $v(\frac{t}{2})=V_0+\frac{V}{2}-\frac{V_0}{2}=\frac{V_0}{2}+\frac{V}{2}=\frac{V+V_0}{2}$ קבלנו את ביטוי המהירות הממוצעת, לכן המהירות הרגעית באמצע זמן התנועה שווה למהירות הממוצעת. לדוגמה: גוף נע לאורך 140 מטרים במשך 10 שניות, מהירותו ההתחלתית היא 4 מטר לשנייה ומהירותו הסופית 24 מטר לשנייה. נחשב את מהירותו הממוצעת של הגוף בעזרת ביטוי המהירות הממוצעת: $V(5)=\frac{V+V_0}{2}=\frac{24+4}{2}=\frac{28}{2}=14\frac{m}{s}$ הגוף נע במשך 10 שניות ממהירות 4 מטר לשנייה למהירות 24 מטר לשנייה. באמצע זמן התנועה ברגע t=5s, מהירות הגוף שווה ל- 14 מטר לשנייה, בדומה לערך המהירות הממוצעת. ניתן להשתמש בביטוי המהירות הממוצעת לתיאור מיקומו של גוף הנע בתאוצה קבועה בעזרת פונקציית מקום זמן המתאימה לתנועה במהירות קבועה. $X(t)=X_0+\bar{V}\cdot t\Rightarrow\boxed{X(t)=X_0+\frac{V_0+V}{2}\cdot t}$ הפונקציה מופיעה בדפי הנוסחאות בקינמטיקה, בשאלות בהן לא נתונה ערכה של התאוצה קל יותר אלגברית להשתמש בפונקציה הזאת. ניתן לקבוע שהמהירות הממוצעת שווה למהירות הרגעית באמצע זמן התנועה - רק אם הגוף נע בתאוצה קבועה.

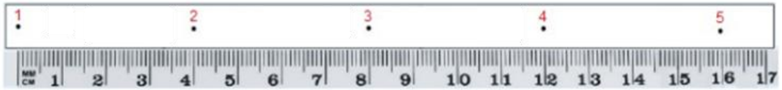
רשם זמן

(Cube 7)

רשם זמן הוא התקן המסמן נקודה על פס נייר כל פרק זמן קבוע (לרוב כל 0.02 שניות). **הנקודות המסומנות משמשות כתרשים עקבות ממנו ניתן ללמוד על תנועת הגוף.** כדי להשתמש ברשם הזמן יש לחבר את פס הנייר לגוף הנע ולהעביר את פס הנייר דרך רשם הזמן כשהוא מופעל.

חישוב מהירותו של גוף הנע <u>במהירות קבועה</u> מתרשים עקבות בפס הנייר- כאשר המרחק בין הנקודות הוא קבוע, ניתן לומר שהגוף עובר בזמנים קבועים מרחקים זהים, הגוף נע במהירות קבועה. ניתן לחשב את מהירות הגוף בעזרת הגדרת המהירות.

דוגמה באיור הבא מתואר פס נייר המכיל תרשים עקבות המתאים לתנועה במהירות קבועה, הרשם זמן מסמן נקודה כל 0.02 שניות:



נחשב את מהירות הגוף , נתייחס לתנועת הגוף מרגע סימון הנקודה הראשונה ועד לרגע סימון הנקודה החמישית:

$$V = \frac{\Delta X_{1\text{-}5}}{\Delta t_{1\text{-}5}} = \frac{0.16}{0.02 \cdot 4} = 2\frac{m}{s}$$

חישוב מהירותו הרגעית של גוף הנע <u>בתאוצה קבועה</u> מתרשים עקבות בפס הנייר- כאשר המרחק בין הנקודות הולך וגדל, ניתן לומר שהגוף עובר בזמנים קבועים מרחקים יותר ויותר גדולים, מהירות הגוף הולכת וגדלה.

כדי לחשב את המהירות הרגעית ברגע הדפסת נקודה מסוימת יש להשתמש בהגדרת המהירות הממוצעת לתנועה המתחילה בנקודה שלפני הנקודה המסוימת ומסתיימת בנקודה שאחריה. (בתנועה בתאוצה קבועה המהירות הממוצעת שווה למהירות הרגעית באמצע זמן התנועה)

דוגמה באיור הבא מתואר פס נייר המכיל תרשים עקבות המתאים לתנועה בתאוצה קבועה, הרשם זמן מסמן נקודה כל 0.02 שניות:

נחשב את המהירות הרגעית של המכונית ברגע הדפסת נקודה 2 וברגע הדפסת נקודה 3:

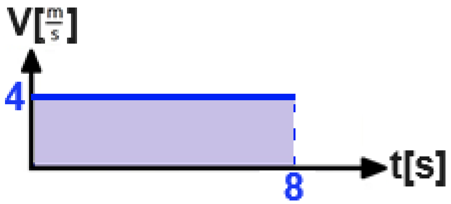
$$V_2 = \bar{V}_{1,3} = \frac{\Delta X_{1,3}}{\Delta t_{1,3}} = \frac{0.04}{2 \cdot 0.02} = \frac{0.04}{0.04} = 1\frac{m}{s}$$

$$V_3 = \bar{V}_{2,4} = \frac{\Delta X_{2,4}}{\Delta t_{2,4}} = \frac{0.08}{2 \cdot 0.02} = \frac{0.08}{0.04} = 2\frac{m}{s}$$

חישוב תאוצתו של גוף הנע בתאוצה קבועה מתרשים עקבות בפס נייר- ניתן להשתמש בהגדרת התאוצה ולחשב את התאוצה בעזרת שתי מהירויות רגעיות (ברגע הדפסת שתי נקודות), בהתאם לזמן שעבר בין סימון הנקדודות.

בהמשך לדוגמה הקודמת, נחשב את תאוצת המכונית בעזרת הגדרת התאוצה, בהתאם למהירות המכונית ברגע הדפסת נקודות 2 ו- 3:

$$a = \frac{\Delta V_{2,3}}{\Delta t_{2,3}} = \frac{V_3 - V_2}{\Delta t_{2,3}} = \frac{2-1}{0.02} = \frac{1}{0.02} = 50\frac{m}{s^2}$$

ביטוי ריבוע המהירויות (Cube 8)	**ביטוי ריבוע המהירויות מקשר בין ארבעה גדלים פיזיקליים: העתק, תאוצה, מהירות סופית ומהירות התחלתית:** $$\boxed{V^2 = V_0^2 + 2a\Delta x}$$ **כדי לפתח את ביטוי ריבוע המהירויות יש לבטא את זמן התנועה מפונקציית המהירות כתלות בזמן, ולהציב את הביטוי בפונקציית המקום כתלות בזמן.** **1. נוח להשתמש בביטוי ריבוע המהירויות בתנועה שאין בה התייחסות מפורשת לזמן התנועה. במקרים כאלו השימוש בביטוי חוסך את הצורך בפתרון שתי משוואות בשני נעלמים. (השימוש בביטוי ריבוע המהירויות יכול לחסוך זמן בבחינה, חשוב להכיר את הביטוי)** **2. הביטוי מופיע בדפי הנוסחאות, אין צורך לפתח אותו.** **ביטוי ריבוע המהירויות מתאים רק לתנועה בתאוצה קבועה.**
גרף מהירות כתלות בזמן (Cube 9)	**הגרף מתאר את גודל מהירות הגוף בכל רגע.** **1.שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף.** בכל גרף ערך השיפוע מחושב בהתאם ליחס שבין הפרש הערכים בציר האנכי לבין הפרש הערכים בציר האופקי. לכן בגרף מהירות כתלות בזמן ערך השיפוע שווה לתאוצת הגוף : $שיפוע = \frac{\Delta V}{\Delta t} = a$ **2.השטח התחום בין הפונקציה לציר הזמן שווה להעתק התנועה.** כאשר גוף נע במהירות קבועה, לחישוב העתק התנועה יש להכפיל את ערך זמן התנועה בערך המהירות. מהכפלת המהירות בזמן התנועה מתקבל בגרף מהירות כתלות בזמן ההעתק לכן השטח התחום בגרף מהירות זמן שווה להעתק התנועה. (נכון לכל סוג תנועה.) **דוגמה: גוף נע במהירות קבועה שגודלה 4 מטר לשנייה במשך 8 שניות , תנועת הגוף מתוארת בגרף מהירות כתלות בזמן.**  **הגוף נע במהירות קבועה, תאוצתו שווה לאפס- ערך שיפוע הגרף הוא אפס.** **העתק התנועה הוא 32 מטר- השטח התחום שווה ל 32 מטר.** 1. גרף המהירות כתלות בזמן הוא הכלי השימושי ביותר בקינמטיקה. הוא מציג את מהירות הגוף בכל רגע. ערך שיפוע הגרף שווה לתאוצה, וערך השטח התחום שווה להעתק. (למעט מיקום הגוף, הגרף מכיל את כל הגדלים הפיזיקליים בקינמטיקה.) 2. בשאלות העוסקות בגוף בודד הנע בתנועות שונות הרבה יותר נוח ונכון לתאר את התנועות בגרף מהירות כתלות בזמן ולהגיע ממנו למסקנות.

תנועות אנכיות בקו ישר (Cube 10)	נפילה חופשית היא תנועה בהשפעת כוח הכובד בלבד. (תנועה בהשפעת כוח הכובד וכוח החיכוך עם האוויר נקראת תנועה בליסטית) בכל תנועה בנפילה חופשית הגוף נע בתאוצה קבועה שגודלה 9.8 מטר לשנייה בריבוע. תאוצה זו נקראת "תאוצת הכובד" והיא מסומנת באות g. אנחנו נתייחס לתאוצת כובד שערכה 10 מטר לשנייה בריבוע. **קיימים שלושה סוגי תנועות בליסטיות אנכיות בקו ישר:** **1. נפילה חופשית ממנוחה** – גוף משוחרר ממנוחה. **2. זריקה אנכית כלפי מטה** – יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מטה. **3. זריקה אנכית כלפי מעלה** – יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה. **1.כדי לתאר ולנתח כל אחת משלושת התנועות, ניתן להשתמש בפונקציות ובביטויים המתאימים לתנועה בתאוצה קבועה.** **2.סימן התאוצה תלוי בכיוון הציר הנבחר ולא בכיוון הזריקה:** **כאשר כיוון הציר הנבחר הוא כלפי מעלה – מהירות הגוף בכל אחת משלושת התנועות קטנה, והתאוצה שלילית.** **כאשר כיוון הציר כלפי מטה – מהירות הגוף בכל אחת משלושת התנועות גדלה, והתאוצה חיובית.** **3. בתנועה אנכית מיקום הגוף מסומן ב- Y במקום ב- X.** **דוגמה: גוף נזרק מגובה 30 מטרים מעל פני הקרקע כלפי מעלה, מהירות זריקת הגוף היא 50 מטר לשנייה, הגוף נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד(נע בנפילה חופשית). נתאר את תנועת הגוף ביחס לציר שכיוונו החיובי כלפי מעלה וראשיתו בקרקע.** **נחשב את מיקום הגוף ביחס לציר ואת מהירותו כעבור 8 שניות.** $Y=Y_0+V_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2=30+50\cdot 8+\frac{1}{2}\cdot(-10)\cdot 8^2=30+400-320=110m$ $V=V_0+a\cdot t=50+(-10)\cdot 8=-30\frac{m}{s}$ **ניתן לקבוע שהגוף נע בתאוצת הכובד g רק אם הגוף נע על פני כדור הארץ, בהשפעת כוח הכבידה בלבד.**

בתנועת שני גופים הנעים בתאוצה קבועה, יש למצוא את מקום המפגש ואת זמן המפגש בדומה לניתוח תנועת שני גופים הנעים במהירות קבועה. כאשר שני גופים נעים במהירויות קבועות הם יכולים להיפגש רק פעם אחת. כאשר הגופים נעים בתאוצות קבועות הם יכולים להיפגש פעמיים. כאשר שני גופים נעים בנפילה חופשית. מכיוון שהם נעים בתאוצה זהה, הם יכולים להיפגש בזמן תנועתם רק פעם אחת. דוגמה: שני כדורים נעים בתנועות שונות, נתוני תנועת הכדורים : $x_{0_2} = 3m$ $x_{0_1} = 5m$ $v_2 = -8\frac{m}{s}$ $v_{0_1} = -20\frac{m}{s}$ $a_1 = 22.72\frac{m}{s^2}$ נכתוב את פונקציית המקום-זמן לכל כדור: $X_2(t) = 3 - 8t$ $X_1(t) = 5 - 20t + 11.36t^2$ נשווה בין פונקציות המקום-זמן ברגע המפגש: $5 - 20t' + 11.36t'^2 = 3 - 8t'$ קבלנו משוואה ריבועית, הפתרונות של המשוואה הן: $t_1' = 0.848s$ $t_2' = 0.207s$ שני הזמנים חיוביים, לכן הגופים נפגשים פעמיים, נציב את שני זמני המפגש באחת מפונקציות המקום-זמן ונמצא את מקומות המפגש: $X_2(0.848) = 3 - 8 \cdot 0.848 = -3.784\,m$ $X_2(0.207) = 3 - 8 \cdot 0.207 = 1.344\,m$ לפני ביצוע הפעולות למציאת מקום וזמן המפגש מומלץ להבין היטב את התנועות ולהעריך בהתאם כמה פעמים הגופים נפגשים, והיכן.	**תנועת שני גופים הנעים בתאוצות קבועות** (Cube 11)

פרקטיקות 1- פונקציות בקינמטיקה בקו ישר

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

בקינמטיקה אנו עוסקים בשני סוגי תנועות: תנועה במהירות קבועה ותנועה בתאוצה קבועה.

לתיאור התנועות אנו משתמשים בפונקציות ובביטויים המופיעים בדפי הנוסחאות ובשני גרפים: גרף מקום כתלות בזמן, וגרף מהירות כתלות בזמן.

פרקטיקות 1 עוסקות רק בתרגול פונקציות וביטויים בקינמטיקה, ללא גרפים.

קיימות שתי פונקציות מרכזיות בקינמטיקה פונקציית מקום זמן ופונקציית מהירות זמן, באמצעותן ניתן לפתור כמעט כל שאלה בקינמטיקה בקו ישר.

$$X(t) = X_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \qquad V(t) = V_0 + a \cdot t$$

בשאלות שלא עוסקות בזמן התנועה באופן מפורש קל יותר אלגברית להשתמש בביטוי ריבוע המהירויות: $V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$

בשאלות שלא עוסקות בתאוצת הגוף באופן מפורש קל יותר אלגברית להשתמש בביטוי המקום-זמן הבא: $X(t) = X_0 + \frac{V + V_0}{2} \cdot t$

<u>נושאי התרגול:</u>

1. **תנועה במהירות קבועה.**
2. **תנועת שני גופים הנעים במהירות קבועה בזמני תנועה זהים.**
3. **תנועת שני גופים הנעים במהירות קבועה בזמני תנועה שונים.**
4. **תנועה בתאוצה קבועה.**
5. **תנועת שני גופים הנעים בתנועות שונות.**

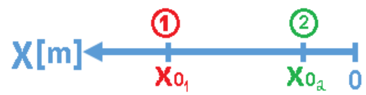
1- תנועה במהירות קבועה (הנושא נלמד בקיוב 3)

תיאור התנועה	חישוב נדרש	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1 - גוף נע במהירות קבועה. מהירות: $V=2\frac{m}{s}$ מיקום ההתחלתי: $X_0=3m$ זמן תנועתו: $t=4s$ 	מיקום הגוף כעבור 4 שניות. $X(4)=?$ הנחיה: מהירות הגוף היא חיובית, לכן הגוף נע בכיוון הציר.	הגוף נע במהירות קבועה. פונקציית $x(t)$ לגוף הנע במהירות קבועה: $X(t)=X_0+V\cdot t$	$X(4)=11m$	1.כל תנועה היא ביחס לציר תנועה. 2.כל הפונקציות והביטויים המתארים את התנועה מתייחסים לתחילת התנועה ולסיומה. במקרה זה הכיוון החיובי של ציר התנועה הוא ימינה. אנחנו מתייחסים לתנועה שהתחילה מרגע t=0s ועד לרגע t=4s.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738
1.2 - גוף נע במהירות קבועה. מהירות (שלילית): $V=-2\frac{m}{s}$ מיקום התחלתי: . $X_0=3m$ זמן תנועה: $t=4s$ 	מיקום הגוף כעבור 4 שניות. $X(4)=?$ הנחיה: מהירות הגוף היא שלילית, לכן הגוף נע בכיוון הנגדי לכיוון הציר.	הגוף נע במהירות קבועה. פונקציית $x(t)$ לגוף הנע במהירות קבועה: $X(t)=X_0+V\cdot t$	$X(4)=-5m$	1. כאשר הגוף נע נגד כיוון הציר , ערך המיקום הסופי קטן מערך המיקום ההתחלתי מהגדרת העתק : $\Delta X = X - X_0$ במקרה זה, ערך ההעתק יהיה שלילי. ומהגדרת המהירות: $V=\frac{\Delta X}{\Delta t}$ 2. ערך מהירות הגוף הנע נגד כיוון הציר הוא שלילי.לכן: כאשר גוף נע נגד כיוון הציר מהירותו שלילית, וכאשר הוא נע בכיוון הציר מהירותו חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5756

1.3- גוף נע במהירות קבועה. מהירות: $V = 2\frac{m}{s}$ מיקום התחלתי: $X_0 = 3m$ מיקום הסופי: $X = 11m$  	**זמן תנועת הגוף** $t = ?$ **הנחיה: יש לבטא את זמן התנועה מפונקציית המקום-זמן: x(t) .**	**הגוף נע במהירות קבועה.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $x(t) = x_0 + V\cdot t$	$t = 4s$	**1.יש לכתוב ביטוי לזמן התנועה, מפונקציית המקום-זמן, להציב את נתוני התנועה, ולמצוא את זמן התנועה.** **2. בדרך כלל בשימוש בכל פונקציה (או ביטוי) אנחנו יודעים את כל הנתונים המופיעים בפונקציה, למעט נתון אחד אותו אנחנו מחפשים.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5757
1.4- גוף נע במהירות קבועה. מהירות: $V = -2\frac{m}{s}$ זמן תנועתו: $t = 4s$ מיקום הסופי: $X = -5m$  	**מיקום ההתחלתי של הגוף** $X_0 = ?$ **הנחיה: יש לבטא את המיקום ההתחלתי, מפונקציית המקום-זמן: x(t) .**	**הגוף נע במהירות קבועה.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $x(t) = x_0 + V\cdot t$	$X_0 = 3m$	**1.המיקום ההתחלתי לא תלוי במהירות הגוף, גם לא בזמן התנועה. אנחנו מבטאים אותו מתמטית כתלות בגדלים האחרים כדי למצוא את ערכו.** **2.חשוב לשים לב ליחידות של הביטויים. כל ביטוי חייב להיות תקין מבחינת יחידות.** **3. צורת הפתרון המלא כוללת את הביטוי לערך המבוקש, הצבה, תשובה סופית ויחידות.** **דוגמה לפתרון מלא :** $X_0 = X - V\cdot t = -5 - (-2)\cdot 4 = 3m$ **במבחן הבגרות רק פתרון מלא מזכה במלוא הנקודות.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5758

1.5- גוף נע במהירות קבועה. מיקום התחלתי: $X_0 = 3m$ זמן תנועתו: $t = 4s$ מיקום סופי: $X = -5m$  	מהירות הגוף. $V = ?$	הגוף נע במהירות קבועה. פונקציית $x(t)$ לגוף הנע במהירות קבועה:	$X(t) = X_0 + V \cdot t$	$V = -2\frac{m}{s}$	1.בהתאם לערכי המיקומים, ניתן להבין שהגוף נע נגד כיוון הציר, לכן מהירותו שלילית. 2. ניתן למצוא את המהירות גם בעזרת הגדרת המהירות: $V = \frac{\Delta X}{\Delta t}$ פונקציית המקום- זמן מתקבלת מהגדרת המהירות לאחר העברת אגפים. בדרך כלל יותר נוח להשתמש בפונקציית המקום-זמן, אך אפשר להשתמש גם בהגדרת המהירות. 3.ניתן להגדיר את זמן תחילת התנועה כ $t_0 = 0s$ בהתאם, זמן התנועה Δt שווה לזמן סיום התנועה t.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5759

2- תנועת שני גופים הנעים במהירות קבועה בזמני תנועה זהים (הנושא נלמד בקיוב 6):

2.1- שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים. נתוני תנועת גוף 1: $X_{01}=3m$ $V_1=9\frac{m}{s}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02}=8m$ $V_2=4\frac{m}{s}$ 	יש למצוא את מקום המפגש X' , ואת זמן המפגש t'. $t'=?$ $X'=?$	הגופים נעים במהירויות קבועות. פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה: $X(t)=X_0+V\cdot t$	$t'=1s$ $X'=12m$	1. כדי למצוא את זמן תנועת הגופים, יש להתייחס לתנועת הגופים מרגע תחילת תנועתם ועד לרגע המפגש. 2. הגופים התחילו לנוע יחד בו זמנית , הם נעים בזמני תנועה זהים. 3. הפרוצדורה למציאת זמן המפגש: א- כתיבת פונקציית $x(t)$ לכל גוף. ב- השוואת הפונקציות - מתקבלת משוואה בנעלם אחד שפתרונו הוא זמן המפגש. 4. כדי למצוא את מקום המפגש, יש להציב את זמן המפגש באחת מפונקציית $x(t)$. 5. במקרה זה שני הגופים נעים ימינה, בכיוון זהה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5761
2.2- שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים. נתוני תנועת גוף 1: $X_{01}=8m$ $V_1=-9\frac{m}{s}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02}=3m$ $V_2=-4\frac{m}{s}$ 	יש למצוא את מקום המפגש X' , ואת זמן המפגש t'. $t'=?$ $X'=?$	הגופים נעים במהירויות קבועות. פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה: $X(t)=X_0+V\cdot t$	$t'=1s$ $X'=-1m$	1.תנועת הגופים במקרה זה זהה לחלוטין לתנועת הגופים במקרה הקודם. תנועת הגופים מתוארת ביחס לציר תנועה שונה והפוך בכיוונו. שינוי ציר התנועה משנה את הערך של מקום המפגש ולא משנה את ערך זמן המפגש. 2. בסעיף זה כיוון הציר הוא שמאלה. כיוון שהגופים נעים ימינה, מהירותם שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5762

2.3-שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים. **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m} \quad V_1 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m} \quad V_2 = -4\frac{\text{m}}{\text{s}}$  	**יש למצוא את מקום המפגש 'X , ואת זמן המפגש 't.** $t' = ?$ $X' = ?$	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V\cdot t$	$t' = 0.384_s$ $X' = 6.46\text{m}$	**1.בשונה מהמקרים הקודמים, במקרה זה הגופים נעים בכיוונים מנוגדים , האחד כלפי השני.** **2.הערך המוחלט של המהירויות לא משתנה, אך זמן תנועת הגופים עד למפגש הוא קטן יותר , מכיוון שהגופים נעים אחד כלפי השני.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5763
2.4-שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים. **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m} \quad V_1 = 4\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m} \quad V_2 = -9\frac{\text{m}}{\text{s}}$  	**יש למצוא את מקום המפגש 'X , ואת זמן המפגש 't.** $t' = ?$ $X' = ?$	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V\cdot t$	$t' = 0.384_s$ $X' = 4.53\text{m}$	**המיקומים ההתחלתיים של הגופים במקרה זה זהים למיקומים ההתחלתיים בסעיף הקודם.** **הפרש המהירויות בסעיף זה זהה להפרש המהירויות בסעיף הקודם, לכן זמני התנועה זהים.** **אך מיקום המפגש שונה. המפגש בסעיף זה קרוב יותר לנקודת תחילת תנועת גוף 1.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5764

2.5-שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים. **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m} \quad V_1 = -4\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m} \quad V_2 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 	**יש למצוא את מקום המפגש X' , ואת זמן המפגש t'.** $t' = ?$ $X' = ?$	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V \cdot t$	**הגופים לא נפגשים.**	**1.מהשוואת פונקציות המקום-זמן מתקבלת משוואה בנעלם אחד זמן המפגש.** **מפתרון המשוואה, מתקבל הזמן:** $t' = -0.384_s$ **זמן המפגש הוא שלילי. אין משמעות פיזיקלית לזמן תנועה שלילי,לכן אפשר לקבוע שהגופים לא נפגשו.** **2.בהתאם למיקומים ולמהירויות ניתן לקבוע שהגופים מתרחקים אחד מהשני, ולכן הם לא יפגשו.** **3.ניתן לתת פרשנות (לא פיזיקלית) לזמן המפגש השלילי ניתן להגיד באופן תיאורטי שהגופים נפגשו "בעבר" 0.384 שניות לפני שהתחילו לנוע.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5765
2.6-שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים. **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m} \quad V_1 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m} \quad V_2 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 	**יש למצוא את מקום המפגש X' , ואת זמן המפגש t'.** $t' = ?$ $X' = ?$	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V \cdot t$	**הגופים לא נפגשים.**	**1. מהשוואת פונקציות המקום-זמן מתקבלת המשוואה:** $0t' = -5$. **למשוואה זו אין פתרון. הגופים לא נפגשים.** **2.מכיוון שהמהירויות זהות בגודלן, הגופים לא מתקרבים ולא מתרחקים.** **3. לא מתקבל זמן מפגש שלילי מכיוון שהגופים לא נפגשו "בעבר".**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5766

2.7-שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים ,ובתנועות זהות. **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m}$ $\quad V_1 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 3\text{m}$ $\quad V_2 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 	**יש למצוא את מקום המפגש 'X , ואת זמן המפגש 't.** $t' = ?$ $X' = ?$	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V \cdot t$	**הגופים נפגשים בכל רגע.**	**1. מהשוואת פונקציות המקום-זמן מתקבלת המשוואה: $0t' = 0$.** **במשוואה זו כל ערך של 't הוא פתרון, לכן הגופים נפגשים בכל רגע.** **2.מכיוון שהגופים מתחילים לנוע מאותה הנקודה והם נעים באותן התנועות, הם נעים "ביחד". זמן המפגש הוא כל זמן, ומקום המפגש הוא כל מקום שבו הגופים נעים.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5767
2.8-שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה זהים **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m}$ $\quad V_1 = -9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 3\text{m}$ $\quad V_2 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 	**יש למצוא את מקום המפגש 'X , ואת זמן המפגש 't.** $t' = ?$ $X' = ?$	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V \cdot t$	$t' = 0_s$ $X' = 3\text{m}$	**1. רגע המפגש t'=0s הוא רגע מפגש לגיטימי.** **2. מקום המפגש במקרה זה הוא המקום ממנו התחילו הגופים לנוע.** **3.במקרה מיוחד זה, מהירויות הגופים לא משפיעות על מקום המפגש ועל זמן המפגש.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5768

3-תנועת שני גופים הנעים במהירות קבועה בזמני תנועה שונים (הנושא נלמד בקיוב 6):

3.1- שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה שונים. גוף 1 התחיל לנוע 10 שניות <u>אחרי</u> שגוף 2 התחיל את תנועתו. נתוני תנועת גוף 1: $X_{01} = 3\text{m}$ $\quad V_1 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02} = 8\text{m}$ $\quad V_2 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$  	יש למצוא את זמני תנועת הגופים עד להתנגשות: 't1' t2 ואת מקום המפגש 'X . <u>הנחיה:</u> יש לכתוב את הפונקציות: X1(t1) X2(t2) אחרי ההשוואה מתקבלת משוואה עם שני נעלמים t1 ו- t2. משוואה נוספת מתקבלת מהפרש זמני התנועה התחלתיים. יש לפתור שתי משוואות בשני נעלמים. לאחר מכן, יש למצוא את מקום המפגש בעזרת הצבת זמן המפגש בפונקציית המקום-זמן המתאימה.	הגופים נעים במהירויות קבועות. פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה: $X(t) = X_0 + V\cdot t$	$t_1{}' = 3.57s$ $t_2{}' = 13.57s$ $X' = 35.14\text{m}$	1. שני הגופים נפגשו באותו רגע , אך מכיוון שהם התחילו לנוע בזמנים שונים - זמני התנועה של הגופים מרגע תחילת תנועתם ועד לרגע המפגש הוא שונה. 2. גוף 1 התחיל לנוע קודם, לכן זמן התנועה של גוף 1 הוא גדול יותר. 3.בהתאם להפרש בזמני תחילת התנועות ניתן לכתוב את משוואת ההפרש בזמני התנועה. במקרה זה גוף 2 התחיל לנוע 10 שניות לפני גוף 1. מכאן שזמן תנועת גוף 2 גדול מזמן התנועה של גוף 1 בעשר שניות. משוואת הפרש זמני התנועה היא: $t_2 = t_1 + 10$ <u>תיאור תנועת הגופים:</u> תחילה גוף 2 נע ימינה במהירות קבועה של 2 מטר לשנייה. 10 שניות לאחר תחילת תנועת גוף 2, גוף 1 מתחיל לנוע ימינה במהירות 9 מטר לשנייה. גוף 1 משיג את גוף 2 במיקום X=35.14m, כעבור 3.57 שניות מרגע תחילת תנועת גוף 1 וכעבור 13.57 שניות מרגע תחילת תנועת גוף 2.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5770

3.2- שני גופים נעים במהירויות קבועות ובזמני תנועה שונים. **גוף 1 התחיל לנוע שנייה אחת <u>לפני</u> שגוף 2 התחיל את תנועתו.** **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m} \quad V_1 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m} \quad V_2 = -9\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 	**יש למצוא את זמני תנועת הגופים מרגע תחילת תנועתם ועד לרגע המפגש: 't1' t2.** **ואת מקום המפגש 'X .** **<u>הנחיה:</u> יש לכתוב את הפונקציות:** X1(t1) X2(t2) **אחרי ההשוואה מתקבלת משוואה עם שני נעלמים t1 ו- t2.** **משוואה נוספת מתקבלת מהפרש זמני התנועה ההתחלתיים.** **יש לפתור שתי משוואות בשני נעלמים.** **לאחר מכן, יש למצוא את מקום המפגש בעזרת הצבת זמן המפגש בפונקציית המקום-זמן המתאימה.**	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V \cdot t$	$t_1' = 1.27_s$ $t_2' = 0.27_s$ $X' = 5.54\text{m}$	**יש רק מקום אחד שבו הגופים נפגשים.** **יש שני תיאורים אפשריים לרגע המפגש.** **ניתן לתאר את זמן המפגש בעזרת זמן התנועה של גוף 1 או בעזרת זמן התנועה של גוף 2, חשוב לא לטעות בין הזמנים.** **<u>תיאור תנועת הגופים:</u>** **תחילה, גוף 1 נע ימינה במהירות קבועה של 2 מטר לשנייה.** **שנייה אחת לאחר מכן, גוף 2 מתחיל לנוע הוא נע שמאלה (לכיוון גוף 1) במהירות 9 מטר לשנייה.** **הגופים נפגשו במיקום X=5.55m, כעבור 1.27 שניות מרגע תחילת תנועת גוף 1** **וכעבור 0.27 שניות מרגע תחילת תנועת גוף 2.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5771

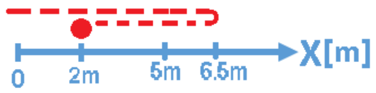
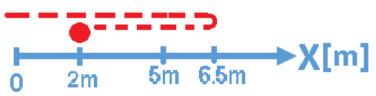
3.3- שני גופים נעים במהירויות קבועות ובזמני תנועה שונים. **גוף 1 התחיל לנוע שנייה אחת <u>אחרי</u> שגוף 2 התחיל את תנועתו.** **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m} \qquad V_1 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m} \qquad V_2 = -9\frac{\text{m}}{\text{s}}$  	**יש למצוא את זמן תנועת גוף 1, מרגע תחילת תנועתו ועד לרגע שבו הגופים נפגשים: 't1 .** **ואת מקום המפגש 'x .** **(אין צורך לחשב את 't2).** **<u>הנחיה:</u> יש לכתוב את הפונקציות:** $X1(t1) \quad X2(t2)$ **אחרי ההשוואה מתקבלת משוואה עם שני נעלמים t1 ו- t2.** **משוואה נוספת מתקבלת מהפרש זמני התנועה ההתחלתיים.** **יש לפתור שתי משוואות בשני נעלמים.** **לאחר מכן, יש למצוא את מקום המפגש בעזרת הצבת זמן המפגש בפונקציית המקום-זמן המתאימה.**	**הגופים נעים במהירויות קבועות.** **פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה:** $X(t) = X_0 + V \cdot t$	**מרגע תחילת תנועת גוף 1, הגופים לא נפגשים.**	**1.בתנועת שני גופים בזמני תנועה שונים, הגופים נפגשים רק אם מתקבלים שני זמני תנועה חיוביים.** **במקרה זה זמן התנועה t1 המתקבל מפתרון המשוואה הוא שלילי.** **2. בתנועת שני גופים בזמני תנועה זהים, כדי למצוא את מקום המפגש ניתן להציב את זמני התנועה בכל אחת מפונקציות המקום-זמן.** **בתנועת שני גופים בזמני תנועה שונים, כדי למצוא את מקום המפגש יש להציב את זמן התנועה t1 רק בפונקציית x1 , ואת t2 רק בפונקציית t2.** **3. בסעיף קודם גוף 1 התחיל לנוע קודם, בסעיף זה גוף 2 מתחיל לנוע קודם. זה סיפור אחר לגמרי.** **<u>תיאור תנועת הגופים:</u>** **תחילה, גוף 2 נע שמאלה במהירות שגודלה 9 מטר לשנייה.** **כעבור פחות משנייה גוף 2 חולף על פני גוף 1 .** **ברגע תחילת תנועת גוף 1 ימינה , גוף 2 נמצא משמאלו והוא נע שמאלה.** **לכן הם לא נפגשים!**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5772

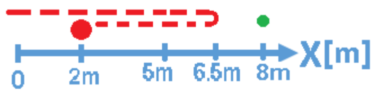
3.4 - שני גופים נעים במהירויות קבועות. בזמני תנועה שונים. גוף 1 התחיל לנוע עשר שניות <u>לפני</u> שגוף 2 התחיל את תנועתו. נתוני תנועת גוף 1: $X_{01} = 3\text{m} \quad V_1 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02} = 8\text{m} \quad V_2 = 9\frac{\text{m}}{\text{s}}$  	יש למצוא את זמן תנועת גוף 1 כאשר הוא פוגש את גוף 2. ובנוסף יש למצוא את המיקום של גוף 2, בכל מפגש. (הגופים נפגשים פעמיים) . <u>הנחיה</u>: גוף 1 הוא פוגש את גוף 2 פעמיים. במפגש הראשון גוף 2 נמצא במנוחה ובמפגש השני גוף 2 נמצא בתנועה. מכיוון שגוף 2 נמצא בתנועות שונות, יש לחזור על כל התהליך למציאת מקום וזמן המפגש פעמיים, פעם אחת כאשר גוף 2 במנוחה. ופעם נוספת כאשר הוא בתנועה.	הגופים נעים במהירויות קבועות. פונקציית x(t) לגוף הנע במהירות קבועה: $X(t) = X_0 + V \cdot t$	$t_{1א}' = 2.5_S$ $X_{1א}' = 8m$ $t_{1ב}' = 12.14_S$ $X_{1ב}' = 27.2m$	1.בפיזיקה הרבה פעמים אנחנו פועלים באופן "אוטומטי", עושים עבודה "טכנית". המתמטיקה מעט מרדימה אותנו. אנחנו סומכים עליה וזה בסדר, אבל עלינו להיות ערניים ולהבין מה באמת קורה. סעיף זה הוא דוגמה טובה לכך. 2. הגופים נפגשים בפעם הראשונה במקום בו גוף 2 נח. מקום זה נתון בשאלה לכן אין צורך לחשב את מקום המפגש הראשון. 3. כאשר גופים נעים בתנועה בתאוצה קבועה הם יכולים להיפגש יותר מפעם אחת (בלי שהתנועות ישתנו) אך הם לא יכולים להיפגש יותר מפעמיים. <u>תיאור תנועת הגופים:</u> תחילה, גוף 1 נע ימינה במהירות שגודלה 2 מטר לשנייה. עשר שניות לאחר מכן, גוף 2 מתחיל לנוע, הוא נע ימינה (לכיוון גוף 1) במהירות 9 מטר לשנייה. מרגע תחילת תנועת גוף 1 הוא נפגש פעמיים עם גוף 2: פעם ראשונה במקום בו גוף 2 נח. ופעם שנייה במקום x=27.28m.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2738&chapterid=5773

4 - תנועה בתאוצה קבועה, (הנושא נלמד בקיוב 7 הקיוב המרכזי והחשוב ביותר בקינמטיקה):

4.1 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = 1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$ $t = 6s$ 	מיקום הגוף כעבור 6 שניות של תנועה $X = ?$	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $V(t) = V_0 + a \cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$	$X = 38m$	1.הפונקציות בקינמטיקה עוסקות ברגע תחילת התנועה וברגע סיום התנועה. לפני שימוש בפונקציות יש לנסות להבין מתי והיכן התחילה התנועה, ומתי והיכן היא הסתיימה. 2.במקרה זה, יש להתייחס לתנועה שהתחילה ממקום X=2m והסתיימה ברגע t=6s.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5829
4.2 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = 1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$ $t = 6s$ 	מהירות הגוף כעבור 6 שניות של תנועה $V = ?$	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $V(t) = V_0 + a \cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$	$V = 9\frac{m}{s}$	לא ניתן למצוא את המיקום הסופי בדרך אינטואיטיבית, אבל אפשר אינטואיטיבית למצוא את המהירות הסופית. התאוצה מתארת בכמה גדלה המהירות בכל שנייה (או בכמה קטנה, אם היא שלילית). במקרה זה המהירות גדלה בכל שנייה ב- 1 מטר לשנייה. המהירות ההתחלתית היא 3 מטר לשנייה. לכן כעבור 6 שניות המהירות של הגוף היא 9 מטר לשנייה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5830

4.3 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = -1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$  	**מיקום הגוף כאשר הוא נעצר.** $X = ?$ **הנחיה:** יש להתייחס לתנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד לסיום התנועה, ברגע העצירה. ערך מהירות הגוף ברגע העצירה הוא אפס.	**הגוף נע בתאוצה קבועה.** **ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :** **X(t) ו- V(t)** $x(t)=x_0+V_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ **ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:** $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$X = 6.5m$	**1. יש להתייחס לתנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד לרגע העצירה.** **2. ניתן למצוא את המיקום ברגע העצירה בשני דרכים:** **א. בעזרת ביטוי ריבוע המהירויות ניתן למצוא את העתק התנועה, ובהתאם למיקום ההתחלתי לחשב את המיקום הסופי.** **ב. בעזרת פונקציית המהירות כתלות בזמן, ניתן למצוא את זמן תנועת הגוף עד לעצירה ובעזרת פונקציית המקום-זמן ניתן למצוא את המיקום הסופי.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5831
4.4 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = -1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$  	**זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא חוזר לנקודת תחילת התנועה.** $t = ?$ **הנחיה:** הגוף חוזר בסיום תנועתו לנקודת תחילת התנועה, העתק תנועתו שווה לאפס מטר.	**הגוף נע בתאוצה קבועה.** **ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :** **X(t) ו- V(t)** $x(t)=x_0+V_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ **ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:** $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$t = 6s$	**1. המהירות משתנה בקצב קבוע. כאשר הגוף חוזר לנקודת תחילת התנועה, מהירותו שווה בערכה המוחלט למהירות שהייתה לו ברגע תחילת התנועה.** **בתחילת התנועה הגוף נע בכיוון הציר, מהירותו חיובית. ברגע סיום התנועה מהירותו שלילית. (זהה בערכה המוחלט למהירות בתחילת התנועה)** **בהתאם לערך המהירות הסופית, ניתן לחשב את זמן התנועה בעזרת פונקציית המהירות זמן.** **2. ניתן להבין אינטואיטיבית בהתאם לערך המהירות ההתחלתית והתאוצה שבתוך 3 שניות הגוף נעצר, לכן זמן תנועתו הלוך ושוב הוא 6 שניות.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5832

4.5 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = -1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$ 	זמן תנועת הגוף עד שהוא מגיע למיקום x=5m . $t = ?$ הנחיה: הגוף חולף פעמיים במיקום x=5m . בשני זמנים שונים.	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t)=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$t_1 = 1.27s$ $t_2 = 4.73s$	1.מסעיף 3.ד ניתן לראות שהגוף נעצר במיקום X=6.5m. לכן, הוא חולף פעמיים במיקום X=5m, פעם אחת בהלוך בתנועתו ימינה ופעם אחת בחזור בתנועתו שמאלה. 2. הגוף נע באותה התאוצה כל זמן התנועה. למרות שהוא משנה את כיוון תנועתו - זו תנועה אחת. 3. באיור הבא מתואר מסלול תנועתו של הגוף. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5833
4.6 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = -1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$ 	מהירות הגוף כאשר הוא חולף במיקום x=5m . $V = ?$ הנחיה: הגוף חולף פעמיים במיקום x=5m . בשתי מהירויות שונות.	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t)=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$V_1 = 1.73\frac{m}{s}$ $V_2 = -1.73\frac{m}{s}$	1.ניתן להשתמש בפונקציית המהירות כתלות בזמן כדי לחשב את מהירות הגוף בכל אחד משני הזמנים, בסעיף הקודם. 2. ניתן להשתמש בביטוי ריבוע המהירויות כדי לחשב את שתי המהירויות . למציאת המהירות יש לבצע פעולת שורש, ממנה מתקבלות שתי תשובות זהות בגודלן האחת חיובית והשנייה שלילית. 3. כאשר גוף נע הלוך ושוב בתאוצה קבועה, גודל מהירות הגוף בנקודה כל שהיא כאשר הוא נע בכיוון אחד זהה בגודלו למהירות הגוף כאשר הוא נע בכיוון ההפוך. בסעיף זה אנחנו רואים זאת בנקודה X=5m, אך זה נכון גם לכל נקודה אחרת, בה חולף הגוף פעמיים. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5834

4.7 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = -1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$ 	זמן תנועת הגוף עד שהוא מגיע למיקום x=8m . $t = ?$	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t)=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	הגוף לא חולף במיקום x=8m.	1.הגוף לא מגיע למיקום x=8m. כל ניסיון מתמטי למציאת זמן תנועת הגוף עד למיקום x=8m אמור להיות לא אפשרי מתמטית. 2.אם ננסה למצוא את זמן התנועה מפונקציית המקום-זמן, נקבל משוואה ריבועית, בפתרון המשוואה מתקבל שורש של ערך שלילי. 3. באיור הבא מתואר מסלול תנועתו של הגוף, ומיקום הנקודה x=8m. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5835
4.8 - גוף נע בתאוצה קבועה. נתון: $a = -1\frac{m}{s^2}$ $X_0 = 2m$ $V_0 = 3\frac{m}{s}$ 	זמן תנועת הגוף עד שהוא מגיע למיקום x=1m . $t = ?$	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t)=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$t = 6.31s$	1.הגוף חולף רק פעם אחת במיקום x=1m . הגוף מגיע למיקום זה לאחר שהוא חוזר ועובר את נקודת תחילת התנועה. 2.אם ננסה למצוא את זמן התנועה מפונקציית המקום-זמן, נקבל משוואה ריבועית, עם שני פתרונות: פתרון אחד חיובי (6.31s) ופתרון נוסף שלילי. הפתרון השלילי נפסל. לכן יש רק פתרון אחד. 3. מסעיף 4.ד ראינו שזמן תנועת הגוף הלוך ושוב עד לנקודת תחילת התנועה הוא שש שניות, עד לנקודה x=1m , זמן התנועה הוא קצת יותר גדול. 	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5836
4.9 - גוף נע בתאוצה קבועה.	תאוצת הגוף בה הוא ייעצר רגעית	הגוף נע בתאוצה קבועה.	$a = -0.75\frac{m}{s^2}$	1.כדי שהגוף יעצור רגעית במיקום x=8m במקום	https://

נתון:

$X_0 = 2m$

$V_0 = 3\frac{m}{s}$

במיקום x=8m .

$a = ?$

<u>הנחיה</u>: בסיום התנועה הגוף מגיע למיקום X=8m ומהירותו אפס.

ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :

X(t) ו- V(t)

$x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$

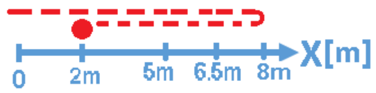
$V(t) = V_0 + a \cdot t$

ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:

$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$

במיקום x=6.5m , התאוצה צריכה להיות יותר קטנה בערכה המוחלט.

2.ניתן למצוא את התאוצה בעזרת ביטוי ריבוע המהירויות.



moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5837

5- שני גופים הנעים בתנועות שונות, (הנושא נלמד בקיוב 11)

5.1- שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: גוף 1 נע בתאוצה קבועה, גוף 2 נע במהירות קבועה, ממנוחה. נתוני תנועת גוף 1: $X_{01} = 3\text{m}$ $V_{01} = 20\frac{\text{m}}{\text{s}}$ $a_1 = -2\frac{\text{m}}{S^2}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02} = 8\text{m}$ $V_2 = 1\frac{\text{m}}{\text{s}}$ 	זמני מפגש הגופים $t_1{}'=?$ $t_2{}'=?$	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : **V(t) ו- X(t)** $x(t)=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2=V_0{}^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$t_1{}' = 0.267s$ $t_2{}' = 18.733s$	1.בתחילת התנועה, שני הגופים נעים ימינה, גוף 2 מוביל גוף 1 נע בעקבותיו. גוף 2 נע במהירות קבועה וקטנה יחסית למהירות ההתחלתית של גוף 1. בתוך זמן קצר גוף 1 משיג את גוף 2. מכיוון שגוף 2 נע בתאוצה שלילית. מהירותו הולכת וקטנה, עד שהוא נעצר רגעית, חוזר חזרה ופוגש את גוף 1 בפעם השנייה. לכן הגופים נפגשים פעמיים. 2. כדי למצוא את זמני המפגש יש לכתוב פונקציית מקום זמן המתאימה לתנועתו של כל גוף, ולהשוות בין הפונקציות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5839

5.2 - שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: **גוף 1 נע בתאוצה קבועה, גוף 2 נע במהירות קבועה, ממנוחה.** **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01}=3m$ $V_{01}=20\frac{m}{s}$ $a_1=-2\frac{m}{S^2}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02}=8m$ $V_2=1\frac{m}{s}$ 	**מקומות מפגש הגופים:** $X_1'=?$ $X_2'=?$	**הגוף נע בתאוצה קבועה.** **ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :** **X(t) ו- V(t)** $x(t)=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ **ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:** $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$X_1'=8.27m$ $X_2'=26.73m$	**1.הגופים נפגשים פעמיים. כדי למצוא את מקום המפגש הראשון, יש להציב את זמן המפגש הראשון באחת משתי פונקציות המקום-זמן.** **כדי למצוא את מקום המפגש השני, יש להציב את זמן המפגש השני באחת מפונקציות המקום-זמן.** **2. גוף 1 נע בתאוצה שלילית. בזמן המפגש הראשון מהירותו חיובית , ובזמן המפגש השני מהירותו שלילית. מהירות גוף 2 לא משתנה, הוא נע בתנועה במהירות קבועה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5840

5.3 - שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: **גוף 1 נע בתאוצה קבועה, גוף 2 נע במהירות קבועה, ממנוחה.** **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m}$ $V_{01} = 20\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$ $a_1 = -2\,\frac{\text{m}}{S^2}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m}$ $V_2 = 1\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$  	**המהירות של גוף 1 בכל מפגש.** $V1(t_1') = ?$ $V1(t_2') = ?$	**הגוף נע בתאוצה קבועה.** **ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :** **X(t) ו- V(t)** $x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $V(t) = V_0 + a \cdot t$ **ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:** $V^2 = V_0^{\ 2} + 2 \cdot a \cdot \Delta X$	$V1(t_1') = 19.4\,\frac{m}{S}$ $V1(t_2') = -17.4\,\frac{m}{S}$	**במפגש הראשון גוף 1 נע בכיוון הציר, ומהירותו חיובית.** **במפגש השני גוף 1 נע שמאלה נגד כיוון הציר, לכן מהירותו ברגע המפגש השני היא שלילית.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5841

5.4 - שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: נתוני תנועת גוף 1: $X_{01} = 3m$ $V_{01} = 10\frac{m}{s}$ $a_1 = -2\frac{m}{S^2}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02} = 8m$ $V_{02} = -10\frac{m}{s}$ $a_1 = 2\frac{m}{S^2}$  	זמני מפגש הגופים: $t_1'=?$ $t_2'=?$	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : $X(t)$ ו- $V(t)$ $x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $V(t) = V_0 + a \cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$	$t_1' = 0.25s$ $t_2' = 9.74s$	ברגע תחילת תנועת הגופים הם מתקרבים אחד כלפי השני, עד שהם נפגשים בפעם הראשונה. לאחר המפגש הראשון הם מתרחקים עד שהם נעצרים רגעית. לאחר העצירה הם שוב מתקרבים עד למפגש השני. לאחר המפגש השני הגופים לא מתקרבים, הם מתרחקים זה מזה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5842

5.5 - שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01} = 3\text{m}$ $V_{01} = 10\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$ $a_1 = -2\dfrac{\text{m}}{S^2}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02} = 8\text{m}$ $V_{01} = -10\dfrac{\text{m}}{\text{s}}$ $a_2 = 2\dfrac{\text{m}}{S^2}$ 	**מקום מפגש הגופים:** $X_1{}' = ?$ $X_2{}' = ?$	**הגוף נע בתאוצה קבועה.** **ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :** **X(t) ו- V(t)** $x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ $V(t) = V_0 + a \cdot t$ **ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:** $V^2 = V_0{}^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$	$X_1{}' = 5.5\text{m}$ $X_2{}' = 5.5_{\text{m}}$	**1.כדי למצוא את המקומות בהם הגופים נפגשים, יש להציב את זמני המפגש באחת מפונקציות המקום-זמן.** **2. הגופים נפגשים פעמיים באותו מקום, בדיוק בנקודת אמצע המרחק ההתחלתי ביניהם.** **3. במקרה מיוחד זה בכל רגע מרחק הגופים מנקודת המפגש הוא זהה.** **4. באופן כללי, לאחר ביצוע פעולת חישוב מקובל לדייק בשתי ספרות אחרי הנקודה העשרונית. החישובים הם לא מדויקים לחלוטין אך ניתן לומר שהם נכונים בקירוב.** **כדי לקבל תוצאות חישוב מדויקות (שני מיקומים שערכם בדיוק 5.5 מטר), יש לבצע חישוב מדויק ללא קרובים.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5843

5.6 - שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: נתוני תנועת גוף 1: $X_{01}=3m$ $V_{01}=10\frac{m}{s}$ $a_1=-2\frac{m}{S^2}$ נתוני תנועת גוף 2: $X_{02}=8m$ $V_{02}=-10\frac{m}{s}$ $a_1=2\frac{m}{S^2}$ 	יש למצוא את הרגע שבו מהירות הגופים זהה . הכוונה שהערך של המהירות זהה. לא הערך של גודל המהירות. יש להתייחס לסימן המהירות. __הנחיה:__ ברגע t* , בו מהירות הגופים היא זהה, מתקיים: $V_1(t^*)=V_2(t^*)$ יש לכתוב את פונקציית המהירות כתלות בזמן לכל אחד משני הגופים ולהשוות בין הפונקציות.	הגוף נע בתאוצה קבועה. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות : X(t) ו- V(t) $x(t)=x_0+V_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות: $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	$t*=5s$	בכל רגע שבו מהירות הגופים שונה מאפס, הם נעים בכיוונים שונים, ומהירותם שונה. רק כאשר הגופים עוצרים רגעית, יש להם את אותה המהירות, מהירות אפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5844

5.7 - שני גופים נעים יחד בו זמנית בתנועות שונות, בתאוצות קבועות: **נתוני תנועת גוף 1:** $X_{01}=3m$ $V_{01}=10\frac{m}{s}$ $a_1=-2\frac{m}{S^2}$ **נתוני תנועת גוף 2:** $X_{02}=8m$ $V_{02}=-10\frac{m}{s}$ $a_1=2\frac{m}{S^2}$ 	**יש למצוא את הרגע שבו <u>גודל</u> מהירות הגופים זהה .** **הכוונה לרגע בו הערך של גודל המהירות הוא זהה.** **<u>הנחיה</u>: ברגע #t , בו מהירות הגופים זהה בגודלה מתקיים:** **V1(t#)=V2(t#)** **ומתקיים גם:** **V1(t#)=-V2(t#)** **בסעיף קודם מצאנו את הזמנים בהם מתקיים התנאי הראשון, כעת יש למצוא את הזמנים בהם מתקיים התנאי השני.**	**הגוף נע בתאוצה קבועה.** **ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות :** **X(t) ו- V(t)** $x(t)=x_0+V_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ **ובעזרת ביטוי ריבוע המהירויות:** $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot \Delta X$	**גודל מהירות הגופים זהה בכל רגע**	**המהירויות ההתחלתיות זהות בגודלן וגם התאוצות זהות בגודלן, לכן בכל רגע המהירות זהה בגודלה.** **להמחשת התנועות, נניח שגוף 1 הוא צעצוע הנע קדימה ואחורה בתנועה מסוימת , גוף 2 הוא צעצוע זהה, בעל מנגנון מכני זהה לחלוטין.** **מפעילים את שני הצעצועים בו זמנית בכיוונים הפוכים, כך שבכל רגע גודל מהירותם זהה, אך כיוון תנועתם הוא הפוך.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2783&chapterid=5845

פרקטיקות 2 – גרפים איכותי

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

בקינמטיקה קיימים שני גרפים לתיאור התנועה: גרף מקום-זמן וגרף מהירות-זמן.

גרף מקום-זמן: הגרף מתאר את מיקומו של הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף.

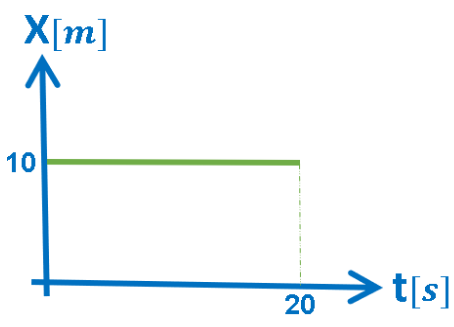
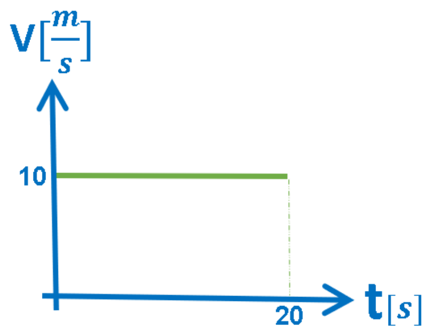
גרף מהירות-זמן: הגרף מתאר את מהירותו של הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום בין ציר הזמן לגרף שווה להעתק התנועה.

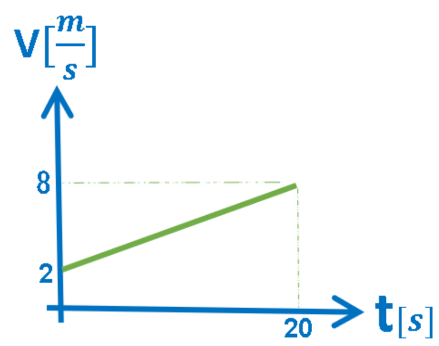
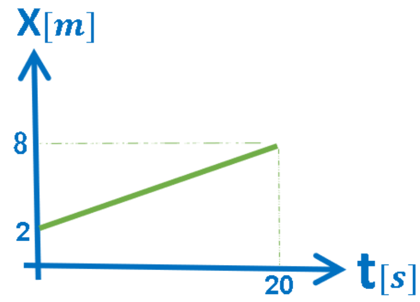
מגרף מהירות כתלות בזמן ניתן ללמוד על כל נתוני התנועה(מהירות,העתק,תאוצה) למעט מיקומו של הגוף.

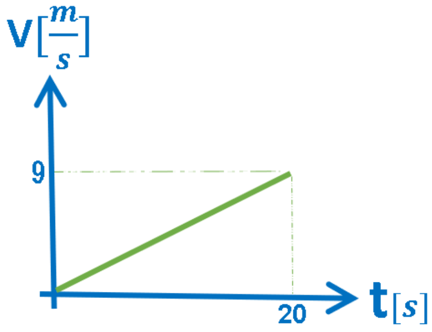
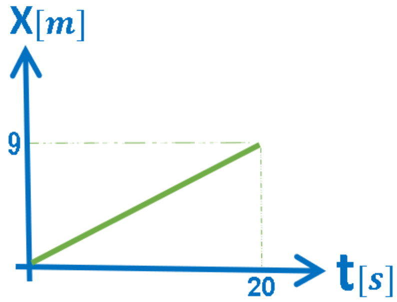
שני גרפים אלו ביחד "משלימים" זה את זה וניתן ללמוד מהם על כל נתוני תנועת הגוף.

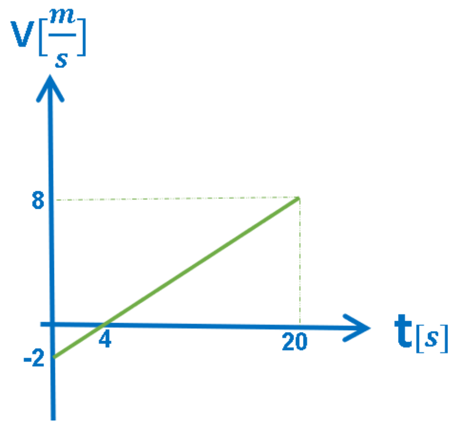
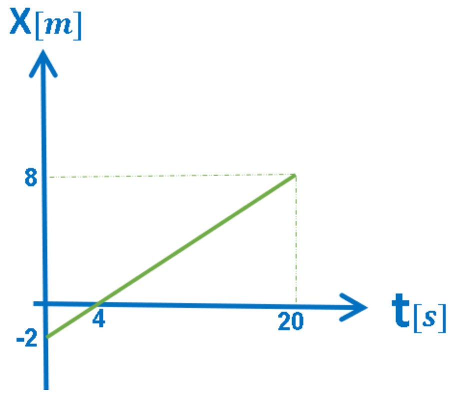
תלמידים נוטים לבלבל בין שני סוגי הגרפים ולהגיע למסקנות שגויות . מטרתו של קובץ זה היא לחדד באופן איכותי את המשמעות הפיזיקלית של כל אחד משני הגרפים ולשפר את ההבחנה בין שני סוגי הגרפים.

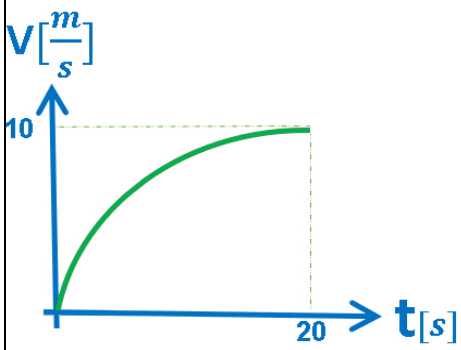
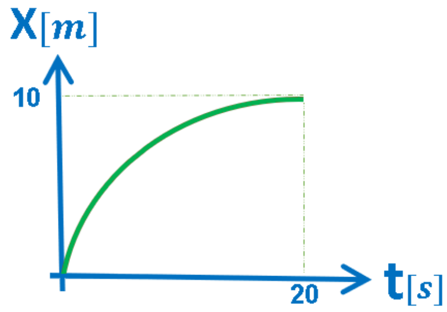
בקובץ קיימים 11 חלקים בכל חלק שני גרפים המתארים פונקציה זהה. האחד מתאר את המהירות כתלות בזמן והשני את המקום כתלות בזמן.

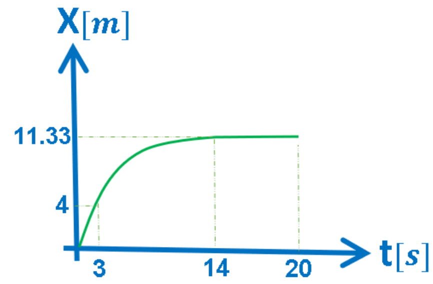
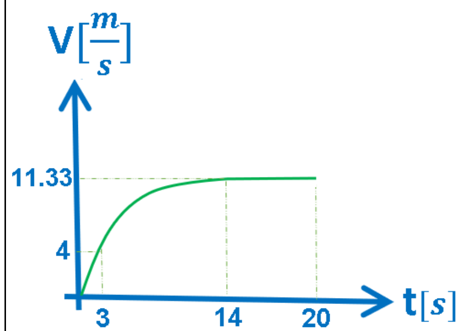
תיאור הגרף	דרישה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף.	הגוף נח במיקום X=10m במשך 20 שניות.	1. לפני שננסה להבין מה היא התנועה המתוארת בגרף, חשוב להבין באיזה גרף מדובר מקום-זמן או מהירות-זמן. 2. כל גרף מוגדר ביחס לציר תנועה, גם כאשר הציר לא מתואר באופן מפורש בשאלה. 3. בעריכת הגרף יש להקפיד על רישום שמות הצירים ויחידותיהם. 4. כאשר הגרף הוא ליניארי יש להשתמש בסרגל כדי לשרטט את הקו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784
1.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף.	הגוף נע במהירות 10 מטר לשנייה במשך 20 שניות.	1. מגרף מהירות-זמן ניתן ללמוד על כל הגדלים הפיזיקליים בקינמטיקה למעט מיקום הגוף. 2. המהירות בגרף יכולה להיות חיובית או שלילית. מהירות חיובית מתארת תנועה בכיוון החיובי של הציר ומהירות שלילית מתארת תנועה בכיוון השלילי של הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5847

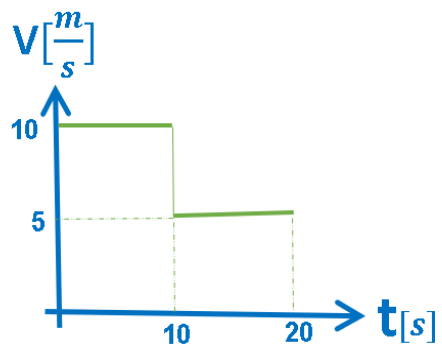
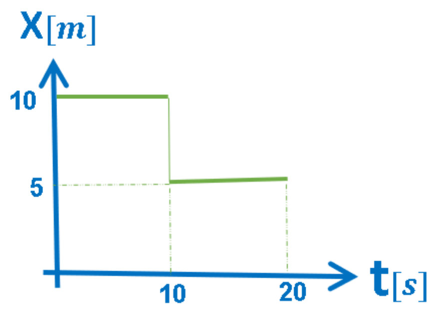
2.1  	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף.	הגוף נע בתאוצה קבועה במשך 20 שניות. הגוף מתחיל לנוע ממהירות התחלתית של 2 מטר לשנייה. גודל תאוצתו 0.3 מטר לשנייה בריבוע. העתק התנועה 100 מטר.	1.הגוף נע בתאוצה קבועה כל זמן התנועה, גם ברגע תחילת התנועה יש לגוף תאוצה. 2. בחישוב השיפוע יש לציין את היחידות של השיפוע. 3. כל זמן התנועה מהירות הגוף היא חיובית, מכאן ניתן לקבוע שהגוף נע בכיוון הציר במשך כל 20 השניות. 4. מגרף מהירות כתלות בזמן ניתן למצוא רק את העתק התנועה ולא את מיקום הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5848
2.2  	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף.	הגוף נע במהירות קבועה, במשך 20 שניות. הגוף מתחיל לנוע ממקום התחלתי של 2 מטר גודל מהירותו 0.3 מטר לשנייה. ההעתק התנועה 6 מטר.	1. הגוף נע במהירות חיובית, לכן ניתן לקבוע שהוא נע בכיוון ציר התנועה. 2. ברגע תחילת התנועה יש לגוף מהירות. 3. הפונקציה עולה, אך זה לא אומר שהגוף נע בהכרח כלפי מעלה. מהגרף ניתן לקבוע שהמהירות חיובית (שיפוע הגרף הוא חיובי) לכן הגוף נע בכיוון הציר. אם כיוונו החיובי של ציר התנועה הוא כלפי מטה, הגוף נע למטה (ולא למעלה). 4. אין משמעות לשטח התחום בגרף מקום זמן.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5849

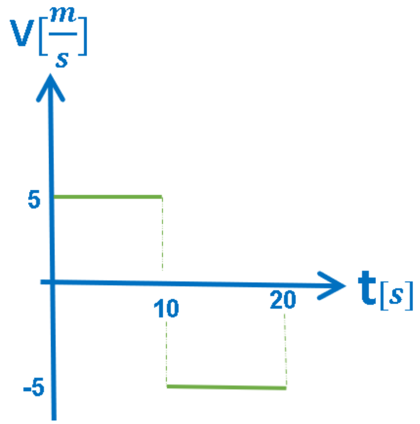
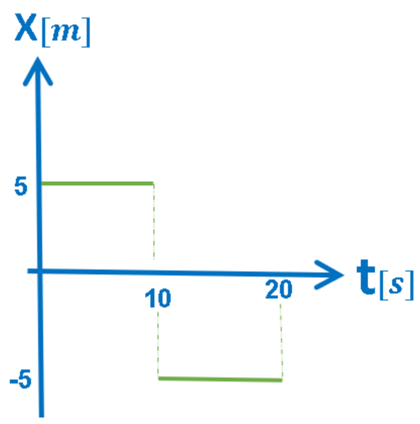
3.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף.	הגוף נע בתאוצה קבועה במשך 20 שניות. הגוף מתחיל לנוע ממנוחה. גודל תאוצתו 0.45 מטר לשנייה בריבוע. העתק התנועה 90 מטר.	1. הגוף מתחיל לנוע ממנוחה (מהירותו ההתחלתית שווה לאפס) 2. אין לגוף מהירות ברגע תחילת התנועה אך יש לגוף תאוצה ברגע תחילת התנועה. 3. כל זמן התנועה, מהירות הגוף היא חיובית. לכן, ניתן לקבוע שהגוף נע בכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5850
3.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	הגוף נע במהירות קבועה, במשך 20 שניות. הגוף מתחיל לנוע מנקודת ראשית ציר התנועה. גודל מהירותו 0.45 מטר לשנייה. ההעתק התנועה 9 מטר.	1.הגוף נע מנקודת ראשית הציר, הוא לא נע ממנוחה. יש לו מהירות התחלתית. 2. שיפוע הפונקציה חיובי וקבוע, לכן הגוף נע במהירות קבועה בכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5851

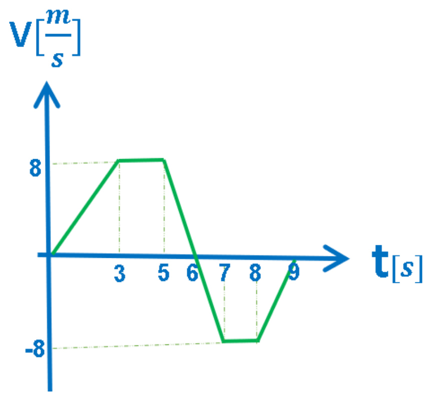
4.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף.	הגוף נע בתאוצה קבועה במשך 20 שניות. בתחילה הוא נע נגד כיוון הציר ולאחר מכן הגוף נע בכיוון הציר. הגוף מתחיל לנוע ממהירות התחלתית של מינוס 2 מטר לשנייה. גודל תאוצתו 0.5 מטר לשנייה בריבוע, משך כל 20 השניות. העתק התנועה בארבע שניות ראשונות הוא מינוס 4 מטר. העתק התנועה ב 16 שניות לאחר מכן הוא 64 מטר. העתק כולל 60 מטר.	1. בארבעת השניות הראשונות מהירות הגוף שלילית, הגוף נע נגד כיוון הציר. ברגע t=4s הגוף נעצר רגעית, ולאחר מכן הוא נע במהירות חיובית, הגוף נע בכיוון הציר. 2. הגוף נע בתאוצה קבועה, תאוצתו לא משתנה כל זמן התנועה גם כאשר הגוף נע בכיוון הציר גם כאשר הוא נע נגד כיוון הציר, וגם כאשר הוא נעצר רגעית ברגע t=4s. 3. באופן כללי שטח לא יכול להיות שלילי. בקינמטיקה אנחנו מתייחסים לשטח התחום מתחת לציר הזמן בגרף מהירות-זמן כשלילי, המשמעות היא שהעתק הגוף הוא שלילי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5852
4.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף.	הגוף נע במהירות קבועה, במשך 20 שניות הגוף מתחיל לנוע ממקום התחלתי $X_0=-2m$. גודל מהירותו 0.5 מטר לשנייה. ההעתק התנועה 10 מטר. מיקומו הסופי של הגוף הוא $x=8m$	1. בארבע השניות הראשונות הגוף חולף במיקומים שליליים, ברגע t=4s הגוף חולף בנקודת ראשית הציר ולאחר מכן הוא נע במיקומים חיוביים. 2. הגוף נע במהירות קבועה, מהירותו לא משתנה כל זמן התנועה, גם כאשר הוא חולף בנקודת ראשית הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5853

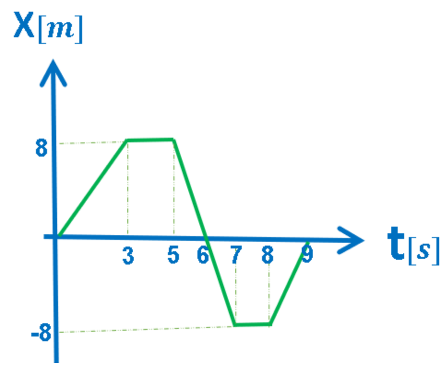
5.1  	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף.	הגוף נע במהירות הולכת וקטנה, בתאוצה הולכת וקטנה, במשך 20 שניות. הגוף מתחיל לנוע ממנוחה. מהירותו גדלה בקצב הולך וקטן. בסוף התנועה, ברגע t=20s, תאוצת הגוף היא אפסית. מהירותו 10 מטר לשנייה.	1. במשך כל זמן התנועה המהירות גדלה, תאוצת הגוף משתנה, אך היא חיובית כל זמן התנועה. 2. גוף יכול לנוע בתאוצה הולכת וקטנה במהירות חיובית. אבל גוף לא יכול לנוע במהירות קטנה בתאוצה חיובית.(כאשר המהירות קטנה התאוצה שלילית) 3. ברגע תחילת התנועה אין לגוף מהירות אך יש לו תאוצה מקסימלית. 4. בסיום התנועה ברגע t=20s השיפוע מאוד קטן אך לא ניתן לקבוע על סמך הגרף שהוא שווה לאפס. (על סמך הגרף ניתן לקבוע שבנקודת הקיצון של פרבולה השיפוע שווה לאפס).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5854
5.2  	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	הגוף נע בכיוון הציר במהירות הולכת וקטנה במשך 20 שניות. הגוף מתחיל לנוע מנקודת ראשית הציר. יש לגוף מהירות התחלתית הוא לא נע ממנוחה. בסוף התנועה, ברגע t=20s, מהירות הגוף אפסית.	1. במשך כל זמן התנועה הגוף נע בכיוון הציר. מהירותו משתנה, אך היא חיובית כל זמן התנועה. 2.שיפוע הפונקציה הולך וקטן, לכן מהירות הגוף הולכת וקטנה. תאוצת הגוף שלילית! 3. על סמך הגרף בלבד לא ניתן לקבוע שהגוף נע בתאוצה קבועה. 4. הגוף לא נע ממנוחה, יש לו מהירות התחלתית. 5. ברגע t=20s מהירות הגוף היא אפסית. לא בהכרח שווה לאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5855

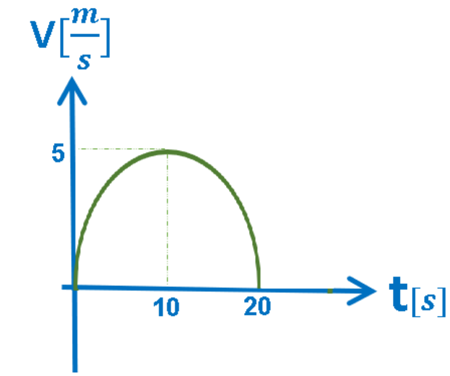
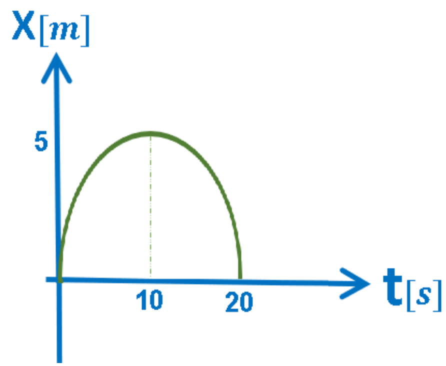
6.1 	נחלק את תנועת הגוף לשלוש תנועות: **תנועה 1:** $0 < t < 3s$ **תנועה 2:** $3s < t < 14s$ **תנועה 3:** $14s < t < 20s$ תאר כיצד הגוף נע בכל אחת משלושת התנועות.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	**תנועה 1-** תנועה במהירות קבועה, גודל מהירות הגוף 1.33 מטר לשנייה. הגוף מתחיל לנוע מנקודת ראשית הציר לאורך העתק של 4 מטרים. **תנועה 2-** תנועה במהירות הולכת וקטנה, ממהירות 1.33 מטר לשנייה ועד לעצירה. בתנועה זו הגוף נע לאורך העתק של 7.33 מטרים. **תנועה 3-** הגוף נח במיקום X=11.33m , במשך 6 שניות.	1. הגוף נע בשלוש תנועות שונות, בסופן הוא נח. 2. הגוף לא מתחיל לנוע ממנוחה. 3. בקטע התנועה השני שיפוע הגרף הולך וקטן, לכן בקטע תנועה זה הגוף נע במהירות הולכת וקטנה ותאוצתו שלילית. 4. על סמך הגרף בלבד לא ניתן לקבוע שבתנועה השנייה הגוף נע בתאוצה קבועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5856
6.2 	נחלק את תנועת הגוף לשלוש תנועות: **תנועה 1:** $0 < t < 3s$ **תנועה 2:** $3s < t < 14s$ **תנועה 3:** $14s < t < 20s$ תאר כיצד הגוף נע בכל אחת משלושת התנועות.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף	**תנועה 1-** תנועה בתאוצה קבועה. גודלה 1.33 מטר לשנייה בריבוע. הגוף נע ממנוחה לאורך העתק של 6 מטרים. **תנועה 2-** תנועה בתאוצה משתנה. תנועה במהירות הולכת וגדלה, בתאוצה הולכת וקטנה. **תנועה 3-** הגוף נע במהירות קבועה שגודלה 11.33 מטר לשנייה, במשך 6 שניות, לאורך העתק של 96 מטרים.	1.הגוף נע ממנוחה בשלוש תנועות שונות, בסופן הוא נע במהירות קבועה. 2. בקטע התנועה השני הגוף נע בתנועה חיובית הולכת וקטנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5857

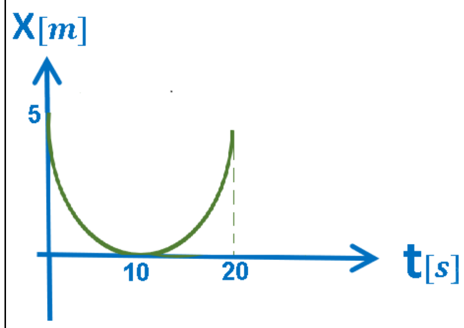
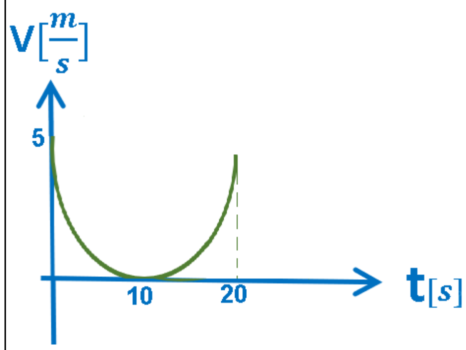
7.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף.	הגוף נע בתנועה במהירות קבועה שגודלה 10 מטר לשנייה, במשך 10 שניות, לאורך העתק של 100 מטר. לאחר מכן, הגוף נע במהירות קבועה שגודלה 5 מטר לשנייה, במשך 10 שניות, לאורך העתק של 50 מטרים. .	1.ברגע t=10s המהירות משתנה "באפס זמן" מ- 10 מטר לשנייה ל- 5 מטר לשנייה. במציאות המהירות לא יכולה להשתנות "באפס זמן", מכיוון שלא קיימת תאוצה אין סופית. לכן, המקרה המתואר בגרף הוא תיאורטי ולא מציאותי. 2. כאשר גוף נע במהירות קבועה בקטע תנועה אחד, ובמהירות קבועה אחרת בקטע תנועה שני - תנועת הגוף נקראת תנועה קצובה למקוטעין.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5858
7.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	הגוף נח בשני מיקומים שונים. במשך עשרת השניות הראשונות הגוף נח במיקום X=10m. במשך 10 השניות האחרונות מיקום הגוף הוא X=5m.	ברגע t=10s מיקום הגוף משתנה "באפס זמן" ממיקום X=10m, למיקום X=5m. במציאות, המיקום לא יכול להשתנות "באפס זמן", מכיוון שלא קיימת מהירות אין סופית. גם המקרה המתואר בגרף זה הוא תיאורטי ולא מציאותי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5859

8.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף **V(t)** מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף	הגוף נע בתנועה קצובה למקוטעין. ב- 10 השניות הראשונות הגוף נע במהירות חיובית שגודלה 5 מטר לשנייה וב- 10 השניות שלאחר מכן הגוף נע במהירות שלילית של מינוס 5 מטר לשנייה. במשך 10 השניות הראשונות העתק תנועת הגוף הוא 50 מטר. במשך 10 השניות אחרונות העתק התנועה הוא מינוס 50 מטר.	ברגע **t=10s** מהירות הגוף משתנה בתאוצה שלילית אין סופית. המקרה המתואר בגרף הוא תיאורטי ולא מציאותי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5860
8.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף **x(t)** מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	הגוף נח בשני מקומות שונים. בעשר השניות הראשונות הגוף נח במיקום **X=5m**. בעשר השניות האחרונות הגוף נח במיקום **X=-5m**.	ברגע **t=10s** מיקום הגוף משתנה במהירות שלילית אין סופית. המקרה המתואר בגרף הוא תיאורטי ולא מציאותי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5861

9.1 	נחלק את תנועת הגוף לחמש תנועות: תנועה 1: $0 < t < 3s$ תנועה 2: $3s < t < 5s$ תנועה 3: $5s < t < 7s$ תנועה 4: $7 < t < 8s$ תנועה 5: $8s < t < 9s$ תאר כיצד הגוף נע בכל אחת מחמשת התנועות.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף	__תנועה 1__- תנועה בתאוצה חיובית, ממנוחה, גודלה 2.66 מטר לשנייה בריבוע. __תנועה 2__- תנועה במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה. __תנועה 3__- תנועה בתאוצה שלילית, גודלה מינוס 8 מטר לשנייה בריבוע. במשך שנייה אחת מהירות הגוף חיובית ובמשך שנייה נוספת מהירות הגוף שלילית. __תנועה 4__- תנועה במהירות קבועה שגודלה מינוס 8 מטר לשנייה . __תנועה 5__- תנועה בתאוצה חיובית, גודלה 8 מטר לשנייה בריבוע. בסוף התנועה הגוף נח.	1.במשך כל זמן התנועה, מהירות הגוף מתאפסת שלוש פעמים. 2. ברגע t=6s מהירות הגוף שווה לאפס, אך תאוצת הגוף ברגע t=6s שונה מאפס. 3. מרגע t=5s ועד רגע t=7s הגוף משנה את כיוון תנועתו, אך זו תנועה אחת, תנועה בתאוצה שלילית קבועה. 4. שטח הטרפז התחום בשש השניות הראשונות שווה להעתק תנועת הגוף בכיוון הציר. שטח הטרפז בשלוש השניות האחרונות שווה להעתק תנועת הגוף נגד כיוון הציר. 5. המהירות הממוצעת של הגוף במשך כל 9 השניות שונה מאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5862

9.2  	נחלק את תנועת הגוף לחמש תנועות: **תנועה 1:** $0 < t < 3s$ **תנועה 2:** $3s < t < 5s$ **תנועה 3:** $5s < t < 7s$ **תנועה 4:** $7 < t < 8s$ **תנועה 5:** $8s < t < 9s$ תאר כיצד הגוף נע בכל אחת מחמשת התנועות.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	**תנועה 1-** תנועה במהירות חיובית, גודלה 2.66 מטר לשנייה. הגוף לא נע ממנוחה, מנקודת ראשית הצירים. **תנועה 2-** הגוף נח במיקום X=8m . **תנועה 3-** תנועה במהירות שלילית, גודלה מינוס 8 מטר לשנייה. במשך שנייה אחת הגוף נע בצידו החיובי של הציר, ובמשך שנייה נוספת הגוף נע בצידו השלילי של הציר. **תנועה 4-** הגוף נח במיקום X=-8m . **תנועה 5-** תנועה במהירות חיובית, גודלה 8 מטר לשנייה. בסוף התנועה הגוף חוזר לנקודת ראשית התנועה, לראשית הצירים.	1. הגוף נע מנקודת ראשית הציר, אך הוא לא נע ממנוחה. יש רק שני זמנים בהם מהירות הגוף מתאפסת. 2. במשך כל זמן התנועה, הגוף חולף שלוש פעמים בנקודת ראשית הציר. 3. ברגע t=6s הגוף חולף בנקודת הראשית. מהירותו ברגע זה שונה מאפס. 4. מרגע t=5s ועד רגע t=7s הגוף לא משנה את כיוון תנועתו. במשך כל שתי שניות אלו הגוף נע בתנועה במהירות קבועה נגד כיוון הציר. 5. הגוף התחיל לנוע מנקודת ראשית הציר והוא חוזר בסוף לנקודת ראשית הציר. 6. המהירות הממוצעת של הגוף שווה לאפס. 7. בסיום התנועה, ברגע t=9s מהירות הגוף שונה מאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5863

10.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף **V(t)** מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף	הגוף נע ממנוחה, בתאוצה משתנה, הולכת וקטנה. במשך 10 השניות הראשונות: הגוף נע במהירות הולכת וגדלה, בתאוצה חיובית הולכת וקטנה. במשך 10 השניות האחרונות: הגוף נע במהירות הולכת וקטנה בתאוצה שלילית הולכת וקטנה, עד למנוחה.	1.כל זמן התנועה הגוף נע בכיוון הציר. 2. במשך 10 השניות הראשונות מהירות הגוף גדלה. במשך 10 השניות האחרונות מהירות הגוף קטנה. 3. הגוף מתחיל לנוע ממנוחה ומסיים את תנועתו במנוחה. 3. ברגע t=10s תאוצתו הרגעית של הגוף היא אפס, ומהירות מקסימלית 5 מטר לשנייה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5864
10.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף **x(t)** מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף	הגוף נע מנקודת ראשית הציר במהירות משתנה, הולכת וקטנה. הגוף לא נע ממנוחה, יש לו מהירות התחלתית חיובית. במשך 10 השניות הראשונות: הגוף נע במהירות הולכת וקטנה. במשך 10 השניות האחרונות: הגוף ממשיך לנוע במהירות הולכת וקטנה.	1. מחצית מזמן התנועה הגוף נע בכיוון הציר, ומחצית מזמן התנועה הגוף נע נגד כיוון הציר. 2. כל זמן התנועה מהירות הגוף קטנה. הגוף נע בתאוצה שלילית. לפונקציה יש צורה של פרבולה, לכן ניתן לקבוע שהגוף נע בתאוצה שלילית קבועה במשך כל 20 השניות. 3. ברגע t=10s מהירותו הרגעית של הגוף שווה לאפס. הוא נעצר רגעית במיקום x=5m.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5865

11.1 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף x(t) מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירותו של הגוף.	תנועה בתאוצה קבועה, וחיובית. הגוף מתחיל לנוע ממיקום X=5m במהירות התחלתית שלילית. במשך 10 השניות הראשונות הגוף נע במהירות הולכת וגדלה. במשך 10 השניות האחרונות הגוף ממשיך לנוע במהירות הולכת וגדלה, באותה התאוצה החיובית.	1. יש לגוף מהירות התחלתית שלילית. כל 20 השניות הגוף נע בתאוצה חיובית קבועה. 2. ברגע t=10s מהירותו הרגעית של הגוף שווה לאפס. הוא נעצר רגעית בראשית ציר התנועה. 3.ניתן לתאר את תנועת הגוף בפונקציה אחת. 4. בסיום התנועה הגוף חוזר לנקודת תחילת התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5866
11.2 	תאר באופן המפורט ביותר את תנועת הגוף המתוארת בגרף.	גרף V(t) מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. השטח התחום שווה להעתק תנועת הגוף	תנועה בתאוצה משתנה, הולכת וגדלה. הגוף מתחיל לנוע ממהירות 5 מטר לשנייה. במשך 10 השניות הראשונות: הגוף נע במהירות הולכת וקטנה, בתאוצה שלילית הולכת וגדלה. במשך 10 השניות האחרונות: הגוף נע במהירות הולכת וגדלה בתאוצה חיובית הולכת וגדלה.	1.כל זמן תנועת הגוף הוא נע בכיוון הציר. 2. ברגע t=10s תאוצתו הרגעית של הגוף היא אפס. לא ניתן לדעת מה מקומו ברגע זה. 3. הגוף נע בתאוצה משתנה, לא ניתן לתאר את תנועתו בפונקציה אחת. 4. בסיום התנועה הגוף לא חוזר לנקודת תחילת התנועה, כל זמן התנועה הגוף נע בכיוון החיובי של ציר התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2784&chapterid=5867

פרקטיקות 3- גרפים כמותי

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

תרגול זה עוסק בשני הגרפים: מהירות־זמן ומקום־זמן באופן כמותי.

כדי לענות על שאלות אלו יש להשתמש בעקרונות הגרפיים ובפונקציות והביטויים בקינמטיקה.

חשוב לענות על שני קבצי הפרקטיקות הקודמים: פרקטיקות 1 ו- פרקטיקות 2 כהכנה לפרקטיקות 3.

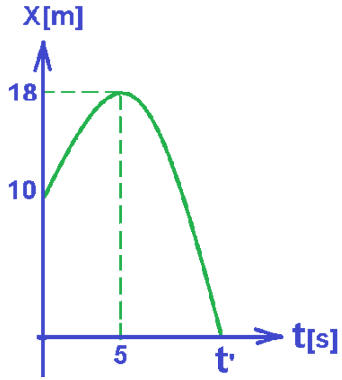
התרגול מחולק לשני חלקים:

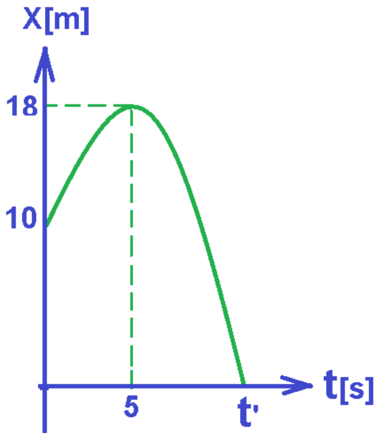
1. תנועת גוף בודד.
2. תנועת שני גופים.

נוסחאות תנועה בקו ישר המופיעות בדפי הנוסחאות:

קינמטיקה — תנועה לאורך קו ישר	
מהירות רגעית	$v = \frac{dx}{dt}$
תאוצה רגעית	$a = \frac{dv}{dt}$
מהירות ממוצעת	$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
תנועה שוות–תאוצה	$v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

1- תנועת גוף בודד

תיאור הגרף	דרישה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1- תנועתו של גוף הנע בתאוצה קבועה מתוארת בגרף הבא. התנועה מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו ימינה. 	**1.1-** תאר באופן מילולי את תנועת הגוף.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V_0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	הגוף מתחיל לנוע ממיקום $X_0=10m$, בכיוון הציר, במהירות הולכת וקטנה. כעבור 5 שניות מרגע תחילת התנועה הגוף נעצר רגעית, חוזר חזרה לכיוון נקודת תחילת התנועה, וממשיך לנוע עד לנקודת ראשית הציר.	הגוף נע הלוך ושוב, אך זו תנועה אחת. ניתן להשתמש בכל אחת מהפונקציות הקינמטיות לכל זמן התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5870
	1.2- המהירות ההתחלתית $V_0 = ?$ <u>הנחיה:</u> יש להשתמש בשתי פונקציות, לפתור שתי משוואות בשני נעלמים.		$V_0 = 3.2 \frac{m}{s}$	בכל תנועה יש רגע התחלה ורגע סיום, כדי למצוא את המהירות ההתחלתית יש להתייחס לתנועה המתחילה ברגע תחילת התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5872

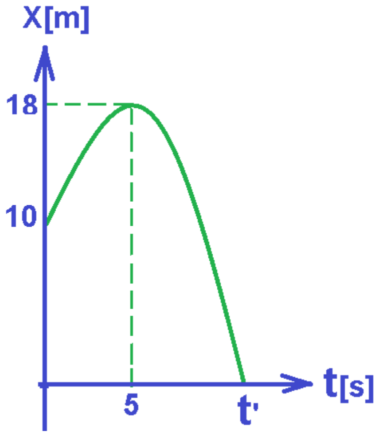
המשך שאלה 1 תנועתו של גוף הנע בתאוצה קבועה מתוארת בגרף הבא. התנועה מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו ימינה. 	**1.3- תאוצתו של הגוף.** $a=?$ **הנחיה:** יש להשתמש בשתי פונקציות ולפתור שתי משוואות בשני נעלמים.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X=X_0+V_0t+\frac{1}{2}at^2$ $V=V_0+at$ $V^2=V0^2+2a\Delta X$ $\bar{V}=\frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	$a=-0.64\frac{m}{s^2}$	מהגרף ניתן לראות שמהירות הגוף הולכת וקטנה, לכן התאוצה היא שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5873
	1.4- זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא מגיע לנקודת ראשית הציר. $t'=?$		$t'=12.5s$	לאחר חישוב הרגע בו הגוף מגיע לראשית הציר, מומלץ לבדוק אם אכן הזמן המתקבל מהחישוב מתאים לגרף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5874
	1.5- מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודת ראשית הציר. $V=?$		$V=-4.8\frac{m}{s}$	מהגרף ניתן לראות שברגע סיום התנועה שיפוע הגרף הוא שלילי, לכן מהירות הגוף היא שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5875

63

המשך שאלה 1

1-תנועתו של גוף הנע בתאוצה קבועה מתוארת בגרף הבא.

התנועה מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו ימינה.



1.6- מהירותו הממוצעת של הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא מגיע לנקודת ראשית הציר.

$$\overline{V} = ?$$

הנחיה: יש להשתמש בהגדרת המהירות הממוצעת.

גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע.

שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף.

הפונקציות הקינמטיות:

$$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

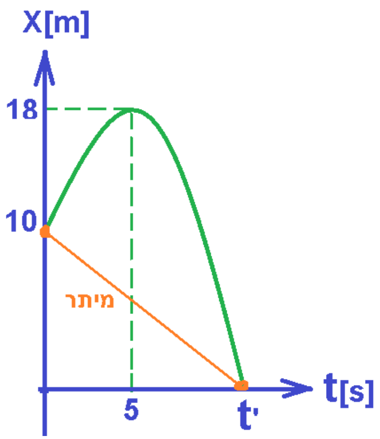
$$V = V_0 + at$$

$$V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$$

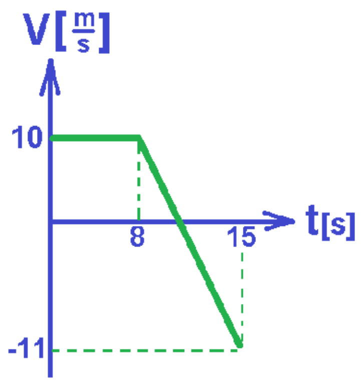
$$\overline{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$$

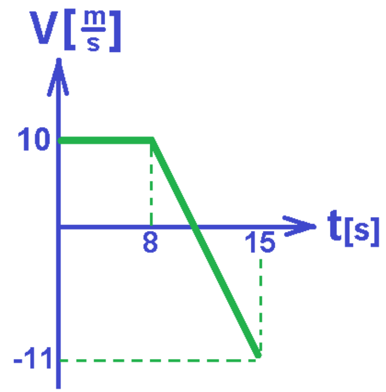
$$\overline{V} = -0.8 \frac{m}{s}$$

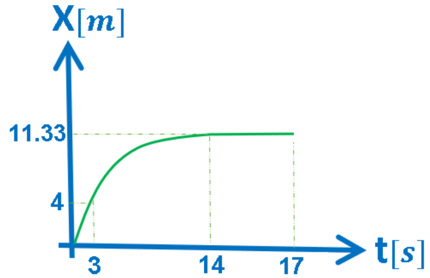
בגרף מקום כתלות בזמן המהירות הממוצעת בקטע תנועה מסוים, שווה לשיפוע המיתר באותו קטע.

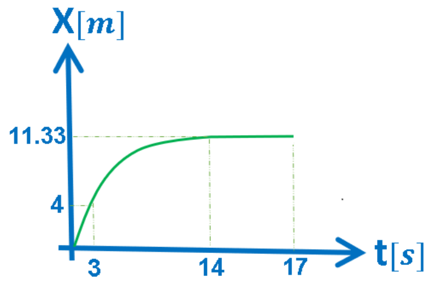


https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5869

2- גוף נע בשתי תנועות שונות, במשך 15 שניות. מיקומו ההתחלתי של הגוף הוא X_0=3m. תנועת הגוף מתוארת בגרף הבא, ביחס לציר שכיוונו החיובי שמאלה. 	**2.1** - תאר באופן מילולי את תנועת הגוף.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	הגוף נע ממקום X_0=3m שמאלה, במשך 8 שניות, במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה. מרגע t=8s, מהירות הגוף קטנה בקצב קבוע, הגוף נע בתאוצה שלילית קבועה במשך שבע שניות, עד לסיום התנועה ברגע t=15s.	הגוף נע בשתי תנועות שונות התנועה הראשונה: תנועה במהירות קבועה. התנועה השנייה: תנועה בתאוצה קבועה. לא ניתן להשתמש בפונקציה אחת לשתי התנועות. יש לנתח כל אחת מהתנועות בנפרד.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5876
	2.2 - חשב את תאוצת הגוף בקטע התנועה השני. $a = ?$		$a = -3\frac{m}{s^2}$	תאוצת הגוף לפני העצירה שווה לתאוצתו לאחר העצירה והיא גם שווה לתאוצתו ברגע העצירה. הגוף נע בתאוצה קבועה בכל שבע השניות האחרונות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5877
	2.3 -מצא את הרגע שבו הגוף נעצר. $t = ?$		$t = 11.33s$	יש למצוא את הזמן שעובר מרגע תחילת התנועה ועד לעצירה. ולא מרגע תחילת הבלימה עד לעצירה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5878

המשך שאלה 2	שאלה	הפונקציות	תשובה	הסבר	קישור
<u>המשך שאלה 2</u> גוף נע בשתי תנועות שונות, במשך 15 שניות. מיקומו ההתחלתי של הגוף הוא $X_0 = 3m$. תנועת הגוף מתוארת בגרף הבא, ביחס לציר שכיוונו החיובי שמאלה.  	**2.4 - מה המיקום של הגוף ברגע שהוא נעצר?** $X = ?$	גרף מהירות כתלות בזמן מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. השטח התחום בגרף שווה להעתקת התנועה. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{כולל}}{\Delta t_{כולל}}$	$X = 99.66m$	מרגע תחילת התנועה ועד רגע העצירה הגוף נע בכיוון הציר (מהירותו חיובית). השטח התחום בגרף (בפרק הזמן שבין רגע תחילת התנועה לרגע העצירה) שווה להעתקת התנועה. הגוף לא מתחיל לנוע מנקודת ראשית הציר, לכן העתק התנועה שונה ממיקום הגוף ברגע העצירה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5879
	2.5 - מה מיקומו של הגוף ברגע סיום התנועה (כאשר t=15s)? $X = ?$		$X = 79.52m$	כאשר מהירות הגוף היא שלילית הגוף נע נגד כיוון הציר. השטח התחום בין רגע העצירה לרגע סיום התנועה שווה להעתקת תנועת הגוף בכיוון השלילי של ציר המקום (העתק שלילי).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5880
	2.6 - חשב את מהירותו הממוצעת של הגוף. $\bar{V} = ?$		$\bar{V} = 5.1\frac{m}{s}$	המהירות הממוצעת תלויה בהעתקת התנועה ולא במיקומו הסופי או ההתחלתי של הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5881

3 - גוף נע במשך 15 שניות בתנועות שונות: תנועה1- $0< t < 3s$ תנועה2- $3s < t < 14s$ תנועה בתאוצה קבועה. תנועה3- $14s < t < 17s$ 	**3.1** - תאר באופן מילולי את תנועת הגוף.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	הגוף נע בשלוש תנועות שונות. תנועה ראשונה: הגוף נע מנקודת ראשית הציר במהירות קבועה במשך שלוש שניות, עד למיקום X=4m. תנועה שנייה: הגוף נע בהירות הולכת וקטנה במשך 11 שניות. בסיום התנועה השנייה הגוף נח. תנועה שלישית: הגוף נח שלוש שניות במיקום X=11.33m.	1. מהגרף ניתן לראות שמהירות הגוף קטנה בתנועה השנייה. על סמך הגרף בלבד לא ניתן לקבוע שהגוף נע בתנועה זו בתאוצה קבועה. 2. מהירות הגוף בשלוש השניות הראשונות שווה למהירותו ההתחלתית של הגוף בקטע התנועה השני.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5912
	3.2 - חשב את מהירות הגוף בקטע התנועה הראשון. $V_1 = ?$		$V_1 = 1.33 \frac{m}{s}$	הגוף לא נע ממנוחה, יש לו מהירות התחלתית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5883

המשך סעיף 3 גוף נע במשך 15 שניות בתנועות שונות: תנועה1- $0 < t < 3s$ תנועה2- $3s < t < 14s$ תנועה בתאוצה קבועה. תנועה3- $14s < t < 17s$ 	3.3 - חשב את תאוצת הגוף בקטע התנועה השני. הנח שהגוף נע בקטע זה בתאוצה קבועה.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{כולל}}{\Delta t_{כולל}}$	$a = -0.12 \frac{m}{s^2}$	1.בקטע התנועה השני השיפוע הולך וקטן והמהירות הולכת וקטנה. לכן תאוצת הגוף היא שלילית. 2.התאוצה שלילית אך המהירות חיובית. הגוף נע בכיוון הציר במהירות הולכת וקטנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5886
	3.4 - חשב את המהירות הממוצעת בקטע התנועה השני. $\bar{V} = ?$		$\bar{V} = 0.66 \frac{m}{s}$	1.בגרף מקום כתלות בזמן המהירות הממוצעת שווה לשיפוע המיתר העובר דרך נקודת תחילת הנקודה ודרך נקודת סיום התנועה. 2. כל עוד העתק התנועה הכולל חיובי(הגוף נע בכיוון הציר) מהירותו הממוצעת של הגוף היא חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5887
	3.5 - חשב את המהירות הרגעית באמצע זמן התנועה השנייה, ברגע t=8.5s: $V(8.5) = ?$		$V(8.5) = 0.66 \frac{m}{s}$	1. המהירות הממוצעת של גוף הנע בתאוצה, שווה למהירות הרגעית באמצע זמן התנועה. 2. המהירות הממוצעת של גוף הנע בתאוצה קבועה שווה גם לערך הממוצע החשבוני הפשוט בין המהירות ההתחלתית למהירות הסופית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5888

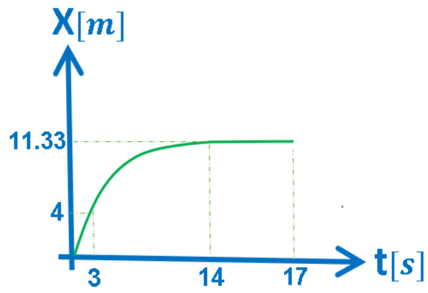
<table>
<tr>
<td><u>המשך סעיף 3</u>

גוף נע במשך 15 שניות בתנועות שונות:

<u>תנועה-1</u> $0 < t < 3s$

<u>תנועה-2</u>$3s < t < 14s$
תנועה בתאוצה קבועה.

<u>תנועה-3</u>$14s < t < 17s$


</td>
<td>3.6 - חשב את המהירות הממוצעת של תנועת הגוף בכל שלושת התנועות.

מרגע t=0s ועד רגע t=17s.

$\overline{V} =?$</td>
<td>גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע.

שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף.

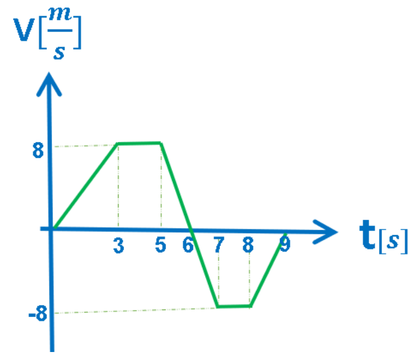
הפונקציות הקינמטיות:

$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

$V = V_0 + at$

$V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$

$\overline{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$</td>
<td>$\overline{V} = 0.66 \frac{m}{s}$</td>
<td>במקרה מיוחד זה המהירות הממוצעת בקטע התנועה השני, שווה למהירות הממוצעת של כל התנועה. (במשך כל 17 השניות).</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5889</td>
</tr>
</table>

4 - גוף נע בחמש תנועות שונות, במשך 9 שניות. מיקומו ההתחלתי של הגוף הוא $X_0=6m$. תנועת הגוף מתוארת בגרף הבא, ביחס לציר שכיוונו החיובי ימינה.  תנועה1- $0<t<3s$ תנועה2- $3s<t<5s$ תנועה3- $5s<t<7s$ תנועה4- $7s<t<8s$ תנועה5- $8s<t<9s$	**4.1** - תאר באופן מילולי את תנועת הגוף.	גרף מהירות כתלות בזמן מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. השטח התחום בגרף שווה להעתק התנועה. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X=X_0+V_0t+\frac{1}{2}at^2$ $V=V_0+at$ $V^2=V0^2+2a\Delta X$	הגוף נע בחמש תנועות שונות במשך 9 שניות. תנועה ראשונה: הגוף נע ממנוחה בתאוצה קבועה במשך שלוש שניות. תנועה שנייה: הגוף נע בהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה במשך שלוש שניות. תנועה שלישית: הגוף נע במהירות הולכת וקטנה בתאוצה שלילית קבועה, במשך שתי שניות. תנועה רביעית: הגוף נע במהירות שלילית קבועה במשך שנייה אחת. תנועה חמישית: הגוף נע במשך שנייה אחת, במהירות שלילית הולכת וגדלה עד לעצירה.	1. בתנועה השלישית הגוף משנה את כיוון תנועתו, אך זו תנועה אחת. 2. מהגרף ניתן לקבוע שהגוף עוצר שלוש פעמים, ברגעים: **t=0s, t=6s, t=9s.** 3. במשך שש השניות הראשונות מהירות הגוף חיובית, הגוף נע בכיוון הציר. במשך שלושת השניות האחרונות מהירות הגוף שלילית, הגוף נע נגד כיוון הציר. 4. בסיום התנועה הגוף נעצר, אך לא חוזר לנקודת תחילת התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5913 https://m

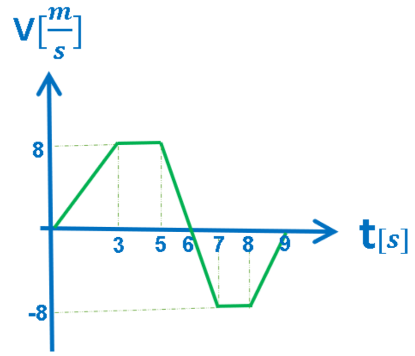
70

המשך סעיף 4

גוף נע בחמש תנועות שונות, במשך 9 שניות.

מיקומו ההתחלתי של הגוף הוא X_0=6m.

תנועת הגוף מתוארת בגרף הבא, ביחס לציר שכיוונו החיובי ימינה.



תנועה1- $0 < t < 3s$

תנועה2- $3s < t < 5s$

תנועה3- $5s < t < 7s$

תנועה4- $7s < t < 8s$

תנועה5- $8s < t < 9s$

גרף מהירות כתלות בזמן מתאר את מהירות הגוף בכל רגע.

השטח התחום בגרף שווה להעתקת התנועה.

שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף.

הפונקציות הקינמטיות:

$$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

$$V = V_0 + at$$

$$V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$$

$$\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$$

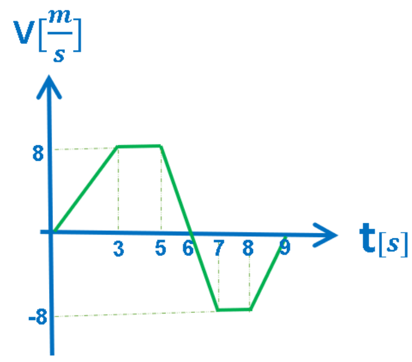
שאלה	תשובה	הסבר	קישור
4.2 - חשב את תאוצת הגוף בקטע התנועה הראשון. $a_1 = ?$	$a_1 = 2.66\frac{m}{s^2}$	השיפוע בכל גרף שווה ליחס בין הפרש הערכים בציר האנכי להפרש ערכים בציר האופקי. השיפוע בגרף מהירות כתלות בזמן זהה להגדרת התאוצה, לכן ערך השיפוע בגרף מהירות כתלות בזמן שווה לערך התאוצה.	oodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5890
4.3 - חשב את מהירות הגוף ברגע t=2.8s $V(2.8) = ?$	$V(2.8) = 7.44\frac{m}{s}$	מהגרף ניתן לראות שברגע t=2.8s, מהירות הגוף קטנה מעט מ- 8 מטר לשנייה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5891
4.4 - חשב את מהירות הגוף ברגע t=6.2s $V(6.2) = ?$	$V(6.2) = -1.6\frac{m}{s}$	1.כל הפונקציות בקינמטיקה עוסקות רק בתנועה אחת. 2. במקרה זה יש להשתמש בפונקציית המהירות כתלות בזמן לתנועה השלישית. 3.מהירות הגוף כעבור 6.2 שניות מרגע תחילת התנועה הראשונה שווה למהירות הגוף כעבור 1.2 שניות מרגע תחילת התנועה השלישית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5892
4.5 - חשב את			https://m

המשך סעיף 4

גוף נע בחמש תנועות שונות, במשך 9 שניות.

מיקומו ההתחלתי של הגוף הוא X0=6m.

תנועת הגוף מתוארת בגרף הבא, ביחס לציר שכיוונו החיובי ימינה.



תנועה1- $0 < t < 3s$

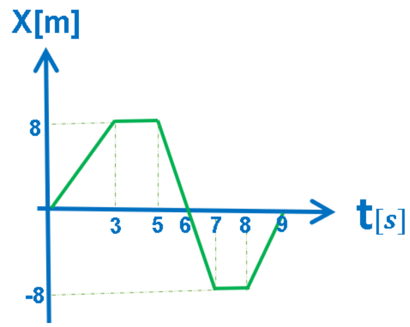
תנועה2- $3s < t < 5s$

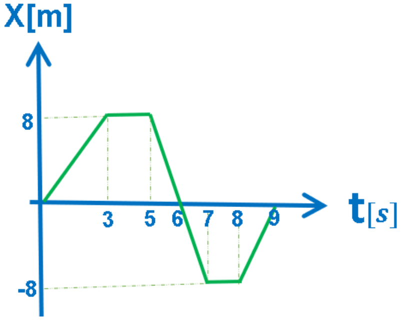
תנועה3- $5s < t < 7s$

תנועה4- $7s < t < 8s$

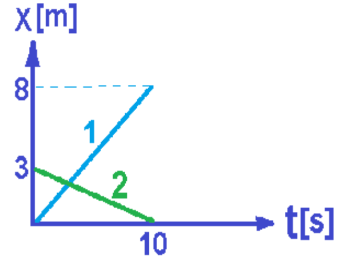
תנועה5- $8s < t < 9s$

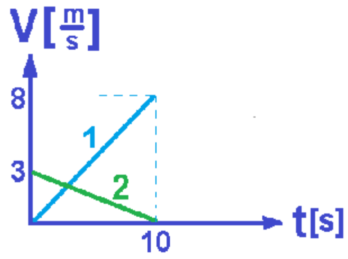
מיקום הגוף ברגע t=6.2s $X(6.2) = ?$	גרף מהירות כתלות בזמן מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. השטח התחום בגרף שווה להעתק התנועה. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. הפונקציות הקינמטיות:	$X(6.2) = 37.84m$	1.כדי למצוא את המיקום המבוקש יש להשתמש בפונקציית המקום-זמן לתנועה השלישית. 2. מיקומו של הגוף בתום שש השניות הראשונות שונה מהעתקת תנועתו בשש השניות הראשונות, מכיוון שהגוף לא מתחיל לנוע בתנועה הראשונה מראשית הציר.	oodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5893
4.6 - חשב את מיקום הגוף ברגע t=8.5s $X(8.5) = ?$	$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$X(8.5) = 23m$	זה סעיף מעט מורכב המבוסס על מספר שלבים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5894
4.7 - חשב את המהירות הממוצעת בקטע התנועה השני. $\overline{V} = ?$	$\overline{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	$\overline{V} = 1.77\frac{m}{s}$	1.המהירות הממוצעת תלויה בהעתקת הכולל, ניתן לחשב את ההעתקת מהשטחים התחומים. 2. המהירות הממוצעת תלויה בהעתקת התנועה והיא לא תלויה במיקום ההתחלתי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5914

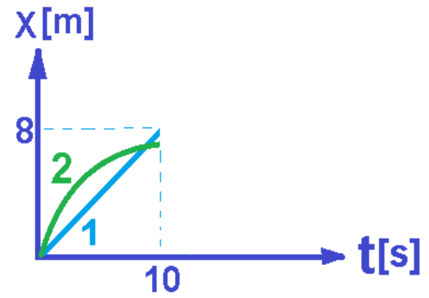
5. גוף נע בתנועות שונות, במשך 9 שניות. **תנועת הגוף מתוארת בגרף הבא:**  **<u>תנועה1</u>-** $0 < t < 3s$ **<u>תנועה2</u>-** $3s < t < 5s$ **<u>תנועה3</u>-** $5s < t < 7s$ **<u>תנועה4</u>-** $7s < t < 8s$ **<u>תנועה5</u>-** $8s < t < 9s$	**5.1 - תאר באופן מילולי את תנועת הגוף.**	**גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע.** **שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף.** **הפונקציות הקינמטיות:** $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	**הגוף נע בחמש תנועות שונות במשך 9 שניות.** **תנועה ראשונה:** **הגוף נע מנקודת ראשית ציר התנועה במהירות קבועה, במשך שלוש שניות.** **תנועה שנייה:** **הגוף נח במשך שתי שניות, במיקום X=8m.** **תנועה שלישית:** **הגוף נע במהירות שלילית קבועה, במשך שתי שניות. הוא חולף בראשית הציר.** **תנועה רביעית:** **הגוף נח,** **במיקום X=-8m.** **תנועה חמישית:** **הגוף נע במשך שנייה אחת, במהירות חיובית קבועה עד שהוא מגיע לנקודת ראשית הציר.**	**1. מהגרף ניתן לקבוע שהגוף חולף בנקודת ראשית הציר, שלוש פעמים, ברגעים:** **t=0s, t=6s, t=9s.** **2. במשך שש השניות הראשונות הגוף נמצא בצידו החיובי של הציר.** **ובמשך שלוש השניות האחרונות הגוף נמצא בצידו השלילי של הציר.** **3. בסיום התנועה הגוף חוזר לנקודת ראשית הציר, מהירותו בסיום התנועה שונה מאפס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5915

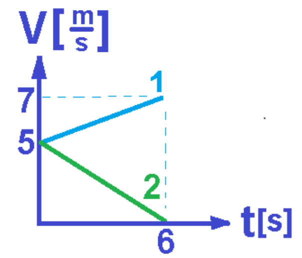
המשך סעיף 5	שאלה	נוסחאות	תשובה	הסבר	קישור
המשך סעיף 5 גוף נע בתנועות שונות, במשך 9 שניות.  תנועה-1 $0 < t < 3s$ תנועה-2 $3s < t < 5s$ תנועה-3 $5s < t < 7s$ תנועה-4 $7s < t < 8s$ תנועה-5 $8s < t < 9s$	5.2 - חשב את מיקום הגוף ברגע t=8.5s $X(8.5) = ?$	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$X(8.5) = -4m$	התנועה הרלוונטית לחישוב מיקום הגוף ברגע t=8.5s היא התנועה החמישית. מיקום הגוף 8.5 שניות לאחר תחילת התנועה שווה למיקום הגוף כעבור 0.5 שניות מרגע תחילת התנועה החמישית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5895
	5.3 - חשב את המהירות הממוצעת של הגוף בכל תשעת השניות.	$\bar{V} = \frac{\Delta X_{כולל}}{\Delta t_{כולל}}$	$\bar{V} = 0\frac{m}{s}$	בכל מקרה שבו הגוף חזר לנקודת תחילת תנועתו, העתק התנועה הכולל שווה לאפס. בהתאם להגדרת המהירות הממוצעת, כאשר ההעתק הכולל שווה לאפס גם המהירות הממוצעת שווה לאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5896

תנועת שני גופים

6- שני גופים נעים בתנועות שונות תנועת הגופים מתוארת בגרף הבא:  הפונקציה הכחולה מתארת את תנועתו של גוף 1. הפונקציה הירוקה מתארת את תנועתו של גוף 2.	6.1 - תאר באופן מילולי את תנועתו של כל אחד מהגופים.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{כולל}}{\Delta t_{כולל}}$	גוף 1- נע במהירות קבועה וחיובית מנקודת ראשית הציר במשך 10 שניות עד למיקום X=8m. גוף 2- נע במהירות קבועה ושלילית, במשך 10 שניות, ממיקום X=3m, עד למיקום X=0m.	מהגרף ניתן לראות שהגופים נפגשים, אך מפגש הגופים לא משפיע על תנועתם. יש להניח שהגופים נעים במסלולים מקבילים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5898
	6.2 - מצא את מהירותו של כל אחד מהגופים. $V_1 = ?$ $V_2 = ?$		$V_1 = 0.8\frac{m}{s}$ $V_2 = -0.3\frac{m}{s}$	שני הגופים לא מתחילים לנוע ממנוחה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5899
	6.3 - חשב את זמן ומקום המפגש: $t' = ?$ $X' = ?$		$t' = 2.72s$ $X' = 2.18m$	1.רגע המפגש הוא הרגע בגרף בו שתי הפונקציות חוצות אחת את השנייה. 2.ניתן להעריך את רגע המפגש מגרף מקום-זמן.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5900

7- שני גופים נעים בתנועות שונות , תנועת הגופים מתוארת בגרף הבא:  הגופים מתחילים לנוע מנקודת ראשית הציר. הפונקציה הירוקה מתארת את תנועתו של גוף 1,והכחולה את תנועתו של גוף 2.	7.1 - תאר באופן מילולי את תנועתו של כל אחד מהגופים.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	שני הגופים מתחילים לנוע מאותה הנקודה, מנקודת ראשית הציר. גוף 1 - נע בתאוצה קבועה וחיובית ממנוחה, הוא נע במשך 10 שניות. גוף 2 - נע בתאוצה קבועה ושלילית. מהירותו ההתחלתית שלוש מטר לשנייה. הוא נע במשך 10 שניות.	מגרף מהירות זמן לבדו, לא ניתן ללמוד על מיקום הגופים. יש להבין כיצד הגופים נעים בהתאם למיקום ההתחלתי ובהתאם לפונקציות בגרף המהירות-זמן.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5902
	7.2 - מצא את תאוצתו של כל גוף. $a_1 = ?$ $a_2 = ?$	$\bar{V} = \frac{\Delta X_{\text{כולל}}}{\Delta t_{\text{כולל}}}$	$a_1 = 0.8\frac{m}{s^2}$ $a_2 = -0.3\frac{m}{s^2}$	כאשר מהירות הגוף גדלה, תאוצתו חיובית וכיוונה ככיוון ציר התנועה. כאשר מהירות הגוף קטנה, תאוצתו שלילית וכיוונה בכיוון נגדי לכיוון ציר התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5903
	7.3 - חשב את זמן המפגש ואת מקום המפגש: $t' = ?$ $X' = ?$	ברגע המפגש שני הגופים נמצאים באותו מקום. לכן מהשוואת פונקציות המקום-זמן, ניתן למצוא את זמן המפגש. בהתאם לזמן המפגש ניתן למצוא את מקום המפגש.	$t' = 5.45\ s$ $X' = 11.88m$	1.הרגע בו הגופים נפגשו הוא לא הרגע שבו הפונקציות חוצות אחת את השנייה. 2.לא ניתן להעריך את רגע המפגש מגרף המהירות כתלות בזמן.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5904

8- שני גופים נעים בתנועות שונות, תנועת הגופים מתוארת בגרף הבא:  הפונקציה הירוקה מתארת את תנועתו של גוף 1. הפונקציה הכחולה מתארת את תנועתו של גוף 2. גוף 2 נע בתאוצה קבועה: $a_2 = -4\frac{m}{s^2}$ מהירותו ההתחלתית: $V_{02} = 20\frac{m}{s}$	8.1 - תאר באופן מילולי את תנועתו של כל אחד מהגופים.	גרף מקום כתלות בזמן מתאר את מיקום הגוף בכל רגע. שיפוע הגרף שווה למהירות הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ $\bar{V} = \frac{\Delta X_{כולל}}{\Delta t_{כולל}}$ ברגע המפגש שני הגופים נמצאים באותו מקום. לכן מהשוואת פונקציות המקום-זמן, ניתן למצוא את זמן המפגש. בהתאם לזמן המפגש ניתן למצוא את מקום המפגש.	גוף 1- נע מנקודת ראשית הציר במהירות קבועה וחיובית, במשך 10 שניות. גוף 2- נע מנקודת ראשית הציר במהירות משתנה, במשך 10 שניות. מהירותו ההתחלתית חיובית והיא הולכת וקטנה. תאוצתו שלילית.	על סמך הגרף בלבד לא ניתן לקבוע בוודאות שאכן הגופים נפגשים במהלך תנועתם.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5906
	8.2 - חשב את זמן ומקום המפגש: $t' = ?$ $X' = ?$		$t' = 9.6\ s$ $X' = 7.68\ m$	מהשוואת פונקציות המקום-זמן מתקבלים שני זמנים בהם הגופים נפגשים: ברגע t=0s , וברגע t=9.6s. שני הזמנים האלו נכונים. השאלה עוסקת במפגש הגופים לאחר תחילת תנועתם.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5907

9- שני גופים נעים בתנועות שונות תנועת הגופים מתוארת בגרף הבא:  הפונקציה הכחולה מתארת את תנועתו של גוף 1. הפונקציה הכחולה את תנועתו של גוף 2. נתון כי גוף 1 מתחיל לנוע מנקודת ראשית הציר, וגוף 2 מתחיל לנוע ממיקום X=10m.	9.1 - תאר באופן מילולי את תנועתו של כל אחד מהגופים.	גרף מהירות כתלות בזמן מתאר את מהירות הגוף בכל רגע. השטח התחום בגרף שווה להעתקת התנועה. שיפוע הגרף שווה לתאוצת הגוף. הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$ ברגע המפגש שני הגופים נמצאים באותו מקום. מהשוואת פונקציות המקום-זמן, ניתן למצוא את זמן המפגש. בהתאם לזמן המפגש ניתן למצוא את מקום המפגש.	גוף 1- נע בתאוצה קבועה וחיובית, במשך 6 שניות. גוף 2- נע בתאוצה קבועה ושלילית, במשך 6 שניות.	1.המהירויות ההתחלתיות של הגופים הן זהות, אך המיקומים ההתחלתיים שונים. 2.באופן כללי תנועת שני גופים היא תנועה לא קלה להבנה, וזה נכון במיוחד כשהתנועה מתוארת בגרף מהירות זמן והגופים נעים ממיקומים התחלתיים שונים. לכן, במקרה כזה מומלץ לתאר את תנועת הגופים ברגע תחילת תנועתם ביחס לציר התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5909
	9.2 - חשב את זמן ומקום המפגש: $t' = ?$ $X' = ?$		$t' = 4.14\ s$ $X' = 23.55\ m$	כדי למצוא את זמן המפגש ומקום המפגש יש לחשב תחילה את תאוצת הגופים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5910
	9.3 - כתוב פונקציית מקום זמן המתארת את המרחק בין גוף 2 לגוף 1,מרגע תחילת תנועתם ועד רגע המפגש.	המרחק בין הגופים שווה להפרש המיקומים. נסמן את המרחק בין הגופים ב X*. $X^* = X_2 - X_1$	$X^* = 10 - 0.58t^2$	1. בשונה מההעתק, ערכו של המרחק הוא תמיד חיובי. 2. הביטוי המופיע בתשובה מתאים לתיאור המרחק מרגע תחילת התנועה ועד רגע המפגש בלבד.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=2785&chapterid=5911

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות קינמטיקה בקו ישר

תנועה בליסטית

2019,1- כדור נזרק כלפי מעלה, נתון גרף מיקום אנכי כתלות בזמן

2018,1- שלושה גופים נזרקים מאותו גובה בו זמנית ונעים בתנועות בליסטיות.

2009,1- תנועת שני כדורים הנזרקים כלפי מעלה , מציאת רגע בו המהירות זהה, ורגע בו גדול המהירות זהה.

2003,1- שתי אבנים נעות בתנועות בליסטיות , זמני תנועה שונים. יש לתאר את תנועתן בגרף מקום זמן.

2001,1 – שני כדורים בתנועות בליסטיות, כדור 1 משוחרר ממנוחה , והשני נזרק למטה, זמני תנועה שונים.

2000,1- שני כדורים בתנועות בליסטיות אחד נזרק מהקרקע כלפי מעלה, השני מהגג למטה, זמן תנועה זהה.

1994,1- אבן נזרקת מפני הקרקע , נדרש לתאר את תנועתה בגרפים: מקום מהירות ותאוצה, יש תנועה יחסית.

שני גופים הנעים בתנועות אופקיות

2021,1- שתי מכוניות נעות בתאוצות על כביש אופקי. זמני תנועה זהים, ללא גרף.

2013,1- שתי סירות נעות בתנועות שונות, תנועת הסירות מתוארת בגרף מקום זמן.

2008,1- שוטר על אופנוע נע בתאוצה קבועה , משיג מכונית , זמני התנועה זהים.

2006,1 – שתי מכוניות מתחרות במסלול ישר, המכוניות נעות בתנועות שונות, נתון גרף מהירות זמן.

2002,1- שוטר על אופנוע נע בתאוצה קבועה אחרי מכונית הנעה במהירות קבועה, זמני התנועה זהים.

תרשים עקבות או טבלת מיקום זמן

2015,1- שתי משאיות נעות במסלולים מקבילים בתרשים מופיעים המיקומים במרווחים זמן קבועים.

2012,1- נתונה טבלת מיקומים אנכיים וזמנים ,יש למצוא מהירות בזמנים שונים לבנות גרף מהירות זמן

2011,1- ניתוח תרשים עקבות בפס נייר של רשם זמן המתאר את תנועת עגלה הנעה במורד מישור משופע.

1999,1- קרונית נעה במסילה ישרה, נתונה טבלת מיקומים זמנים. סעיף אחרון מסילה עקומה.

1998,1- גוף נע בקו ישר, נתונה טבלת מיקומים וזמנים. וגרף מהירות זמן.

1995,1- גוף נע בקו ישר , נתונה טבלת מיקומים וזמנים. וגרף מקום זמן, יחידות לא תקניות.

תנועת גוף בודד

2023,1- גוף נע במורד ובמעלה מישור משופע, נתון גרף מהירות כתלות בזמן.

2022- מכונית נוסעת בתנועות שונות, נתון גרף מהירות כתלות בזמן.

2013,3- מכונית בולמת בתאוצה קבועה, שאלה פרמטרית.

1996,1- גוף נע בקו ישר, נתון גרף מהירות כתלות בזמן. גוף נע בכיוון ציר התנועה ונגד כיוון ציר התנועה.

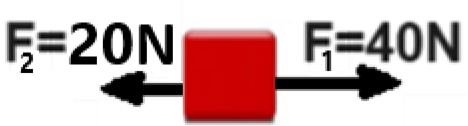
1992,1- מעלית נעה בתנועה אנכית. נתון גרף מהירותה כתלות בזמן.

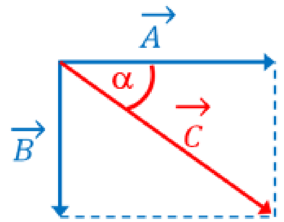
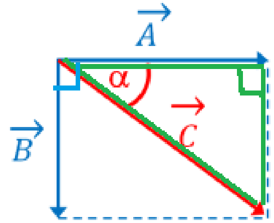
1988,1- גוף נע בקו ישר , נתון גרף מהירות כתלות בזמן , השאלה עוסקת במיקום הגוף ביחס לנקודה

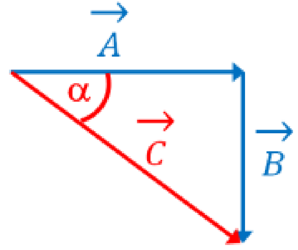
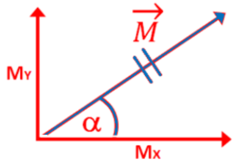
1984,1- רקטה נעה עד שהדלק אזל ,נעה בנפילה חופשית, ולאחר מכן עם מנוע עזר. נתון גרף מהירות זמן.

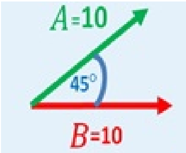
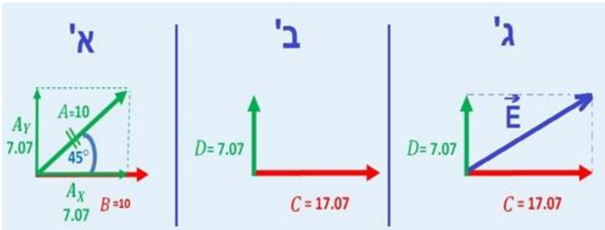
סיכום פסיפס תנועה במישור

סיכום פסיפס תנועה במישור – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

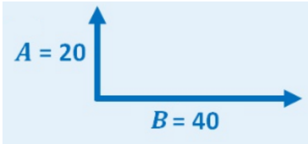
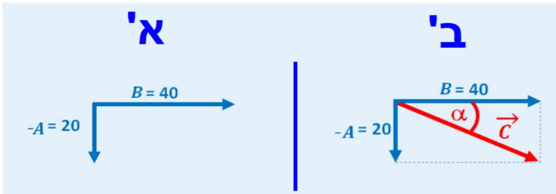
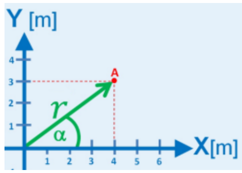
סקלר (Cube-12)	סקלר הוא גודל פיזיקלי שאין לו משמעות של כיוון, כמו זמן ומסה. הסקלר מתואר בעזרת ערך מספרי בלבד. דוגמה: מסתו של אדם בוגר היא כ 70 ק"ג. המסה של ליטר מים היא 1 ק"ג. בין גדלים פיזיקליים סקלריים יש לבצע פעולות חיבור חיסור חילוק וכפל , בצורה פשוטה, בדומה לביצוע פעולות בין מספרים. דוגמה: אדם שמסתו 70 ק"ג שותה ליטר מים, לאחר שתיית המים מסתו של האדם היא 71 ק"ג.
וקטור (Cube-12)	וקטור הוא גודל פיסיקלי שיש לו משמעות של כיוון, כמו כוח ומהירות. הוקטור מתואר בעזרת חץ, כיוון החץ מייצג את כיוון הגודל הפיסיקלי וגודלו של החץ מייצג את עוצמתו של הגודל הפיסיקלי . דוגמה: באיור הבא מתוארים שני כוחות הפועלים על גוף. כוח F1 פועל ימינה וגודלו 40 ניוטון. כוח F2 פועל שמאלה וגודלו 20 ניוטון.  בשונה מסקלרים בביצוע פעולות בין וקטורים יש להתייחס גם לכיוון הוקטורים ולא רק לגודלם. כדי להבחין בין וקטור לסקלר בכתיבת משוואות (לא בתרשימים) מקובל להוסיף חץ אופקי הפונה ימינה, מעל גודל פיזיקלי וקטורי. דוגמה: כדי לכתוב משוואה הקובעת שהכוח F_1 שווה לסכום הוקטורי של הכוחות F_2 ו- F_3 יש לכתוב את המשוואה בצורה הבאה: $\vec{F}_1 = \vec{F}_2 + \vec{F}_3$
וקטור אפס (Cube-12)	וקטור שגודלו אפס, וכיוונו לא מוגדר.
וקטור נגדי (Cube-12)	וקטור נגדי לוקטור נתון הוא וקטור שגודלו כגודל הוקטור הנתון וכיוונו נגדי לכיוון הוקטור הנתון. דוגמה: באיור הבא מופיעים שני וקטורים נגדיים $\vec{F}_1$ ו- $\vec{F}_2$. 

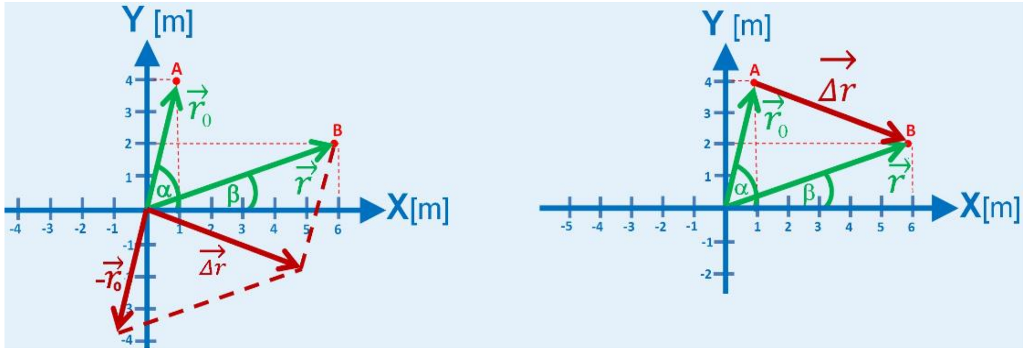
וקטור שקול (Cube-12)	אם מספר וקטורים נתונים מבצעים יחד פעולה מסוימת, ו-וקטור אחד מבצע לבד בדיוק את אותה הפעולה, הוקטור הבודד הוא וקטור שקול לוקטורים הנתונים. בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק בעיקר בוקטור כוח שקול.
חיבור וקטורי (Cube-12)	פעולה בין וקטורים נתונים ממנה מתקבל הוקטור השקול לוקטורים הנתונים. קיימות שלוש שיטות למציאת וקטור שקול: שיטת המקבילית, שיטת המשולש, ושיטת ההיטלים
שיטת המקבילית (Cube-12)	בשיטה זו יש להצמיד את הוקטורים בזנבותיהם, מבלי לשנות את גודלם ואת כיוונם ולהשתמש בבניית עזר ליצירת מקבילית משני הוקטורים הנתונים. אלכסון חוצה המקבילית שזנבו צמוד לזנבות שני הוקטורים הוא הוקטור השקול בגודלו ובכיוונו. $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ דוגמה: נתונים שני וקטורים $\vec{A}$ ו- $\vec{B}$, הוקטור השקול לשני וקטורים אלו הוא הוקטור $\vec{C}$ ומתקיים: נמצא את הוקטור $\vec{C}$ בעזרת שיטת המקבילית:  אם שני הוקטורים הנתונים הם ניצבים, ניתן להשתמש במשפט פיתגורס כדי למצוא את גודלו של הוקטור השקול, ובפונקציית הטנגנס כדי למצוא את כיוונו של הוקטור השקול, כמתואר באיור הבא:  $\lvert C\rvert = \sqrt{\lvert A\rvert^2 + \lvert B\rvert^2}$ $\tan(\alpha) = \frac{\lvert B\rvert}{\lvert A\rvert}$ שיטת המקבילית מתאימה למציאת וקטור שקול לשני וקטורים בלבד. ניתן להשתמש בשיטת המקבילית גם כאשר הוקטורים אינם ניצבים. במקרה כזה לא ניתן לבצע חישוב מדויק, אלא ניתן רק לבצע הערכה לגודלו וכיוונו של הוקטור השקול בעזרת התרשים.

שיטת המשולש (Cube-12)	שיטת המשולש היא שיטה נוספת למציאת וקטור שקול לוקטורים נתונים. בשיטה זו יש לחבר את כל הוקטורים "ראש לזנב". הוקטור שזנבו בזנב הוקטור הראשון וראשו בראש הוקטור האחרון הוא הוקטור השקול בגודלו ובכיוונו. דוגמה: נמצא את הוקטור השקול לשני הוקטורים הנתונים $\vec{A}$ ו- $\vec{B}$ בעזרת שיטת המשולש:  עבור שני וקטורים נתונים שיטת המשולש דומה לשיטת המקבילית ניתן להשתמש בשיטת המשולש כדי לחבר יותר משני וקטורים נתונים.
הפרדה ישרת זווית (Cube-12)	הפרדה ישרת זווית היא פעולה באמצעותה ניתן לקבל שני וקטורים ניצבים השקולים לוקטור נתון. את שני הוקטורים המתקבלים מקובל להגדיר כהיטלי הוקטור או כרכיבי הוקטור. בתרשים מתואר וקטור M הנטוי בזווית אלפא. היטל הוקטור M בכיוון האופקי הוא Mx והיטל הוקטור M בכיוון האנכי הוא MY .  ניתן להשתמש בפונקציות סינוס וקוסינוס כדי לבטא את היטלי הוקטור כתלות בגודלו ובכיוונו של הווטור הנתון, ובכך לבצע את פעולת ההפרדה הישרת זווית: $\boxed{M_Y = M \cdot \sin(\alpha)}$ $\boxed{M_X = M \cdot \cos(\alpha)}$ הפרדה ישרת זווית היא פעולה הפוכה לפעולת מציאת הוקטור השקול. אפשר להגיד שהוקטור M שקול לשני הוקטורים MX ו- MY. ניתן לבצע פעולת הפרדה ישרת זווית לכל וקטור נתון.

חיבור וקטורים בשיטת ההיטלים (Cube-12)	שיטת ההיטלים היא שיטה למציאת הוקטור השקול לוקטורים שאינם ניצבים. (כאשר הוקטורים הנתונים הם ניצבים, לא מתקבל משולש ישר זווית לכן לא ניתן להשתמש בפיתגורס או בפונקציות או הגאומטריות סינוס קוסינוס וטנגנס). בשיטה זו, אנחנו משתמשים בפעולת הפרדה ישרת זווית כדי להגיע מוקטורים שאינם ניצבים לוקטורים שקולים וניצבים. ניתן לחשב את הוקטור השקול לוקטורים הניצבים בעזרת משפט פיתגורס והפונקציות הגיאומטריות. דוגמה: נתונים שני וקטורים שאינם ניצבים $\vec{A}$ ו- $\vec{B}$.  כדי למצוא את הוקטור השקול לשני הוקטורים הנתונים בעזרת שיטת ההיטלים, יש לבצע את שלושת השלבים הבאים: שלב א' - הפרדה ישרת זווית לוקטור $\vec{A}$. שלב ב' - יש לחבר את הוקטורים בכיוון האופקי ובכיוון האנכי, כך שמתקבלים שני וקטורים ניצבים השקולים לשני הוקטורים הנתונים. שלב ג' – מציאת וקטור שקול לשני הוקטורים הניצבים. שלושת השלבים מתוארים באיור הבא: 
כפל וקטור בסקלר (Cube-12)	מהכפלת וקטור בסקלר מתקבל וקטור שכיוונו ככיוון הוקטור המוכפל וגודלו גדול מהוקטור המוכפל פי ערכו של הסקלר. דוגמה: הוקטור $\vec{S}$ מוגדר בעזרת הוקטור $\vec{T}$, באופן הבא: $\vec{S} = 2 \cdot \vec{T}$ באיור הבא מתוארים שני הוקטורים הוקטור המוכפל $\vec{T}$ והוקטור המתקבל $\vec{S}$:  באופן דומה, ניתן לחלק וקטור בסקלר. לא ניתן לחלק סקלר בוקטור.

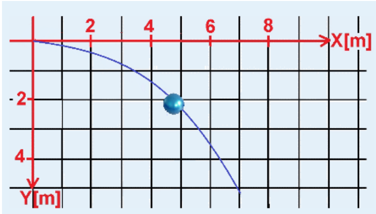
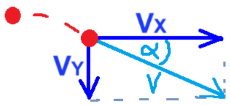
סיכום פסיפס תנועה במישור – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

חיסור וקטורים (Cube-12)	פעולת חיסור וקטורי מבוצעת בעזרת חיבור וקטורי בין הוקטור המחוסר לבין הוקטור הנגדי לוקטור המחסר. דוגמה: נתונים שני וקטורים $\vec{A}$ ו- $\vec{B}$ הבאים:  וקטור $\vec{C}$ מוגדר כוקטור המתקבל מחיסור בין שני הוקטורים הנתונים , באופן הבא: $\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$. כדי למצוא את וקטור $\vec{C}$ המתקבל מפעולת החיסור יש לבצע את שני השלבים הבאים: שלב א' – שרטוט הוקטור הנגדי לוקטור המחסר $\vec{A}$. שלב ב' – חיבור וקטורי בין הוקטור המחוסר $\vec{B}$ לוקטור הנגדי לוקטור המחסר $-\vec{A}$. שני שלבים אלו מתוארים באיור הבא: 
וקטורים בקינמטיקה (Cube-13)	בקורס קינמטיקה בקו ישר תארנו את התנועה ביחס לציר נבחר והתעלמנו מהמשמעות הוקטורית של הגדלים הפיזיקלים הוקטוריים. כדי לנתח תנועה במישור (תנועה שאיננה לאורך קו ישר) - יש לתאר את הגדלים הוקטוריים בקינמטיקה: מקום, העתק, מהירות, ותאוצה בצורה וקטורית.
וקטור המקום (Cube-13)	וקטור המקום מתואר באמצעות מערכת צירים. זנבו של הוקטור נמצא בראשית מערכת הצירים וראשו במיקום אותו הוקטור מתאר. דוגמה: באיור הבא מתואר וקטור $\vec{r}$ המתאר את מיקום הנקודה A.  בצורה הפולארית אפשר להגיד שגודלו של וקטור המיקום הוא 5 מטר וכיוונו 36.86 מעלות. בצורה הקרטזית ניתן לתאר את וקטור המקום כנקודה במערכת הצירים (4,3). לא ניתן להגדיר את וקטור המקום ללא מערכת צירים.

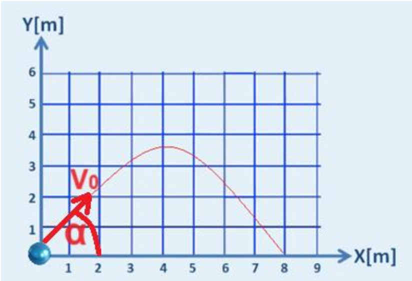
וקטור ההעתק (Cube-13)	וקטור ההעתק מוגדר בעזרת חיסור וקטורי, בין וקטור המקום הסופי לוקטור המיקום ההתחלתי: $\overrightarrow{\Delta r} = \vec{r} - \vec{r}_0$ דוגמה למציאת וקטור העתק של גוף הנע מנקודה A לנקודה B:  בהתאם להגדרת וקטור ההעתק, זנבו של וקטור ההעתק נמצא בנקודת תחילת התנועה וראשו בנקודת סיום התנועה. וקטור המיקום תלוי במערכת הצירים הנבחרת, אך וקטור ההעתק לא תלוי במערכת הצירים.
וקטור המהירות (Cube-13)	וקטור המהירות תלוי ביחס ישר בוקטור ההעתק וביחס הפוך בזמן התנועה (בדומה להגדרת המהירות בתנועה בקו ישר). $\vec{V} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t}$ מהגדרת וקטור המהירות, כיוונו של וקטור המהירות הוא בכיוון וקטור ההעתק, בכיוון התנועה. מהירות קבועה – היא מהירות שלא משתנה בגודלה ולא משתנה בכיוונה!
וקטור התאוצה (Cube-13)	וקטור התאוצה תלוי ביחס ישר בוקטור שינוי המהירות וביחס הפוך בזמן שינוי המהירות (בדומה להגדרת התאוצה בתנועה בקו ישר). $\vec{a} = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$ מהגדרת התאוצה כיוונו של וקטור התאוצה הוא בכיוון וקטור שינוי המהירות (לא בכיוון וקטור המהירות). כל שינוי בגודל המהירות או בכיוון המהירות גורם לתאוצה. תאוצה משיקית - תאוצה הנוצרת כתוצאה משינוי בגודל המהירות. תאוצה רדיאלית – תאוצה הנוצרת כתוצאה משינוי בכיוון התנועה. תאוצת הגוף שווה לסכום הווקטורי של התאוצה המשיקית והרדיאלית.

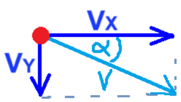
סיכום פסיפס תנועה במישור – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

תנועה במישור (Cube-14)	**תנועה במישור היא תנועה דו ממדית.** **דוגמאות לתנועה במישור: לווין הנע בתנועה מעגלית סביב כדור הארץ, כדור הנבעט בזווית מעל האופק.** 
זריקה אופקית (Cube-14)	**כאשר גוף נזרק בכיוון אופקי והוא נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד תנועתו מוגדרת כזריקה אופקית.** **תנועה בזריקה אופקית היא תנועה בתאוצה קבועה, תאוצת הכובד g.** **ניתן להשתמש בכל הפונקציות בקינמטיקה המתאימות לתנועה בתאוצה קבועה בצורה וקטורית לתנועה במישור:** $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 + \vec{a} \cdot t$ $\vec{X}(t) = \vec{x}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$ $\vec{v}^2 = \vec{v}_0^{\,2} + 2 \cdot \vec{a} \cdot \Delta\vec{x}$ **דרך נוספת ומקובלת יותר לניתוח תנועה במישור היא עיקרון אי תלות התנועות.**
עיקרון אי תלות התנועות (Cube-14)	**ניתן לתאר את תנועתו של גוף הנע בזריקה אופקית בעזרת שתי תנועות בקו ישר שאינן תלויות האחת בשנייה.** **בכיוון האופקי - כוח הכובד לא פועל בכיוון האופקי, לכן הגוף נע בכיוון האופקי במהירות קבועה השווה למהירות הזריקה.** **בכיוון האנכי - כוח הכובד פועל בכיוון האנכי, לכן הגוף נע בכיוון האנכי בנפילה חופשית ממנוחה.** **תיאור תנועה בזריקה אופקית (או זריקה בזווית) בעזרת שתי תנועות שאינן תלויות האחת בשנייה נקרא עיקרון אי תלות התנועות.** **בעזרת עיקרון אי תלות התנועות ניתן לתאר מקום הגוף ואת מהירותו בהתאם לתנועה האופקית ולתנועה האנכית.**

מיקומו של גוף הנע בזריקה אופקית (Cube-14)	נתאר את מיקומו של גוף הנע בזריקה אופקית בעזרת עיקרון אי תלות התנועות ביחס לציר X אופקי, וציר Y אנכי:  בכיוון האופקי - הגוף נע במהירות קבועה, המיקום האופקי נתון לפי: $X(t) = V_0 \cdot t$ בכיוון האנכי - הגוף נע בנפילה חופשית ממנוחה, המיקום האנכי נתון לפי: $Y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ נוח להשתמש במערכת צירים שראשיתה בנקודת זריקת הגוף.
מהירותו של גוף הנע בזריקה אופקית (Cube-14)	בכיוון האופקי - מהירות הגוף בכיוון האופקי לא משתנה, בכיוון האופקי מהירות הגוף שווה למהירות הזריקה. $V_X = V_0$ בכיוון האנכי – מהירות הגוף בכיוון האנכי משתנה, בכיוון האנכי הגוף נע בנפילה חופשית ממנוחה. $V_Y = g \cdot t$ ניתן למצוא את גודלו וכיוונו של וקטור המהירות בכל רגע בהתאם למהירות הגוף בכיוון האופקי ומהירותו בכיוון האנכי: 

משוואת המסלול המתאימה לזריקה אופקית (Cube-14)	משוואת המסלול היא פונקציה המתארת את המיקום האנכי כתלות במיקום האופקי, המשוואה מתארת את כל אוסף הנקודות דרכן עובר גוף הנע בזריקה אופקית. $Y = \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot V_0^{\ 2}}$ ניתן לפתח את הפונקציה מביטוי זמן התנועה מפונקציית המקום-זמן בתנועה האופקית והצבתו בפונקציית המקום-זמן של התנועה האנכית. פיתוח משוואת המסלול: $X = X_0 + V \cdot t$; $Y = Y_0 + V_{Y0} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$; $X = V_0 \cdot t \Rightarrow t = \frac{X}{V_0}$; $Y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$; $Y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{X}{V_0}\right)^2 = \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot V_0^{\ 2}}$ בעזרת משוואת המסלול ניתן לקשר בין אוסף הנקודות דרכן עובר הגוף לגודל מהירות הזריקה האופקית. משוואת מסלול זאת מתאימה רק לגוף הנזרק בכיוון אופקי.

זריקה בזווית (Cube-15)	**כאשר גוף נזרק בזווית ביחס לאופק והוא נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד תנועתו מוגדרת כזריקה בזווית.** **תנועה בזריקה בזווית היא תנועה בתאוצה קבועה, תאוצת הכובד g.** **בהתאם לעיקרון אי תלות התנועות ניתן לתאר את מקום הגוף ואת מהירותו בעזרת שתי תנועות שונות, אופקית ואנכית.**
מיקומו של גוף הנע בזריקה בזווית (Cube-15)	**נתאר את מיקומו של גוף הנע בזריקה בזווית בעזרת עיקרון אי תלות התנועות ביחס לציר X אופקי, וציר Y אנכי:**  **<u>בכיוון האופקי</u>** - הגוף נע במהירות קבועה שגודלה כגודל רכיב המהירות ההתחלתית בכיוון האופקי. ביטוי רכיב המהירות ההתחלתית בכיוון האופקי הוא: $V_{0X}=V_0\cdot\cos(\alpha)\cdot t$ בהתאם פונקציית המקום זמן המתאימה לתיאור תנועת הגוף היא: $X=X_0+V_{0X}\cdot t=V_0\cdot\cos(\alpha)\cdot t$ **<u>בכיוון האנכי</u>** - הגוף נע בזריקה אנכית כלפי מעלה. אם נבחר כיוון ציר Y אנכי כלפי מעלה, התאוצה בכיוון האנכי תהיה שלילית. ביטוי רכיב המהירות ההתחלתית בכיוון האנכי הוא: $V_{0Y}=V_0\cdot\sin(\alpha)$ בהתאם פונקציית המקום-זמן המתאימה לתיאור תנועת הגוף היא: $Y=Y_0+V_{0Y}\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 \Rightarrow \boxed{Y=V_0\cdot\sin(\alpha)\cdot t-\frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2}$ **נוח להשתמש במערכת צירים שראשיתה בנקודת זריקת הגוף.**

מהירותו של גוף הנע בזריקה בזווית (Cube-15)	**בכיוון האופקי** - מהירות הגוף שווה למהירות הזריקה . $$V_x(t) = V_{0X} = V_0 \cdot \cos(\alpha)$$ **בכיוון האנכי** - מהירות הגוף משתנה בהתאם לגוף הנע בנפילה חופשית ממנוחה. $$V_y(t) = V_{0y} + a \cdot t = V_0 \cdot \sin(\alpha) - g \cdot t$$ ניתן למצוא את גודלו וכיוונו של וקטור המהירות בכל רגע בהתאם למהירות הגוף בכיוון האופקי ומהירותו בכיוון האנכי:  $$V = \sqrt{V_X^2 + V_Y^2} \qquad tan(\alpha) = \frac{V_Y}{V_X}$$

משוואת המסלול המתאימה לזריקה בזווית (Cube-15)	משוואת המסלול היא פונקציה המתארת את המיקום האנכי כתלות במיקום האופקי. היא מתארת את כל אוסף הנקודות דרכן עובר הגוף. $$y = X \cdot \tan(\alpha) - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$ פתחנו את הפונקציה מביטוי זמן התנועה מפונקציית המקום-זמן בתנועה האופקית והצבתו בפונקציית המקום-זמן של התנועה האנכית. בנוסף יש להשתמש בפונקציית הטנגנס כתלות בפונקציית הסינוס ופונקציית הקוסינוס: $$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$ בעזרת משוואת המסלול ניתן לקשר בין אוסף הנקודות דרכן עובר הגוף לגודל מהירות הזריקה האופקית. משוואת המסלול לזריקה אופקית היא מקרה פרטי של משוואת המסלול בזריקה בזווית. (אם נקבע את ערך הזווית לאפס נקבל משוואת מסלול המתאימה לזריקה אופקית , עבור ציר אנכי נבחר כלפי מעלה).

משוואת המסלול המתאימה לזריקה בזווית (Cube-15)	פיתוח משוואת המסלול המתאימה לזריקה בזווית:

$$X = X_0 + v_{0x} \cdot t$$

$$X = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

$$t = \frac{X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)}$$

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)}\right)^2$$

$$y = \frac{v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

$$y = \frac{\cancel{v_0} \cdot \sin(\alpha) \cdot X}{\cancel{v_0} \cdot \cos(\alpha)} - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

$$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$

$$y = X \cdot \tan(\alpha) - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

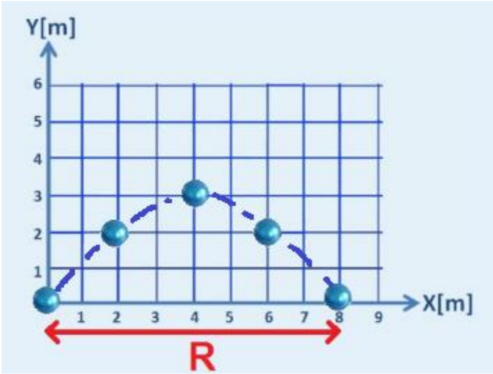
פיתוח המשוואה דורש זמן, חשוב להגיע לבגרות עם יכולות לפתח את הביטוי . הביטוי לא נתון בדפי הנוסחאות.

טווח זריקה (Cube-15)

טווח הזריקה הוא המרחק האופקי המקסימלי שעובר גוף הנזרק בזווית .

טווח הזריקה נתון בביטוי הבא:

$$R = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$



ביטוי טווח הזריקה מתאים לגוף הנזרק מקרקע אופקית.

כדי לפתח את ביטוי טווח הזריקה יש לבטא מהתנועה האנכית את הזמן שעובר מרגע שהגוף נזרק ועד שהוא חוזר לגובה הזריקה , ולהכפיל זמן זה ברכיב מהירות הזריקה V0X. בנוסף יש להשתמש בזהות הטריגונומטרית:

$$\sin(2\alpha) = 2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$$

<u>פיתוח ביטוי טווח הזריקה:</u>

$$y = y_0 + v_0 \cdot t' + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t'^2 \qquad X = X_0 + V \cdot t$$

$$t' = \frac{\cdot V_0 \cdot \sin(\alpha)}{g} \qquad R = 0 + V_{0X} \cdot t'$$

$$R = V_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin(\alpha)}{g} = \frac{V_0^2 \cdot 2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g}$$

תנועת שני גופים הנעים במישור (Cube-15)

השאלות העוסקות בתנועת שני גופים הנעים במישור מתמקדות במקום המפגש ובזמן המפגש (בדומה לשני גופים הנעים בקו ישר).

ברגע המפגש מיקומם האופקי של הגופים זהה וגם מיקומם האנכי של הגופים זהה.

כדי למצוא את זמן המפגש יש לכתוב לכל גוף את פונקציות המקום-זמן לתנועות האנכיות ולתנועות האופקיות, ולאחר מכן להשוות בין הפונקציות האופקיות בנפרד ולהשוות בין הפונקציות האנכיות בנפרד.

$$Y_1(t) = Y_2(t) \qquad X_1(t) = X_2(t)$$

שאלות העוסקות בתנועת שני גופים במישור הן שאלות המצריכות שימוש רב באלגברה.

אוגדני פתרונות תנועה במישור

תנועה בליסטית של גוף בודד

2023,3- כדורים קטנים משוחררים מרחפן הנע אופקית במהירות קבועה.

2017,1- זריקה בזווית, כדור נבעט לשער.

2007,3- כדור נזרק בזווית. נתן גרף מהירות אופקית כתלות בזמן, וגרף מהירות אנכית כתלות בזמן.

2005,1- כדור קטן נזרק אנכית כלפי מעלה מסלסילה הנעה בכיוון אופקי.

2001,2- אבן משוחררת מכדור פורח הנע במהירות קבועה כלפי מעלה ובמהירות קבועה ימינה.

תנועה בליסטית של שני גופים

2004,1- חץ נורה בכיוון אופקי , לעבר תפוח המשוחרר ממנוחה.

תרשים עקבות או טבלת מיקום זמן

2021,3- גוף נזרק בכיוון אופקי. נתונה טבלת גובה – מרחק.

1993,1- גוף נזרק בכיוון אופקי , על פני כוכב לכת דמיוני. תנועתו מתוארת בתרשים עקבות.

2007,1- שני ילדים מתגלשים במגלשת מים, נתונה טבלת דרך- זמן.

פסיפס דינמיקה בקו ישר

סיכום פסיפס דינמיקה בקו ישר – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

כוח **(Cube-17)**	כוח הוא כל פעולה הגורמת לשינוי בתנועת הגוף או בצורתו, הכוח נמדד ביחידות של ניוטון. דוגמאות לכוחות: כוח הכובד, כוח חיכוך, כוח מגנטי, כוח חשמלי.
דינמיקה **(Cube-17)**	תחום בפיזיקה העוסק בעקרונות המתארים את השפעת הכוח על התנועה. מבחינה עקרונית השפעתם של כוחות על תנועת כוכבי הלכת בחלל זהה עקרונית להשפעת הכוחות על גרגרי החול בגן משחקים. ניוטון הבין היטב את עקרונות הדינמיקה, הוא ניסח שלושה חוקים בדינמיקה הנקראים על שמו של ניוטון.
כוח שקול **(Cube-17)**	כוח שקול הוא כוח בודד שפעולתו זהה לפעולתם של מספר כוחות הפועלים יחד על הגוף. הכוח השקול מסומן ע"י ΣF. מבחינה וקטורית הכוח השקול שווה לסכום הכוחות אליהם הוא שקול. דוגמה: באיור השמאלי מתואר גוף ושני כוחות הפועלים עליו, באיור הימני מתואר הגוף והכוח השקול לשני הכוחות הנתונים באיור השמאלי.   סכום הכוחות הנתונים שווה לכוח השקול, כפי שמתואר במשוואה הבאה: $\vec{\Sigma F} = \vec{F_1} + \vec{F_2}$
החוק הראשון של ניוטון **(Cube-17)**	החוק הראשון קובע שאם שקול הכוחות הפועלים על הגוף שווה לאפס, הגוף יתמיד בתנועתו. דוגמה באיור הבא מופיע גוף עליו פועלים שני כוחות זהים בגודלם ומנוגדים בכיוונם.  במקרה זה שקול הכוחות הפועלים על הגוף שווה לאפס, לכן הגוף מתמיד בתנועתו. 1. מהחוק הראשון ניתן לקבוע גם שאם הגוף מתמיד בתנועתו בהכרח שקול הכוחות הפועלים עליו שווה לאפס. $\boxed{\vec{\Sigma F} = 0} \Leftrightarrow \boxed{\text{גוף מתמיד}}$ 2. גוף מתמיד הוא גוף שמהירותו לא משתנה בגודלה ולא משתנה בכיוונה. 3. יש שתי אפשרויות להתמדה: או שהגוף ינוע במהירות קבועה בקו ישר או שהגוף לא יזוז. 4. החוק הראשון יכול להתקיים בכיוון אחד בלבד. לדוגמה בזריקה בזווית בכיוון האופקי הגוף מתמיד, אך בכיוון אנכי הגוף לא מתמיד. 5. במקרים בהם הגוף מתמיד יש לערוך תרשים כוחות על הגוף ולכתוב ביטוי המשווה בין גודל הכוחות. ביטוי זה נקרא משוואת התנועה. 6. משוואת התנועה היא המשוואה החשובה ביותר בדינמיקה. (בנושא הדינמיקה נעסוק בהרחבה בנושא משוואות התנועה). החוק הראשון עוסק רק במקרה שבו הגוף מתמיד בתנועתו (לא תמיד הגוף מתמיד בתנועתו).

החוק השלישי של ניוטון (Cube-17)	החוק השלישי קובע שבכל פעולת כוח מעורבים שני גופים, הגופים תמיד מפעילים אחד על השני כוח זהה בגודלו ומנוגד בכיוונו. דוגמה באיור הבא מתוארים שני גופים מתנגשים.  בזמן ההתנגשות גוף 1 מפעיל כוח על גוף 2 שמאלה וגוף 2 מפעיל כוח על גוף 1 ימינה. בהתאם לחוק השלישי של ניוטון שני כוחות אלו הם זהים בגודלם ונוגדים בכיוונם, ומתקיים: $\boxed{\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}}$ החוק השלישי עוסק בשני כוחות זהים בגודלם והפוכים בכיוונם . החוק הראשון יכול לעסוק במקרה בו פועלים שני כוחות זהים בגודלם והפוכים. החוק השלישי עוסק בשני כוחות זהים ומנוגדים הפועלים על שני גופים, על כל גוף פועל כוח אחד - הכוחות לא מתקזזים. החוק הראשון עוסק בשני כוחות זהים ומנוגדים הפועלים על אותו גוף – כוחות אלו מתקזזים. החוק השלישי של ניוטון מתקיים תמיד, בכל פעולת כוח ביקום.
כוח הכובד (Cube-18)	כל הגופים הנמצאים על פני כדור הארץ נמשכים כלפי מטה בכוח הנקרא כוח הכובד. כוח הכובד תלוי בתאוצת הכובד g ובמסת הגוף m, לפי : $\boxed{W = m \cdot g}$ דוגמה: נתון שמסתו של אדם היא 70 ק"ג, נחשב את כוח הכובד הפועל על הגוף: $W = m \cdot g = 70 \cdot 10 = 700N$ 1. כוח הכובד לא תלוי בתנועת הגוף, הוא קבוע בגודלו ובכיוונו. 2. כוח הכובד הפועל על הגוף נקרא משקל הגוף. 3. ביטוי כוח הכובד הוא מקרה פרטי של החוק השני של ניוטון . 4. על פני כדור הארץ ערך תאוצת הכובד הוא 9.8 מטר לשנייה בריבוע. בירח ערך תאוצת הכובד הוא 1.6 מטר לשנייה בריבוע. הביטוי של כוח הכובד נכון תמיד, אך ערך תאוצת הכובד תלוי בכוכב הלכת בו נמצא הגוף.
כוח הנורמל (Cube-18)	כוח הנורמל הוא כוח שהמשטח מפעיל על גופים המונחים עליו בכיוון הניצב למשטח. כוח הנורמל מסומן על ידי האות N . לא קיים ביטוי לכוח הנורמל, ניתן לחשב את ערכו בעזרת משוואות התנועה.

כוח חיכוך סטטי (Cube-18)

כוח החיכוך הסטטי הוא כוח חיכוך המונע מהגוף לנוע. כוח החיכוך הסטטי מסומן על ידי fs.

לא קיים ביטוי לכוח החיכוך הסטטי, יש לבטא אותו ממשוואות התנועה.

אם פועל כוח להנעת הגוף והגוף לא זז, בהתאם לחוק הראשון של ניוטון חייב לפעול על הגוף בנוסף כוח נגדי זהה בגודלו, כוח זה הוא כוח החיכוך הסטטי.

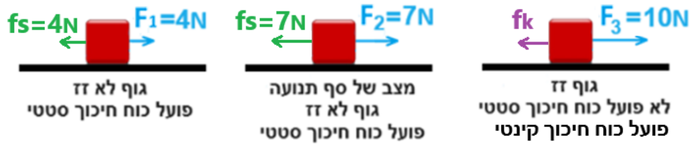
כוח חיכוך סטטי מקסימלי (Cube-18)

לכוח החיכוך הסטטי יש ערך מקסימלי, ערך זה מוגדר ככוח חיכוך סטטי מקסימלי והוא תלוי במקדם החיכוך הסטטי μ_S (המקדם נקבע בהתאם לסוג החומרים מהם עשוי הגוף והמשטח) ובכוח הנורמל, לפי:

$$fs_{max} = \mu_s \cdot N$$

1. מקדם החיכוך הסטטי μ_S הוא גודל חסר יחידות.
2. גודלו של כוח הנורמל מושפע משלושה גורמים: מסת הגוף, זווית נטיית המישור ובכל כוח שיש לו רכיב בכיוון ניצב למשטח.
3. כוח החיכוך הסטטי מתאר את כוח החיכוך הפועל למניעת תנועת הגוף. לעומת זאת כוח החיכוך הסטטי מקסימלי הוא ערך החיכוך הסטטי הגדול ביותר שהגוף יכול להפעיל, כוח החיכוך הסטטי מקסימאלי מתאר תנאי ולא כוח פועל.
4. אם הכוח הפועל להניע את הגוף קטן בערכו מערך כוח החיכוך הסטטי מקסימלי - הגוף לא יזוז. ואם ערך הכוח הפועל להניע את הגוף גדול מכוח חיכוך סטטי מקסימלי - הגוף יזוז.
5. במקרה מיוחד שבו הכוח הפועל להניע את הגוף שווה בערכו בדיוק לערך כוח החיכוך המקסימלי - הגוף לא יזוז, במקרה זה הגוף נמצא במצב של סף תנועה.
6. מרגע שהגוף זז על פני המשטח - כוח החיכוך הסטטי לא רלוונטי. כאשר גוף נע על משטח לא פועל כוח חיכוך סטטי, פועל חיכוך קינטי.

דוגמה: נתון גוף הנמצא על משטח אופקי לא חלק. גודלו של כוח החיכוך הסטטי מקסימלי הוא 7 ניוטון.
באיור הבא מתוארים שלושה מקרים שונים, בכל מקרה פועל כוח שונה בגודלו כדי להניע את הגוף:



ביטוי כוח החיכוך המקסימלי מתאים לכל גוף המונח על משטח, גם אם המשטח הוא נטוי.

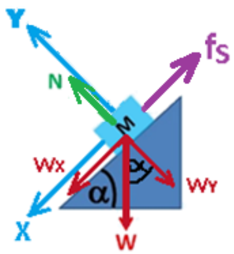
כוח חיכוך קינטי (Cube-18)

כאשר גוף נע על משטח לא חלק פועל כוח חיכוך הנגדי לכיוון התנועה. כוח חיכוך זה נקרא כוח חיכוך קינטי.
גודלו של כוח החיכוך הקינטי תלוי בסוגי החומרים מהם עשויים הגוף והמשטח וגודל כוח הנורמל לפי :

$$\boxed{f_k = \mu_k \cdot N}$$

למהירות הגוף ולאופן בו מונח הגוף על המשטח (שטח המגע) אין השפעה על גודל כוח החיכוך הקינטי.
ביטוי הכוח הקינטי מתאים לכל גוף המחליק על משטח. הנורמל תלוי במסת הגוף ובזווית נטיית המישור ובכל כוח שיש לו רכיב בכיוון ניצב למשטח.

גוף מתמיד במישור משופע לא חלק (Cube-18)	כאשר גוף **מונח** על מישור משופע לא חלק, הגוף מתמיד בתנועתו. על הגוף פועלים שלושה כוחות: כוח הנורמל, כוח החיכוך הסטטי וכוח הכובד. הכוחות מתוארים באיור הבא:



הגוף נמצא במנוחה. הוא מתמיד בתנועתו בכיוון ציר X ובכיוון ציר Y משוואות התנועה הן:

$$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma F_Y = 0$$
$$f_s = W_X \qquad N = W_Y$$
$$\boxed{f_s = W \cdot \sin(\alpha)} \qquad \boxed{N = W \cdot \cos(\alpha)}$$

במקרה מיוחד של סף תנועה, כוח החיכוך הסטטי הוא כוח החיכוך הסטטי מקסימלי. יש רק ערך אפשרי אחד לזווית נטיית המישור, נסמן זווית זו ב – α', משוואות התנועה הן:

$$\Sigma F_x = 0 \qquad \Sigma F_Y = 0$$
$$f_s = W_X \qquad N = W_Y$$
$$\boxed{f_{s_{max}} = W \cdot \sin(\alpha')} \qquad \boxed{N = W \cdot \cos(\alpha')}$$

ממשוואות התנועה ניתן לבטא את זווית נטיית המישור שבה הגוף המונח נמצא במצב של סף תנועה:

$$\frac{f_{s_{max}}}{N} = \frac{W \cdot \sin(\alpha')}{W \cdot \cos(\alpha')}$$

$$\frac{\mu_s \cdot \cancel{N}}{\cancel{N}} = \frac{\cancel{W} \cdot \sin(\alpha')}{\cancel{W} \cdot \cos(\alpha')}$$

$$\mu_s = \tan(\alpha')$$

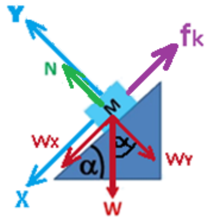
כאשר מתקיים: $\alpha' = \text{shift} \tan(\mu_s)$ הגוף נמצא בסף תנועה.

בכל זווית נטיית מישור קטנה מ-α' הגוף לא יחליק במורד המישור, ובכל זווית גדולה מ-α' הגוף יחליק במורד המישור.

גוף מתמיד במישור משופע לא חלק

(Cube-18)

כאשר גוף נע במורד מישור משופע חלק, פועלים על הגוף שלושה כוחות: כוח הנורמל, כוח החיכוך הקינטי וכוח הכובד.
הכוחות מתוארים באיור הבא:



במקרה מיוחד שבו זווית נטיית המישור היא α' שבה הגוף נע במורד המישור במהירות קבועה, הגוף מתמיד בתנועתו בכיוון ציר X.
משוואות התנועה במקרה זה הן:

$$\Sigma F_X = 0 \qquad \Sigma F_Y = 0$$
$$f_k = W_X \qquad N = W_Y$$
$$\boxed{\mu_k \cdot N = W \cdot \sin(\alpha')} \qquad \boxed{N = W \cdot \cos(\alpha')}$$

נציב את ביטוי כוח הנורמל ממשוואת התנועה בכיוון ציר-Y, במשוואת התנועה בכיוון ציר – X.

$$\Sigma F_X = 0 \qquad \Sigma F_Y = 0$$
$$f_s = W_X \qquad N = W_Y$$
$$\boxed{f_{s_{max}} = W \cdot \sin(\alpha')} \qquad \boxed{N = W \cdot \cos(\alpha')}$$

ממשוואות התנועה ניתן לבטא את זווית נטיית המישור שבה הגוף ינוע במהירות המישור במהירות קבועה:

$$\mu_k \cdot N = W \cdot \sin(\alpha)$$
$$\mu_k \cdot W \cdot \cos(\alpha) = W \cdot \sin(\alpha)$$

$$\mu_k = \tan(\alpha')$$

כאשר מתקיים: $\alpha' = \text{shift} \tan(\mu_K)$ הגוף ינוע במורד המישור במהירות קבועה.

בכל זווית נטיית מישור קטנה מ-α' הגוף ינוע במהירות הולכת וקטנה, ובזווית גדולה מ-α' הגוף ינוע במורד המישור במהירות הולכת וגדלה.

כוח הקפיץ (Cube-19)	קפיץ הוא התקן אלסטי. התארכותו תלויה ביחס ישר בגודל הכוח הפועל על הקפיץ, וביחס הפוך בקבוע הקפיץ K המתאר את קשיחותו של הקפיץ. $\Delta X = \frac{F}{K}$ חוק הוק מתאר את הכוח שהקפיץ מפעיל כתלות בהתארכותו ובקבוע הקפיץ: $F = K \cdot \Delta X$ קבוע הקפיץ מאפיין את קשיחות הקפיץ. הוא אופייני לקפיץ, והוא לא תלוי בכוח הפועל על הקפיץ. מהחוק השלישי של ניוטון ניתן לקבוע שהכוח הפועל על הקפיץ זהה לכוח שהקפיץ מפעיל, לכן חוק הוק מתאר את הכוח שהקפיץ מפעיל וגם את הכוח שפועל על הקפיץ. **חיבור קפיצים בטור** – הקפיצים מפעילים כוח זהה, התארכותם נקבעת בהתאם לקבועי הקפיץ. סכום התארכויות הקפיצים שווה להתארכות הקפיץ השקול. מעובדה זו ניתן לפתח ביטוי לקבוע הקפיץ: $\frac{1}{K_T} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \ldots$ כאשר שני קפיצים מחוברים בטור ניתן אלגברית לכתוב ביטוי לקבוע הקפיץ השקול לפי: $K_T = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$ **חיבור קפיצים במקביל** – התארכות הקפיצים זהה, הכוח הפועל עליהם תלוי בקבועי הקפיץ. סכום הכוחות הפועלים על שני הקפיצים שווה לכוח הפועל על הקפיץ השקול. $K_T = K_1 + K_2 + \ldots$ ביטויי הקפיץ השקול לחיבור טורי ומקבילי לא נתונים בדפי הנוסחאות, יש לפתח את הביטויים לפני שמשתמשים בהם.
כוח המתיחות (Cube-19)	כוח המתיחות הוא כוח שחבל מתוח מפעיל בקצותיו . כוח המתיחות מסומן ע"י האות T. לא קיים ביטוי לכוח המתיחות, ניתן לבטא אותו ממשוואות התנועה.

החוק השני של ניוטון

(Cube-20)

החוק השני קובע שהכוח השקול הפועל על הגוף שווה למכפלת מסת הגוף בתאוצתו:

$$\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

ניתן להבין לוגית את החוק השני של ניוטון: תאוצת הגוף תלויה ביחס ישר בכוח השקול וביחס הפוך במסתו.

1. משוואת התנועה היא המשוואה החשובה ביותר בדינמיקה, אנחנו משתמשים במשוואת התנועה כדי לפתח כל ביטוי בדינמיקה.

2. כאשר הגוף מתמיד בתנועתו - שקול הכוחות הפועלים על הגוף שווה לאפס (החוק הראשון של ניוטון).
וכאשר הגוף לא מתמיד בתנועתו - שקול הכוחות שונה מאפס, הוא שווה למכפלת מסת הגוף בתאוצתו.

3. כדי לנתח כל מערכת יש לערוך תרשים כוחות לכוחות הפועלים על הגוף, ולכתוב בהתאם את החוק השני של ניוטון, ביטוי המשווה בין הכוח השקול הפועל על הגוף למכפלת מסת הגוף בתאוצתו, ביטוי זה נקרא משוואת התנועה.

4. החוק השני מקשר בין הדינמיקה (כוחות הפועלים על הגוף) לקינמטיקה (תאוצת הגוף), והוא מרכזי בשאלות הבגרות ובישומים רבים.

דוגמה לשימוש בחוק השני של ניוטון: נתון גוף הנע בהשפעת כוח הכוכב בלבד.
נערוך תרשים כוחות לכוחות הפועלים על הגוף.

נכתוב את משוואת התנועה לכיוון האנכי, ונבטא ממנה את תאוצת הכוכב g:

$$\Sigma F_Y = m \cdot a$$

$$\Sigma F_Y = m \cdot a$$

$$W = m \cdot a$$

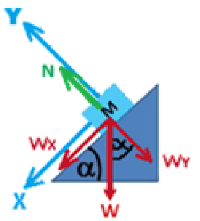
$$m \cdot g = m \cdot a$$

$$a = g$$

מהחוק השני, בהתאם למשוואת התנועה, ניתן להבין מדוע כל הגופים הנעים בהשפעת כוח הכוכב נעים בתאוצת הכוכב g.

החוק השני נכון תמיד, אין מקרה שבו החוק השני של ניוטון לא מתקיים.

גוף נע במורד מישור משופע חלק (Cube-20)	כאשר גוף נע במורד מישור משופע חלק, פועלים על הגוף שני כוחות: כוח הנורמל וכוח הכובד. הכוחות מתוארים באיור הבא:



במקרה זה הגוף לא מתמיד בתנועתו, שקול הכוחות הפועלים על הגוף שונה מאפס.
נכתוב את משוואות התנועה, בעזרת החוק השני של ניוטון:

$$\Sigma F_x = m \cdot a \qquad \Sigma F_Y = 0$$

$$W_X = m \cdot a \qquad N = W_Y$$

$$\boxed{m \cdot g \cdot \sin(\alpha) = m \cdot a} \qquad \boxed{N = mg \cdot \cos(\alpha)}$$

נבטא ממשוואת התנועה בכיוון ציר X את תאוצת הגוף:

$$\cancel{m} \cdot g \cdot \sin(\alpha) = \cancel{m} \cdot a$$

$$a = g \cdot \sin(\alpha)$$

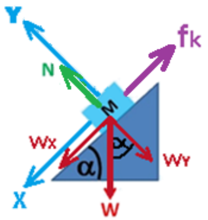
1. מהביטוי המתקבל ניתן לראות שכאשר זווית נטיית המישור היא אפס (משטח אופקי) - אין תאוצה .
וכאשר זווית נטיית המישור היא 90 מעלות (משטח מאונך לקרקע) - תאוצת הגוף היא תאוצת הכובד g.

2. כאשר הגוף נזרק במעלה המישור הכוחות הפועלים על הגוף לא משתנים, לכן גם תאוצת הגוף לא משתנה.

ביטוי התאוצה $a = g \cdot \sin(\alpha)$ הוא ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה והוא מתאים לגוף הנע במורד המישור החלק וגם לגוף הנע במעלה המישור החלק.

גוף נע במורד מישור משופע **לא חלק**
(Cube-20)

כאשר גוף נע במורד מישור משופע לא חלק, פועלים על הגוף שלושה כוחות: כוח הנורמל, כוח החיכוך וכוח הכובד.
הכוחות מתוארים באיור הבא:



נתייחס למקרה כללי, כאשר הגוף לא מתמיד בתנועתו, שקול הכוחות הפועלים על הגוף שונה מאפס.
נכתוב את משוואות התנועה, בעזרת החוק השני של ניוטון:

$$\Sigma F_Y = 0 \qquad \Sigma F_X = m\cdot a$$

$$N = W_Y \qquad W_X - f_k = m\cdot a$$

$$\boxed{N = mg\cdot\cos(\alpha)} \qquad \boxed{m\cdot g\cdot\sin(\alpha) - \mu_k\cdot N = m\cdot a}$$

נציב את הנורמל ממשוואת התנועה בכיוון ציר Y במשוואת התנועה בכיוון ציר X, ונבטא את הנורמל:

$$m\cdot g\cdot\sin(\alpha) - \mu_k\cdot N = m\cdot a$$

$$N = m\cdot g\cdot\cos(\alpha)$$

$$\cancel{m}\cdot g\cdot\sin(\alpha) - \mu_k\cdot\cancel{m}\cdot g\cdot\cos(\alpha) = \cancel{m}\cdot a$$

$$a = g\cdot\sin(\alpha) - \mu_k\cdot g\cdot\cos(\alpha)$$

ביטוי זה מתאים לתאוצת גוף הנע <u>במורד</u> מישור נטוי לא חלק, ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.
כאשר הגוף נע במעלה המישור, כוח החיכוך הקינטי פועל בכיוון מורד המישור , כלפי מטה.
משוואת התנועה בכיוון ציר X תשתנה, ובהתאם ביטוי התאוצה יהיה:

$$a = g\cdot\sin(\alpha) + \mu_k\cdot g\cdot\cos(\alpha)$$

ביטוי זה מתאים לתאוצת גוף הנע <u>במעלה</u> מישור נטוי לא חלק, ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.

פרקטיקות דינמיקה בקו ישר- גוף בודד

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

א. יש להבין היטב מי הם כל הכוחות הפועלים על הגוף ולערוך בהתאם תרשים כוחות לכוחות הפועלים על הגוף. שלב עריכת תרשים כוחות הוא שלב קצר אך קריטי.
אם שכחתם את אחד הכוחות, או סימנתם את אחד הכוחות בכיוון הלא נכון, לא תוכלו לפתח את הביטוי הדרוש.

ב. לאחר עריכת תרשים כוחות יש לקבוע בכל אחד מהכיוונים הרלוונטיים אם הגוף מתמיד או לא מתמיד ובהתאם לכתוב את משוואת התנועה .
(אם הגוף מתמיד שקול הכוחות שווה לאפס, אם הגוף לא מתמיד שקול הכוחות שווה ל- ma).

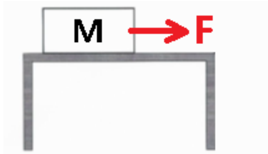
ג. לאחר כתיבת משוואות התנועה יש לבטא את הביטוי הדרוש מתוך משוואת התנועה, בעזרת פעולות אלגבריות.
לרוב, במקרים בהם לא ניתן לפתח את הביטוי המבוקש בעזרת משוואות התנועה בלבד, יש לכתוב משוואה נוספת – משוואה גיאומטרית.

ד. במקרים רבים הביטוי המבוקש הוא ביטוי התאוצה.
לאחר חישוב ערך התאוצה ניתן להשתמש בעקרונות הקינמטיקה כדי לחשב את מיקום הגוף ומהירותו.

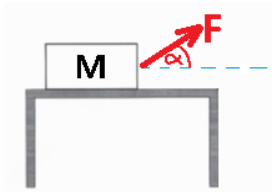
נושאי התרגול:

1. גוף נע על משטח אופקי חלק.
2. גוף נע על משטח אופקי לא חלק.
3. גוף נח על משטח נטוי לא חלק.
4. גוף נע על משטח נטוי חלק.
5. גוף נע על משטח נטוי לא חלק.

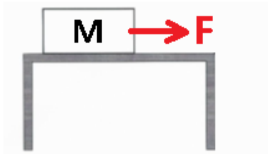
1-גוף נע על משטח אופקי חלק

	פעולה נדרשת	הכוחות הפועלים על הגוף ומשוואות חשובות	הביטוי/הערך המבוקש	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1 - כוח חיצוני F הפועל בכיוון אופקי על גוף הנע ממנוחה על משטח אופקי חלק. כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה. 	$a(F,m)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות במסתו ובכוח F הפועל עליו. הנחיה: יש לערוך תרשים כוחות לכל הכוחות הפועלים על הגוף. ולכתוב את משוואות התנועה לכיוון האופקי ולכיוון האנכי. ממשוואות התנועה ניתן לפתח את הביטוי הדרוש.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: F- כוח חיצוני. N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . בכיוון אנכי: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = \frac{F}{m}$	1.החוק השני קובע שכיוון התאוצה זהה לכיוון הכוח השקול. במקרה זה הכוח השקול הוא הכוח החיצוני F. 2. סימן התאוצה תלוי בכיוון הכוח השקול ביחס לכיוון ציר התנועה. כאשר כיוון הכוח השקול הוא ככיוון ציר התנועה - התאוצה חיובית. כאשר כיוון הכוח השקול הפוך לכיוון ציר התנועה - התאוצה שלילית. 3. ניתן לפתח את ביטוי התאוצה בעזרת משוואת התנועה בכיוון האופקי בלבד. כיוון שפעמים רבות אנחנו לא יודעים מאיזה משוואה ניתן לפתח את הביטוי הרצוי. לכן מומלץ לכתוב את כל משוואות התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14150

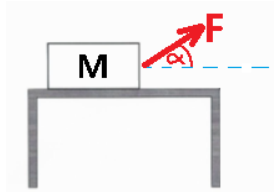
107

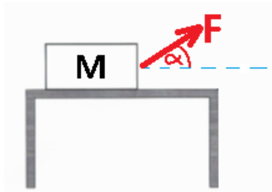
1.2 - כוח חיצוני F הפועל בזווית α מעל האופק, על גוף הנע ממנוחה על משטח אופקי <u>חלק</u>. כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה. 	$a(F,m,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות במסת הגוף, בגודל הכוח F ובכיוונו. <u>הנחיה</u>: יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח F.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: F- כוח חיצוני. N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . בכיוון אנכי: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\overrightarrow{\Sigma F} = m \cdot \vec{a}$	$a = \dfrac{F \cdot \cos(\alpha)}{m}$	1. במקרה פרטי שבו הזווית α שווה לאפס, הכוח F הוא אופקי, ומתקבל הביטוי המתואר בסעיף קודם (1.1). 2. במקרה פרטי שבו הזווית α שווה ל-90 מעלות (הכוח החיצוני פועל בניצב לתנועה), הכוח לא מניע את הגוף. ערך התאוצה המתקבל מהביטוי הוא אפס, כיוון שקוסינוס 90 מעלות שווה לאפס. 3. הכוח השקול לא תלוי בגדול מהירות הגוף, גם לא תלוי בכיוון התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14151

2-גוף נע על משטח אופקי לא חלק

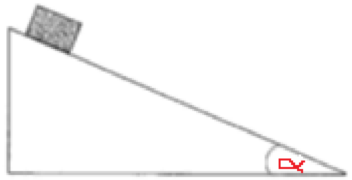
2.1 - כוח חיצוני F הפועל בכיוון אופקי על גוף הנע ממנוחה על משטח אופקי לא חלק. כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה. 	$a(F,m,\mu_k)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות במסת הגוף, בכוח F הפועל עליו, ומקדם החיכוך הקינטי.	על הגוף פועלים ארבעה כוחות: F- כוח חיצוני. N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון אופקי: באופן כללי,הגוף לא מתמיד. יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = \dfrac{F - \mu_k \cdot m \cdot g}{m}$	1. במקרה פרטי שבו מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל הביטוי המתואר סעיף 1.1. 2. במקרה פרטי שבו כוח החיכוך גדול מהכוח החיצוני, כיוון הכוח השקול יהיה שמאלה- נגד כיוון הציר. התאוצה תהיה שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14152

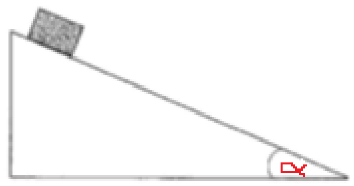
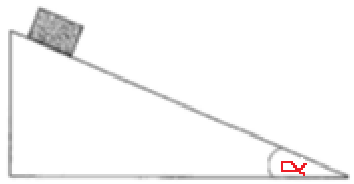
109

2.2 - כוח חיצוני F פועל בזווית α מעל האופק, על גוף הנע ממנוחה על משטח אופקי **לא חלק**. כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה. 	$a(F,m,\mu_k,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות במסת הגוף, בכוח F הפועל עליו, בכיוון הכוח ובמקדם החיכוך הקינטי.	על הגוף פועלים ארבעה כוחות: F- כוח חיצוני. N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון אופקי: באופן כללי, הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = \dfrac{F\cdot\cos(\alpha) - \mu_k\cdot m\cdot g + \mu_k\cdot F\cdot\sin(\alpha)}{m}$	1.במקרה פרטי שבו מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס מתקבל הביטוי בסעיף 1.2. 2.במקרה פרטי שבו הזווית α שווה לאפס מתקבל הביטוי בסעיף הקודם 2.1. 3.במקרה פרטי שבו גם מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, וגם זווית α שווה לאפס מתקבל הביטוי בסעיף 1.1. 2. ביטוי המונה בצד השמאלי של המשוואה הוא ביטוי הכוח השקול. 3. קיים ערך מסוים למקדם החיכוך הקינטי שבו ערך המונה מתאפס, הגוף מתמיד בתנועתו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14153

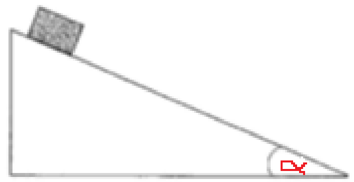
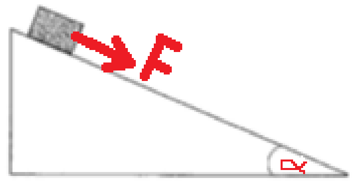
2.3 - כוח חיצוני F פועל בזווית α מעל האופק, על גוף הנע ממנוחה על משטח אופקי <u>לא חלק</u>. **כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.** 	**$\mu_k`(F,m,\propto)$** **יש לפתח ביטוי למקדם החיכוך הקינטי' μk עבורו הגוף יתמיד בתנועתו.**	**מביטוי התאוצה בסעיף הקודם, ניתן למצוא את מקדם החיכוך הקינטי עבורו בכוח F נתון הפועל בזווית α נתונה , הגוף יתמיד בתנועתו.**	$$\mu_k` = \frac{F\cdot\cos(\alpha)}{m\cdot g - F\cdot\sin(\alpha)}$$	**1. במקרה זה יש לקבוע את תאוצת הגוף לאפס ובהתאם לבטא את מקדם החיכוך הקינטי.** **2. במקרה פרטי שבו הזווית α שווה ל 90 מעלות, כדי שהגוף יתמיד המשטח חייב להיות חלק, כפי שניתן לראות מהביטוי המפותח במקרה זה ערכו של מקדם החיכוך הקינטי הוא אפס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14154

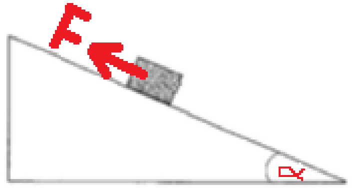
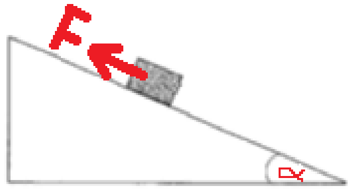
3-גוף נח על משטח נטוי לא חלק

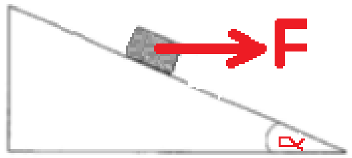
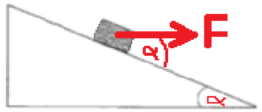
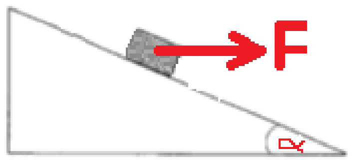
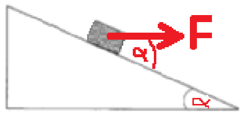
3.1 - גוף נח על מישור לא חלק הנטוי בזווית α. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$N(m,g,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לכוח הנורמל הפועל על הגוף, כתלות במסת הגוף, בזווית נטיית המישור α ובתאוצת הכובד g.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד. fs- כוח חיכוך סטטי. הגוף מתמיד בכיוון המורד ובכיוון הניצב למורד. יש לכתוב שתי משוואות התמדה.	$N = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$	1.במקרה זה אנחנו מניחים שהגוף נח בכל זווית α, גם בזווית של 90 מעלות. לצורך העניין נניח שהוא מודבק כך שגם בזווית של 90 מעלות הוא לא נע כלפי מטה. 2. במקרה פרטי שבו זווית נטיית המישור היא 90 מעלות, הגוף לא מעיק על המישור ולא פועל עליו כוח הנורמל. מביטוי הנורמל ניתן לראות שכאשר ערך זווית נטיית המישור היא 90 מעלות ערך הנורמל הוא אפס. 3. כאשר זווית נטיית המישור היא אפס, פועל כוח נורמל מקסימלי וערכו mg. כפי שניתן לראות בביטוי הנורמל.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14155

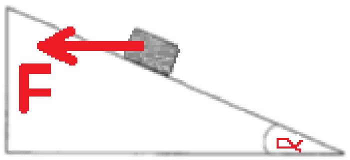
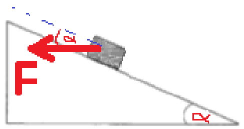
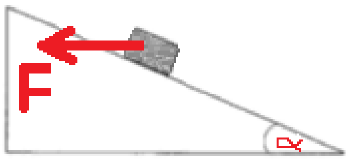
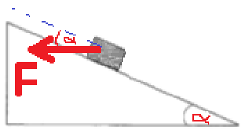
3.2 - גוף נח על מישור לא חלק הנטוי בזווית α. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$f_s(m,g,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לכוח החיכוך הסטטי הפועל על הגוף כתלות במסת הגוף, בזווית נטיית המישור α ובתאוצת הכובד g.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד. fs- כוח חיכוך סטטי. הגוף מתמיד בכיוון המורד ובכיוון ניצב למורד, יש לכתוב שתי משוואות התמדה.	$f_s = m\cdot g\cdot \sin(\alpha)$	1. במקרה פרטי שבו זווית נטיית המישור היא 90 מעלות, כוח החיכוך הסטטי שווה mg, כפי שניתן גם לראות מביטוי כוח החיכוך הסטטי. 2. במקרה פרטי שבו זווית נטיית המישור היא אפס, לא פועל כוח חיכוך סטטי. כפי שניתן לראות גם מביטוי כוח החיכוך הסטטי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14156
3.3 - גוף נח על מישור לא חלק הנטוי בזווית α . כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$\alpha_c(g,\mu_s)$ יש לפתח ביטוי לזווית הקריטית αc, הזווית בה הגוף ימצא בסף תנועה. (בכל זווית גדולה יותר הגוף יחליק במורד המישור) __הנחיה:__ במצב של סף תנועה כוח החיכוך הפועל על הגוף הוא כוח חיכוך סטטי מקסימלי. יש לכתוב את משוואות התנועה לסף תנועה ולבטא מהן את הזווית הקריטית αc .	על הגוף פועלים ארבעה כוחות: F- כוח חיצוני. N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד. fs- כוח חיכוך סטטי. הגוף מתמיד בכיוון המורד ובכיוון ניצב למורד, יש לכתוב שתי משוואות התמדה.	$\alpha_c = \text{shift}\ \tan(\mu_s)$	1.במצב של סף תנועה הגוף עדיין לא זז, הוא מתמיד בתנועתו. 2.מהביטוי המפותח לזווית הקריטית ניתן לראות שהגודל היחיד הקובע את ערך הזווית הקריטית הוא מקדם החיכוך הסטטי. ערך הזווית הקריטית לא תלוי במסת הגוף, לא תלוי בשטח המגע ולא תלוי בתאוצת הכובד g.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14157

4 - גוף נע על משטח נטוי חלק

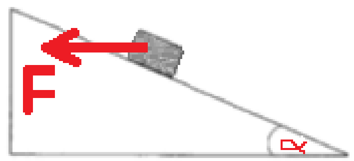
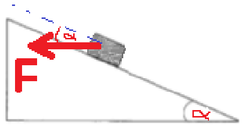
4.1 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, ובזווית נטיית המישור α.	על הגוף פועלים שני כוחות N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד. בכיוון ניצב למורד : הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = g \cdot \sin(\alpha)$	1. מהביטוי המפותח ניתן לראות שתאוצת הגוף במקרה זה לא תלויה במסת הגוף. 2. ככל שזווית נטיית המישור α גדולה יותר, כך התאוצה גדולה יותר. 3. התאוצה הגדולה ביותר האפשרית היא תאוצת הכובד g. היא מתקבלת במקרה שזווית נטיית המישור היא 90 מעלות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14158
4.2 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון מורד המישור. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור.  	$a(g,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובגודל הכוח F.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני. בכיוון ניצב למורד : הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = g \cdot \sin(\alpha) + \frac{F}{m}$	1.בניגוד למקרה הקודם, במקרה זה תאוצת הגוף תלויה במסת הגוף. 2. כאשר מסת הגוף היא אין סופית, השפעת הכוח F על תאוצת הגוף היא זניחה. 3. השפעת הרכיב WX על תאוצת הגוף היא קבועה , היא לא תלויה במסת הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14159

4.3 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון מעלה המישור. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובגודל הכוח F.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני. בכיוון ניצב למורד : הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = g \cdot \sin(\alpha) - \frac{F}{m}$	1.כוח הפועל בכיוון הציר הוא כוח חיובי, וכוח הפועל בכיוון נגדי לכיוון הציר הוא כוח שלילי. 2.כל שינוי באחד מהכוחות מצריך עריכת תרשים כוחות חדש, וכתיבת משוואות תנועה חדשות. (לא נכון לנסות לערוך "שינויים" קלים" בביטוי הסופי). 3. קיימת זווית 'α ספציפית בה גודל רכיב כוח המשיכה WX שווה לגודל הכוח F. במקרה כזה הגוף יתמיד בתנועתו גם בכיוון המורד.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14160
4.4 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α . כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון מעלה המישור. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$\alpha'(g,m,F)$ יש לפתח ביטוי לזווית המסוימת 'α בה הגוף מתמיד בתנועתו. בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובגודל הכוח F. __הנחיה__: כאשר הגוף מתמיד תאוצתו שווה לאפס.	מביטוי התאוצה בסעיף הקודם, ניתן לבטא את הזווית 'α, הזווית בה הגוף יתמיד בתנועתו.	$\alpha' = \text{shift} \sin\left(\frac{F}{m \cdot g}\right)$	1.כיוון שהמישור הוא חלק כאשר זווית נטיית המישור היא 'α הגוף יתמיד בתנועתו, בין אם הוא נע במורד המישור ובין אם הוא נע במעלה המישור. 2. הערך שמקבלות הפונקציות הטריגונומטריות הוא ביחידות של מעלות. והערך שמקבלות פונקציות ה- shift של הפונקציות הטריגונומטריות חייב להיות חסר יחידות, במקרה זה הפונקציה מקבלת יחס כוחות, לכן הפונקציה מקבלת ערך חסר יחידות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14161

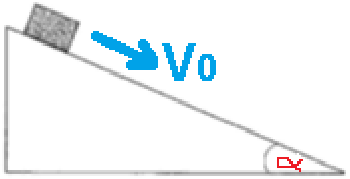
4.5 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון אופקי ימינה. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובגודל הכוח F. <u>הנחיה</u>: גיאומטרית, הזווית שבין המישור לכוח החיצוני שווה לזווית נטיית המישור α. 	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F=0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma\vec{F}=m\cdot\vec{a}$	$a=g\cdot\sin(\alpha)+\dfrac{F\cdot\cos(\alpha)}{m}$	1. יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח הכובד וגם לכוח החיצוני F. כדי לא להגיע למסקנות שגויות מהתרשים חשוב לערוך תרשים גדול וברור. 2.הכוח החיצוני F משפיע על ערך הנורמל , אך כיוון שהמישור הוא חלק לא פועל כוח חיכוך, כוח הנורמל לא משפיע על תאוצת הגוף. 3. הכוח החיצוני הוא אופקי גם כאשר זווית נטיית המישור משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14162
4.6 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון אופקי ימינה. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$N(g,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל כוח הנורמל הפועל על הגוף כתלות במסת הגוף, בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α ובגודל הכוח F. <u>הנחיה</u>: גיאומטרית, הזווית שבין המישור לכוח החיצוני שווה לזווית נטיית המישור α. 	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F=0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma\vec{F}=m\cdot\vec{a}$	$N=mg\cdot\cos(\alpha)-F\cdot\sin(\alpha)$	1.רכיב הכוח החיצוני F הפועל בניצב למישור, גורם לגוף להעיק פחות על המישור, הוא מקטין את הנורמל. לכן מופיע סימן המינוס בביטוי הנורמל. 2. כאשר ערך זווית נטיית המישור הוא גדול רכיב כוח המשיכה הפועל בכיוון ניצב למישור הוא קטן ורכיב הכוח החיצוני הפועל בכיוון ניצב למישור הוא גדול. לכן, כוח הכובד מוכפל בקוסינוס הזווית והכוח החיצוני מוכפל בסינוס הזווית. (בזוויות גדולות לסינוס יש ערך גדול, לקוסינוס יש ערך קטן).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14163

4.7 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון אופקי שמאלה כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובגודל הכוח F. __הנחיה__: גיאומטרית, הזווית שבין המישור לכוח החיצוני שווה לזווית נטיית המישור α. 	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה לגוף הנע בתאוצה (חוק שני של ניוטון). $\Sigma\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$a = g\cdot\sin(\alpha) - \dfrac{F\cdot\cos(\alpha)}{m}$	רכיב הכוח החיצוני המקביל למישור פועל בכיוון מעלה המישור (נגד כיוון הציר). רכיב כוח הכובד המקביל למישור פועל בכיוון מורד המישור. (בכיוון הציר). שני רכיבי כוחות אלו פועלים בכיוונים מנוגדים לכן בביטוי התאוצה מופיע הסימן מינוס ולא סימן הפלוס כפי שמופיע בסעיף 4.5.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14164
4.8 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α. כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון אופקי שמאלה. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$N(g,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל כוח הנורמל כתלות במסת הגוף, תאוצת הכובד g, זווית נטיית המישור α ובגודל הכוח F. __הנחיה__: גיאומטרית, הזווית שבין המישור לכוח החיצוני שווה לזווית נטיית המישור α. 	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד: $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה לגוף הנע בתאוצה (חוק שני של ניוטון). $\Sigma\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$N = mg\cdot\cos(\alpha) + F\cdot\sin(\alpha)$	לכוח החיצוני F יש רכיב בכיוון ניצב למישור רכיב זה מגדיל את המידה שבה הגוף מעיק על הגוף, לכן הכוח החיצוני F מגדיל את כוח הנורמל. בהתאם בביטוי הנורמל קיים סימן פלוס בשונה מסעיף 4.6.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14165

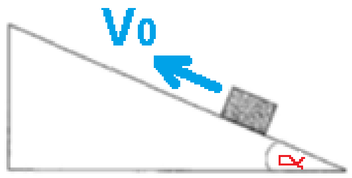
117

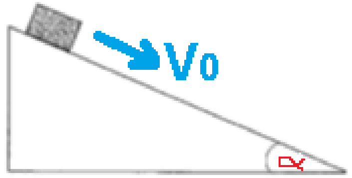
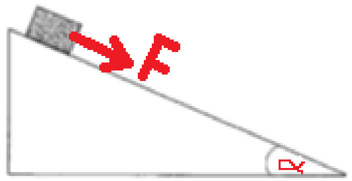
4.9 - גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α . **כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון אופקי שמאלה** **כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור.**  	**יש לכתוב ביטוי לזווית נטיית המישור α' בה הגוף מתמיד בתנועתו.** **<u>הנחיה</u>: בזווית זו הגוף מתמיד בתנועתו גם בכיוון מורד המישור.**  **יש להשתמש בביטוי התאוצה, ולמצוא את הזווית α' כאשר ערך התאוצה הוא אפס.**	**על הגוף פועלים שלושה כוחות:** **N- כוח הנורמל.** **mg- כוח הכובד .** **F- כוח חיצוני.** **בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד:** $\Sigma F = 0$ **בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה לגוף הנע בתאוצה (חוק שני של ניוטון).** $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$\alpha' = \text{shift} \tan\left(\frac{F}{m \cdot g}\right)$	**1. במקרה המתואר בסעיף 4.6 לא ניתן לקבוע את זווית נטיית המישור כך שהגוף יתמיד בתנועתו.** **2. במקרה זה כאשר זווית נטיית המישור היא 90 מעלות הגוף לא יכול לנוע לנוע במהירות קבועה, שקול הכוחות שונה מאפס. לכן בביטוי המתקבל מופיעה הפונקציה טנגנס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14166

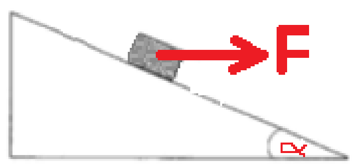
5- גוף נע על משטח נטוי לא חלק

5.1 - גוף נזרק במורד מישור לא חלק הנטוי בזווית α. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\mu_k,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, במקדם החיכוך הקינטי, ובזווית נטיית המישור α.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה המתאימה לגוף הנע בתאוצה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = g \cdot \sin(\alpha) - \mu_k \cdot g \cdot \cos(\alpha)$	1.כוח החיכוך הקינטי פועל נגד כיוון התנועה (במעלה המישור), בכיוון נגדי לכיוון הציר. הוא גורם להקטנת תאוצת הגוף. 2. כאשר זווית נטיית המישור היא 90 מעלות, הגוף לא מעיק על המשטח וכוח הנורמל שווה לאפס. אין חיכוך קינטי, הגוף נע בנפילה חופשית בתאוצת הכובד g. אם נציב בביטוי התאוצה זווית של 90 מעלות, נקבל a=g. 3. כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל ביטוי התאוצה המתאים לתנועה במישור חלק (סעיף 4.1).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14167

119

5.2 - גוף נזרק במעלה מישור לא חלק הנטוי בזווית α. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\mu_k,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, במקדם החיכוך הקינטי, ובזווית נטיית המישור α.	על הגוף פועלים שלושה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד. fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה המתאימה לגוף הנע בתאוצה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = g \cdot \sin(\alpha) + \mu_k \cdot g \cdot \cos(\alpha)$	1.תאוצתו של גוף הנע במישור חלק לא תלויה בכיוון התנועה. 2. תאוצתו של גוף הנע במישור לא חלק תלויה בכיוון התנועה. הסיבה לכך היא כוח החיכוך התלוי בכיוון התנועה. כאשר כיוון התנועה משתנה כיוון כוח החיכוך משתנה, בהתאם הכוח השקול משתנה וגם התאוצה משתנה. 2. במקרה זה כיון ציר התנועה הוא בכיוון מורד המישור, רכיב כוח הכובד WX וכוח החיכוך הקינטי פועלים בצורה משלימה בכיוון המורד, לכן התאוצה נתונה כסכום של התאוצה הנגרמת מכוח הכובד והתאוצה הנגרמת מכוח החיכוך. 3. אם כיוון ציר התנועה היה בכיוון מעלה המישור, ביטוי התאוצה היה: $a = -g \cdot \sin(\alpha) - \mu_k \cdot g \cdot \cos(\alpha)$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14168

5.3 - גוף נזרק במורד מישור לא חלק הנטוי בזווית α. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור.  	יש למצוא את זווית נטיית המישור α' בה הגוף יתמיד בתנועתו.	נשתמש בביטוי התאוצה לגוף הנזרק במורד מישור משופע, נבטא את הזווית α' כאשר התאוצה שווה לאפס.	$\alpha' = \text{shift}\ \tan(\mu_K)$	כאשר הגוף נזרק כלפי מטה רכיב כוח המשיכה WX ו- כוח החיכוך הקינטי פועלים בכיוונים מנוגדים, שקול הכוחות הפועלים על הגוף יכול להיות אפס. הגוף יכול להתמיד בתנועתו. כאשר הגוף נזרק כלפי מעלה רכיב כוח המשיכה WX ו- כוח החיכוך הקינטי פועלים בכיוון זהב (כלפי מטה), שקול הכוחות לא יכול להיות אפס, הגוף לא יכול להתמיד בתנועתו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14169
5.4 - גוף נע במורד מישור לא חלק הנטוי בזווית α . על הגוף פועל כוח חיצוני הפועל בכיוון מורד המישור. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור.  	$a(g,\mu_k,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, במקדם החיכוך הקינטי, בגול הכוח החיצוני F, ובזווית נטיית המישור α.	על הגוף פועלים ארבעה כוחות: N- כוח הנורמה. mg- כוח הכובד. F- כוח חיצוני. fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה המתאימה לגוף הנע בתאוצה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$a = g\cdot\sin(\alpha) - \mu_k\cdot g\cdot\cos(\alpha) + \frac{F}{m}$	1. סימן התאוצה תלוי בכיוון הכוח השקול ביחס לכיוון הציר. כאשר כיוון הכוח השקול הוא בכיוון החיובי של הציר הכוח השקול חיובי והתאוצה חיובית. וכאשר כיוון הכוח השקול נגדי לציר התאוצה שלילית. במקרה זה הכוח השקול פועל בכיוון מורד המישור, בכיוון ציר התנועה הנבחר. לכן תאוצת הגוף ביחס לציר היא חיובית. 2. קיימים שלושה כוחות המשפיעים על תאוצת הגוף: כוח הכובד, כוח החיכוך הקינטי והכוח החיצוני. בביטוי התאוצה קיימים שלושה מחוברים, הנובעים משלושת הכוחות האלו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14170

5.5 - גוף נע במורד מישור לא חלק הנטוי בזווית α . כוח חיצוני F פועל על הגוף בכיוון אופקי ימינה. כיוון ציר X הנבחר הוא בכיוון מורד המישור. וכיוון ציר Y הוא בכיוון ניצב למישור. 	$a(g,\mu_K,\alpha,F)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות בתאוצת הכובד g, במקדם החיכוך הקינטי, בגודל הכוח החיצוני F, ובזווית נטיית המישור α.	על הגוף פועלים ארבעה כוחות: N- כוח הנורמל. mg- כוח הכובד . F- כוח חיצוני . fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון ניצב למורד: הגוף מתמיד, יש לכתוב משוואת התמדה(חוק ראשון של ניוטון). $\Sigma F = 0$ בכיוון המורד: הגוף לא מתמיד, יש לכתוב משוואת תנועה המתאימה לגוף הנע בתאוצה(חוק שני של ניוטון). $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$a = g \cdot \sin(\alpha) - \mu_k \cdot g \cdot \cos(\alpha) + \frac{F \cdot \cos(\alpha)}{m} + \frac{\mu_K \cdot F \cdot \sin(\alpha)}{m}$ 1. במקרה זה הכוח החיצוני פועל בזווית ביחס למישור. לכן, בשונה מהסעיף הקודם, יש לכוח החיצוני רכיב בכיוון ניצב למישור. כוח זה גורם להקטנת הנורמל, ובהתאם להקטנת כוח החיכוך הקינטי. בכך, במקרה זה, הכוח החיצוני גורם לתוספת בתאוצת הגוף. תוספת זו מתוארת באבר הרביעי : $\frac{\mu_K \cdot F \cdot \sin(\alpha)}{m}$ 2. כל משוואה בפיזיקה עוסקת בגודל פיזיקלי אחד, משוואה זו עוסקת בתאוצה, היחידות של כל אחד מארבעת המחוברים הוא מטר לשנייה בריבוע.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5465&chapterid=14171

פרקטיקות דינמיקה בקו ישר- שני גופים

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

א- בשאלות העוסקות בתנועת שני גופים, אנחנו עוסקים במקרים בהם כאשר גוף אחד עובר בפרק זמן מסוים מרחק מסוים הגוף שני עובר באותו זמן מרחק זהה, לכן אנחנו עוסקים במערכות בהן תאוצת הגופים זהה בגודלה. חשוב להתייחס לכך במשוואות התנועה.

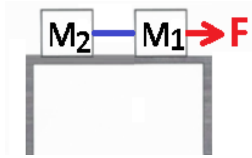
ב- במערכות רבות ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף אחד.
בתרגול מומלץ לעשות את כל העבודה, לכתוב את משוואות התנועה לכל גוף בנפרד, ולפתח את הביטוי המבוקש ממשוואות התנועה.

ג- בשאלות בהן אנחנו עוסקים הגופים מחוברים באמצעות חוט שמסתו זניחה. כוחות המתיחות שמפעיל החוט בקצותיו הם זהים בגודלם.
חשוב להתייחס לכך במשוואות התנועה.

נושאי התרגול:

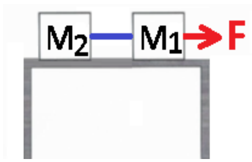
1. כוח אופקי הפועל על שני גופים הנעים על משטח אופקי חלק.
2. כוח אופקי הפועל על שני גופים הנעים על משטח אופקי לא חלק.
3. כוח הפועל בזווית על שני גופים הנעים על משטח אופקי לא חלק.
4. שני גופים תלויים (אטווד).
5. גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח אופקי חלק.
6. גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח אופקי לא חלק.
7. כוח חיצוני מניע גוף הנמצא על משטח אופקי לא חלק.
8. גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח נטוי חלק.
9. גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח נטוי לא חלק.
10. שני גופים הנמצאים על שני מישורים.
11. שני גופים המחוברים בחוט נעים בנפילה חופשית.

1- כוח אופקי הפועל על שני גופים הנעים על משטח אופקי חלק

	פעולה נדרשת	הכוחות הפועלים על הגוף ומשוואות חשובות	הביטוי/הערך המבוקש	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1 - כוח חיצוני F פועל בכיוון אופקי ימינה על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי חלק. כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה. 	$a(F,M_1,M_2)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסתם ובכוח F הפועל עליהם.	על M1 פועלים ארבעה כוחות: F- כוח חיצוני. N1- כוח הנורמל. M1g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1y}=0$ בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1x}=M_1\cdot\vec{a}$ על M2 פועלים שלושה כוחות: N2- כוח הנורמל. M2g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2y}=0$ בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2x}=M_2\cdot\vec{a}$ הנחיה: תאוצת הגופים היא זהה.	$a=\frac{F}{M_1+M_2}$	ניתן לבטא את התאוצה כתלות בכוח המתיחות ממשוואת התנועה האופקית של גוף 2. $a=\frac{T}{M_2}$ הביטוי כמובן נכון, אך הוא מספר רק "חלק מהסיפור". לעומת זאת, הביטוי : $a=\frac{F}{M_1+M_2}$ מתאר את התאוצה בצורה מלאה. רק המסות והכוח החיצוני הם שבאמת קובעים את ערך התאוצה. ביטוי התאוצה כתלות במתיחות הוא נכון, אבל הוא לא חשוב. הביטוי החשוב הוא ביטוי התאוצה כתלות בכוח ובמסות. משל קטן: אדם מוציא מכספומט כל בוקר 500,000 ₪ . כדי שניתן יהיה לבצע משיכה, הכספומט כמובן צריך לעבוד. אבל מה שחשוב הוא שיהיה לו מספיק כסף בחשבון הבנק.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14205

YouCube

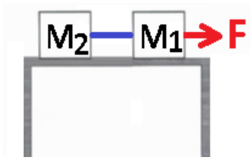
קישור לרכישת מנויי פרטי במערכת ה- YouCube: https://www.youcube.co.il/manuy

1.2 - כוח חיצוני F פועל בכיוון אופקי ימינה על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי <u>חלק</u>. **כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.**  	**$T(F,M_1,M_2)$** **יש לפתח ביטוי לכוח המתיחות של החוט המחבר בין שני הגופים .** **<u>הנחיה</u>: תאוצת הגופים היא זהה.** **הוכחה שהתאוצה של הגופים היא זהה:** **כאשר, גוף M1 עובר מתקדם בפרק זמן קצר מסוים dt, העתק תנועה קטן כלשהו dx.** **M2 עובר בדיוק באותו זמן תנועה dt את אותו ההעתק dx , (כמו גוף M1).** **המהירויות הרגעיות זהות.** **וכאשר המהירות משתנה היא משתנה באופן דומה. לכן גם התאוצות זהות.**	**<u>על M1 פועלים ארבעה כוחות:</u>** **F- כוח חיצוני.** **N1- כוח הנורמל.** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1y}=0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1x}=M_1\cdot \vec{a}$ **<u>על M2 פועלים שלושה כוחות:</u>** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2y}=0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2x}=M_2\cdot \vec{a}$	$T=\dfrac{M_2\cdot F}{M_1+M_2}$	**1.מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:** **א- כאשר מסת M2 שווה לאפס גם כוח המתיחות שווה לאפס.** **ב- כאשר לא פועל כוח חיצוני, (F=0), גם כוח המתיחות שווה לאפס.** **ג-כאשר מסת M2 גדולה בהרבה ממסת M1 כוח המתיחות שווה בקירוב לכוח החיצוני F.** **2. חשוב לבחון את תקינות היחידות של כל משוואה פיזיקלית.** **בצד הימני של המשוואה, במכנה יש סכום של מסות, היחידות של המכנה הן ק"ג. היחידות של המונה הן ק"ג כפול ניוטון. יחידות הק"ג מצטמצמות, נשארים רק היחידות ניוטון. כמו בצד השמאלי של המשוואה , לכן המשוואה תקינה.** **3. לא ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף אחד ולבטא את המתיחות.** **התייחסות לשני הגופים כאל גוף אחד מתעלמת מקיומו של החוט.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14206

2- כוח אופקי הפועל על שני גופים הנעים על משטח אופקי לא חלק

2.1 - כוח חיצוני F פועל בכיוון אופקי ימינה על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי לא חלק.

כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.



$a(\mu_K, F, M_1, M_2)$

יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסתם, בכוח F הפועל עליהם ובמקדם החיכוך הקינטי μK.

על M1 פועלים חמישה כוחות:

- F- כוח חיצוני.
- N1- כוח הנורמל.
- M1g- כוח הכובד.
- T- כוח המתיחות.
- fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1y} = 0$$

בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1x} = M_1 \cdot \vec{a}$$

על M2 פועלים ארבעה כוחות:

- N2- כוח הנורמל.
- M2g- כוח הכובד.
- T- כוח המתיחות
- fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2y} = 0$$

בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2x} = M_2 \cdot \vec{a}$$

$$a = \frac{F - \mu_k \cdot g \cdot (M_1 + M_2)}{M_1 + M_2}$$

1. ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף אחד שמסתו M1+M2, לכתוב את שתי משוואות תנועה ולבטא מהן את תאוצת הגוף.

2. ביטוי המחסר במכנה(צבוע בירוק), הוא של כוח החיכוך הקינטי.

3. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

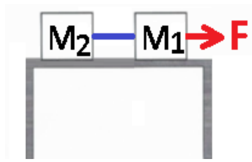
א- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס מתקבל ביטוי התאוצה מסעיף 1.1

ב- כאשר תאוצת הכובד שווה לאפס, גם מתקבל ביטוי התאוצה מסעיף 1.1 כשאין כוח כובד, הגוף לא מעיק על המשטח, לא פועל כוח נורמל, לכן גם לא פועל כוח חיכוך קינטי. (למרות שמקדם החיכוך שונה מאפס).

ג-התאוצה של הגוף יכולה להיות שלילית. זה קורה כאשר הכוח החיצוני קטן מכוח החיכוך הקינטי.

4. כיוון הציר הנבחר הוא ימינה, לכן התאוצה שלילית כאשר כיוון הכוח השקול הוא שמאלה.

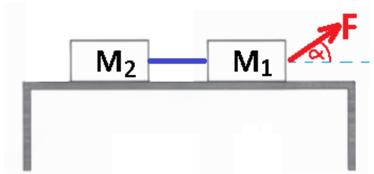
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14208

2.2 - כוח חיצוני F פועל בכיוון אופקי ימינה על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי לא חלק. **כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.**  	**$T(\mu_K,F,M_1,M_2)$** **יש לפתח ביטוי לכוח המתיחות בחוט המקשר בין הגופים. כתלות במסות הגופים, בכוח F הפועל עליה ובמקדם החיכוך הקינטי μK.**	**על M1 פועלים חמישה כוחות:** **F- כוח חיצוני.** **N1- כוח הנורמל.** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **fk- כוח חיכוך קינטי.** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1Y} = 0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1X} = M_1 \cdot \vec{a}$ **על M2 פועלים ארבעה כוחות:** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות** **fk- כוח חיכוך קינטי.** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2Y} = 0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2X} = M_2 \cdot \vec{a}$	$T = \dfrac{M_2 \cdot F}{M_1 + M_2}$	**1. ביטוי כוח המתיחות המתקבל במקרה זה זהה לביטוי כוח המתיחות המתקבל במשטח אופקי חלק.** **כוח החיכוך מקטין את התאוצה , אך הוא לא משפיע על מתיחות החוט המקשר בין הגופים.** **2.פועלים שני כוחות מתיחות: כוח מתיחות אחד פועל על M1 שמאלה. וכוח מתיחות נוסף פועל על M2 ימינה.** **שני כוחות מתיחות אלו זהים בגודלם ושונים בכיוונם(אלו אינם כוחות של החוק השלישי). וגודלם מחושב על ידי ביטוי המתיחות הנתון בסעיף זה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14209

3- כוח הפועל בזווית על שני גופים הנעים על משטח אופקי לא חלק

3.1 - כוח חיצוני F פועל בכיוון אופקי ימינה על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי לא חלק.

כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.



$a(\mu_K, F, M_1, M_2, \alpha)$

יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף כתלות במסות הגופים, בכוח F, בכיוונו α ובמקדם החיכוך הקינטי μK.

<u>הנחיה:</u> לפני כתיבת משוואות התנועה יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח F.

<u>על M1 פועלים חמישה כוחות:</u>

F- כוח חיצוני.
N1- כוח הנורמל.
M1g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.
fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1y} = 0$$

בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1x} = M_1 \cdot \vec{a}$$

<u>על M2 פועלים ארבעה כוחות:</u>

N2- כוח הנורמל.
M2g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.
fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2y} = 0$$

בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2x} = M_2 \cdot \vec{a}$$

$$a = \frac{F \cdot \cos(\alpha) - \mu_k \cdot g \cdot (M_1 + M_2) + \mu_k \cdot F \cdot \sin(\alpha)}{M_1 + M_2}$$

1. הכוח F הפועל בזווית גורם לגוף 1 להעיק פחות על המשטח. לכן הכוח F גורם להקטנת כוח הנורמל ולהקטנת כוח החיכוך הקינטי הפועל על גוף 1. אין לכוח F השפעה על כוח החיכוך הקינטי הפועל על גוף 2.

למרות שכוח F משפיע על הגופים בצורה שונה. הגופים עדיין נעים בתאוצה זהה.

2. מכיוון שהכוח F משפיע על החיכוך הקינטי של גוף 1 ולא משפיע על החיכוך הקינטי של גוף 2, לא ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף בודד .

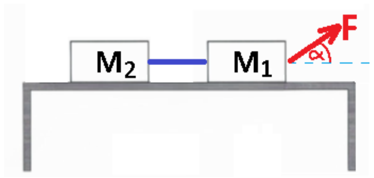
3. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

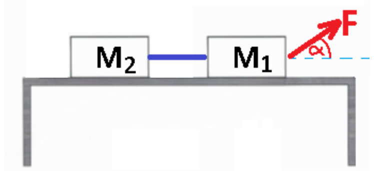
א- כאשר הכוח פועל בכיוון אופקי: α=0, מתקבל ביטוי התאוצה מסעיף 2.א.

ב- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל הביטוי:

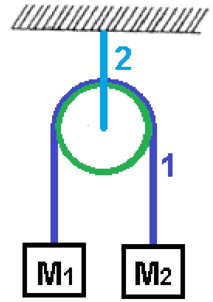
$$a = \frac{F \cdot \cos(\alpha)}{M_1 + M_2}$$

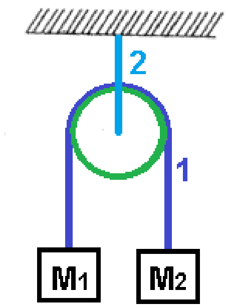
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14211

3.2 - כוח חיצוני F פועל בזווית α מעל האופק על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי לא חלק. **כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.** 	**$T(\mu_K, F, M_1, M_2, \alpha)$** **יש לפתח ביטוי לגודל כוח המתיחות המקשר בין הגופים כתלות במסות הגופים, בכוח F, בכיוונו α ובמקדם החיכוך הקינטי μ_K.** **הנחיה: לפני כתיבת משוואות התנועה יש לבצע הפרדה ישרה זווית לכוח F.**	**על M1 פועלים חמישה כוחות:** **F- כוח חיצוני.** **N1- כוח הנורמל.** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **fk- כוח חיכוך קינטי.** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1Y} = 0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1X} = M_1 \cdot \vec{a}$ **על M2 פועלים ארבעה כוחות:** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות** **fk- כוח חיכוך קינטי.** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2Y} = 0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2X} = M_2 \cdot \vec{a}$	$T = \frac{M_2 \cdot F(\cos(\alpha) + \mu_k \cdot \sin(\alpha))}{M_1 + M_2}$	**1. הטיית הכוח F בזווית α מעל האופק משפיעה על כוח המתיחות וגורמת לכוח המתיחות להיות תלוי במקדם החיכוך הקינטי.** **כאשר הכוח F פועל בכיוון אופקי, מקדם החיכוך הקינטי לא משפיע על כוח המתיחות.** **2. הביטוי המתקבל בסעיף 2.2 הוא מקרה פרטי (α = 0) של הביטוי המתקבל בסעיף זה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14212

3.3 - כוח חיצוני F פועל בזווית α מעל האופק על גוף 1 הקשור בחבל לגוף 2. הגופים נעים על משטח אופקי <u>לא חלק</u>. כיוון ציר התנועה הנבחר הוא ימינה.  	$F'(\mu_K,M_1,M_2,\alpha)$ יש לפתח ביטוי לגודל הכוח החיצוני עבורו שני הגופים ינועו במהירות קבועה. (בזווית α נתונה) נסמן כוח זה ב F' ונבטא אותו כתלות במסות הגופים, בזווית α ובמקדם החיכוך הקינטי μK. <u>הנחיה</u>: לפני כתיבת משוואות התנועה יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח F.	<u>על M1 פועלים חמישה כוחות:</u> F- כוח חיצוני. N1- כוח הנורמל. M1g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1Y}=0$ בכיוון אופקי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1X}=0$ <u>על M2 פועלים ארבעה כוחות:</u> N2- כוח הנורמל. M2g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2Y}=0$ בכיוון אופקי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2X}=0$	$F' = \dfrac{\mu_k \cdot g \cdot (M_2 + M_1)}{\cos(\alpha) + \mu_k \cdot \sin(\alpha)}$	1.מהביטוי ניתן לראות שכאשר הכוח פועל בכיוון אופקי (α=0), גודל הכוח הוא כגודל סכום כוחות החיכוך הקינטי הפועלים על שני הגופים. 2. ניתן לכתוב את משוואות התנועה ולבטא את הכוח F' כאשר הגופים מתמידים בתנועתם (גם בכיוון האופקי). ניתן גם להשתמש בביטוי תאוצת הגופים בסעיף 3.א לקבוע שערך התאוצה שווה לאפס, ולבטא את גודל הכוח החיצוני.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14213

4- שני גופים תלויים (אטווד)

4.1 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה.** **נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכיוונו כלפי מטה.** **ונתאר את תנועת גוף 2 ביחס לציר שכיוונו כלפי מעלה.** **נתון כי מסת גוף 1 גדולה יותר ממסת גוף 2.** 	**$a(M_1,M_2,g)$** **יש לפתח ביטוי לתאוצת הגופים, כתלות במסותיהם ובתאוצת הכובד g.** **הנחיה:** **הגופים נעים בתאוצות זהות בגודלן.** **יש לכתוב משוואות תנועה לכל אחד מהגופים התלויים ולבטא מהן את התאוצה.**	**על M1 פועלים שני כוחות** **M1g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מטה.** $\Sigma \vec{F}_{1y}=M_1 \cdot \vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .** **על M2 פועלים שני כוחות** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מעלה.** $\Sigma \vec{F}_{2y}=M_2 \cdot \vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .**	$a=\frac{(M1-M2)\cdot g}{M1+M2}$	**1.הגופים נעים בתאוצות זהות בגודלן ושונות בכיוונן.** **2. מקרים מיוחדים (ניתן לראות מהביטוי, ולהבין מהמערכת).** **א- כאשר המסות זהות או כאשר תאוצת הכובד שווה לאפס, תאוצת הגופים שווה לאפס.** **ב- התאוצה לא תלויה רק בגודל הפרש המסות אלא גם בגודל המסות.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14215

4.2 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה.** **נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכיוונו כלפי מטה.** **ונתאר את תנועת גוף 2 ביחס לציר שכיוונו כלפי מעלה.** **נתון כי מסת גוף 1 גדולה יותר ממסת גוף 2.** 	**$T_1(M_1,M_2,g)$** **יש לפתח ביטוי למתיחות חוט 1. כתלות במסות הגופים התלויים ותאוצת הכובד g.** **<u>הנחיה:</u>** **את תרשים הכוחות ואת משוואות התנועה אנחנו כותבים על גופים.** **כדי למצוא כוח מסוים יש לערוך תרשים כוחות ולכתוב את משוואות התנועה על גוף עליו פועל הכוח.** **במקרה זה כדי למצוא את כוח המתיחות יש לכתוב משוואות תנועה לגופים התלויים.** **לכל גוף משוואת תנועה נפרדת.**	**<u>על M1 פועלים שני כוחות</u>** **M1g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מטה.** $\Sigma \vec{F}_{1y}=M_1\cdot\vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .** **<u>על M2 פועלים שני כוחות</u>** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מעלה.** $\Sigma \vec{F}_{2y}=M_2\cdot\vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .**	$T_1=\dfrac{2\cdot M1\cdot M2\cdot g}{M1+M2}$	**1.אנו עוסקים בחוטים שמסתם זניחה. לכן, מתיחותם אחידה לכל אורכם.** **כוח המתיחות שמפעיל חוט 1 על גוף 2 כלפי מעלה שווה לכוח המתיחות שמפעיל חוט 1 על גוף 1 כלפי מעלה.** **2. גם כאשר המסות של הגופים התלויים M1 ו- M2 הן שונות, חוט 1 יפעיל כוח זהה על כל אחד משני הגופים התלויים.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14216

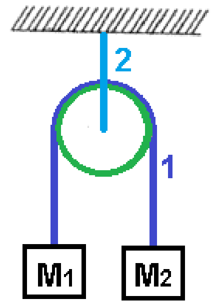
4.3 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת.

הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה.

נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכיוונו כלפי מטה.

ונתאר את תנועת גוף 2 ביחס לציר שכיוונו כלפי מעלה.

נתון כי מסת גוף 1 גדולה יותר ממסת גוף 2.



$T_2(T_1)$

יש לפתח ביטוי למתיחות חוט 2, כתלות במתיחות חוט 1.

הנחיה:

כדי לבטא את כוח המתיחות T2 , יש לערוך תרשים כוחות ולכתוב את משוואות התנועה לגלגלת.

אנו עוסקים בגלגלת שמסתה זניחה. אנחנו לא מתייחסים לכוח הכובד הפועל על הגלגלת.

על הגלגלת פועלים שלושה כוחות

כוח מתיחות T2 כלפי מעלה

שני כוחות מתיחות T1 כלפי מטה.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד, (גלגלת נייחת).

$$\Sigma \vec{F}_y = 0$$

$$T_2 = 2 \cdot T_1$$

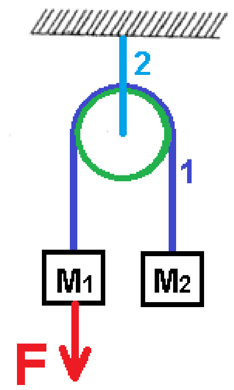
1.חוט 2 מפעיל את כוח המתיחות על הגלגלת הנייחת כלפי מעלה וכוח זהה בגודלו על התקרה כלפי מטה.

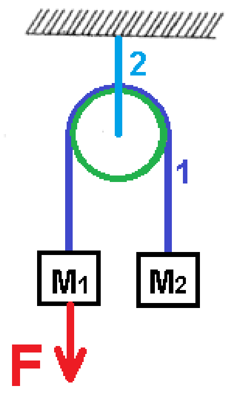
2. הקצה התחתון של חוט 2 "מחזיק" את שתי המסות. כל אחד מהקצוות של חוט 1 "מחזיק" רק מסה אחת.

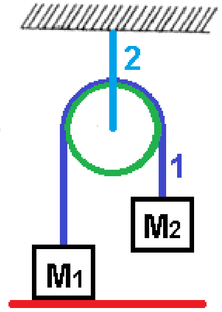
3. אפשר לבטא את מתיחות חוט 1, כתלות במסות הגופים התלויים ובתאוצת הכובד g:

$$T_2 = \frac{4 \cdot M1 \cdot M2 \cdot g}{M1 + M2}$$

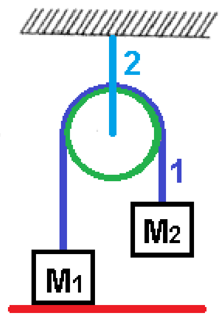
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14217

4.4 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה.** **נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכיוונו כלפי מטה.** **ונתאר את תנועת גוף 2 ביחס לציר שכיוונו כלפי מעלה.** **נתון כי מסת גוף 1 גדולה יותר ממסת גוף 2.** **על גוף 1 פועל כוח חיצוני F כלפי מטה, כמתואר באיור הבא:** 	**$a(M_1, M_2, g, F)$** **יש לפתח ביטוי לתאוצת הגופים , כתלות במסותיהם הכוח החיצוני F. ותאוצת הכובד g.**	**על M1 פועלים שלושה כוחות** **M1g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **F- כוח חיצוני.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מטה.** $\Sigma \vec{F}_{1Y} = M_1 \cdot \vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .** **על M2 פועלים שני כוחות** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מעלה.** $\Sigma \vec{F}_{2Y} = M_2 \cdot \vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .**	$a = \dfrac{(M1 - M2) \cdot g + F}{M1 + M2}$	**1.כאשר הכוח F שווה לאפס ניוטון מתקבל ביטוי התאוצה בסעיף 4.1.** **2. הכוח החיצוני F מגדיל את הכוח השקול הפועל על גוף 1. לכן הכוח F מגדיל את התאוצה.** **3. אם הכוח החיצוני F יפעל על גוף 2 הוא יקטין את הכוח השקול הפועל על גוף 2 הוא יקטין את התאוצה. במקרה זה הכוח החיצוני F יופיע בביטוי התאוצה כמחסר. באופן הבא:** $a = \dfrac{(M1 - M2) \cdot g - F}{M1 + M2}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14218

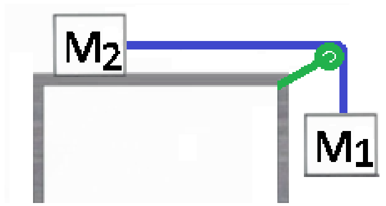
4.5 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה. נתאר את תנועת גוף 1 ביחס לציר שכיוונו כלפי מטה. ונתאר את תנועת גוף 2 ביחס לציר שכיוונו כלפי מעלה. נתון כי מסת גוף 1 גדולה יותר ממסת גוף 2. על גוף 1 פועל כוח חיצוני F כלפי מטה, כמתואר באיור הבא: 	$T_1(M_1,M_2,g,F)$ יש לבטא את כוח המתיחות בחוט 1, כתלות במסות הגופים התלויים, הכוח החיצוני F. ותאוצת הכובד g.	<u>על M1 פועלים שלושה כוחות</u> M1g- כוח הכובד. T1- כוח המתיחות. F- כוח חיצוני. בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מטה. $\Sigma\vec{F}_{1Y}=M_1\cdot\vec{a}$ בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות . <u>על M2 פועלים שני כוחות</u> M2g - כוח הכובד. T1 - כוח המתיחות. בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד, כיוון הכוח השקול הוא כלפי מעלה. $\Sigma\vec{F}_{2Y}=M_2\cdot\vec{a}$ בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .	$T_1=\dfrac{2\cdot M1\cdot M2\cdot g+M2\cdot F}{M1+M2}$	מביטוי כוח המתיחות המתקבל ניתן להבין שהפעלת הכוח החיצוני F מגדילה את כוח המתיחות של גוף 1.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14219

4.6 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה.** **גוף 1 מונח על הרצפה** **נתון כי מסת M1 גדולה יותר ממסת M2.** 	**$N_1(M_1,M_2,g)$** **יש לבטא את כוח הנורמל הפועל על גוף 1. כתלות במסות הגופים ותאוצת הכובד.**	**על M1 פועלים שני כוחות** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **גוף M2 מתמיד בתנועתו.** $\sum\vec{F}=0$ **על M2 פועלים שלושה כוחות** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **N- כוח הנורמל.** **גוף M1 מתמיד בתנועתו.**	$N_1 = M1\cdot g - M_2\cdot g$	**בשאלות העוסקות בכוח שהגוף מפעיל על המשטח, יש למצוא את הנורמל ולהשתמש בחוק השלישי של ניוטון.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14220

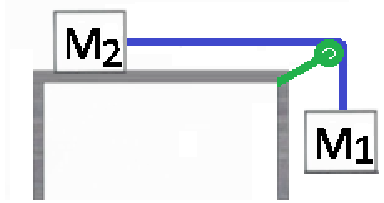
136

4.7 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **הגלגלת הנייחת תלויה על חוט 2 המחובר לתקרה.** **גוף 1 מונח על הרצפה** **נתון כי מסת M1 גדולה יותר ממסת M2.**  	$T_1(M_2, g)$ **יש לבטא את כוח המתיחות של החוט המקשר בין הגופים.**	**על M1 פועלים שני כוחות** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **גוף M2 מתמיד בתנועתו.** $\Sigma\vec{F} = 0$ **על M2 פועלים שלושה כוחות** **M2g- כוח הכובד.** **T1- כוח המתיחות.** **N- כוח הנורמל.** **גוף M1 מתמיד בתנועתו.**	$T_1 = M_2 \cdot g$	**כאשר הגופים נעים בתאוצה כוח המתיחות בחוט 1 קטן ממשקל גוף 2.** **כאשר הגופים נעים במהירות קבועה (המערכת בהתמדה) כוח המתיחות בחוט 1 שווה למשקל גוף 2.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14221

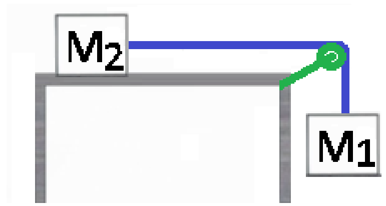
5- גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח אופקי חלק

5.1 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **המשטח עליו נע גוף 2 הוא <u>אופקי וחלק</u>.** **תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.** **תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא ימינה.**  	**$a(M_1, M_2, g)$** **יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסות ובתאוצת הכובד g.** **הנחיה: הגופים נעים בתאוצה זהה.**	**<u>על M1 פועלים שני כוחות</u>** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1Y} = M_1 \cdot \vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .** **<u>על M2 פועלים שלושה כוחות:</u>** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2Y} = 0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2X} = M_2 \cdot \vec{a}$	$$a = \frac{M_1 \cdot g}{M_1 + M_2}$$	**1.ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף אחד שמסתו M1+M2, המונע על ידי הכוח M1g.** **2. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:** **א- כאשר מסת הגוף M1 גדולה בהרבה ממסת הגוף M2. הגופים נעים בקירוב בתאוצת הכובד g.** **ב- כאשר מסת הגוף M2 גדולה בהרבה ממסת הגוף M1, תאוצת הגופים היא אפסית.** **ג- בהתאם לערכי מסות הגופים נקבע קבוע חסר יחידות הקטן מ1 המוכפל בתאוצת הכובד. לכן, עבור מסות גופים כלשהן תאוצת המערכת תהיה קטנה מתאוצת הכובד g.** **3. הגופים נעים בכיוונים שונים, תאוצתם זהה בגודלה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14222

137

5.2 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **המשטח עליו נע גוף 2 הוא <u>אופקי</u> <u>וחלק</u>.** **תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוון החיובי הוא כלפי מטה.** **תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוון החיובי הוא ימינה.** 	$T(M_1,M_2,g)$ **יש לפתח ביטוי לגודל כוח מתיחות החוט המחבר בין שני הגופים כתלות במסות ובתאוצת הכוכב g.** **הנחיה: הגופים נעים בתאוצה זהה.**	**<u>על M1 פועלים שני כוחות</u>** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma\vec{F}_{1y}=M_1\cdot\vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .** **<u>על M2 פועלים שלושה כוחות:</u>** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma\vec{F}_{2y}=0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma\vec{F}_{2x}=M_2\cdot\vec{a}$	$T=\dfrac{M_2\cdot M_1\cdot g}{M_1+M_2}$	**1. כוח המתיחות הוא וקטור יש לו גודל וכיוון.** **הביטוי המפותח בסעיף זה מתייחס לגודל של כוח המתיחות בלבד ולא לכיוונו.** **2. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:** **א- כאשר מסת M2 שווה לאפס, או כאשר מסת M1 שווה לאפס המתיחות שווה לאפס.** **ב- כאשר תאוצת הכובד שווה לאפס, מתיחות החוט שווה לאפס.** **ג- אם נחליף בין הגוף התלוי לגוף המונח כוח המתיחות לא ישתנה (גם כאשר המסות שונות).**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14224

6- גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח אופקי **לא** חלק.

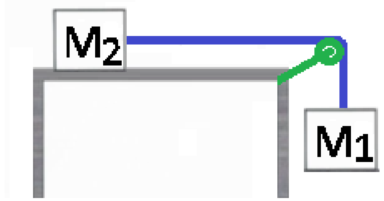
6.1 - שני גופים קשורים באמצעות חוט 1 הכרוך סביב גלגלת נייחת. **המשטח עליו נע גוף 2 הוא אופקי לא חלק.** **תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.** **תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא ימינה.**  	**$a(\mu_K, M_1\ M_2, g)$** **יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסת בתאוצת הכובד g. ובמקדם החיכוך הקינטי μK.**	**על M1 פועלים שני כוחות** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma\vec{F}_{1y}=M_1\cdot\vec{a}$ **בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .** **על M2 פועלים ארבעה כוחות:** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **fk- כוח חיכוך קינטי.** **בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.** $\Sigma\vec{F}_{2y}=0$ **בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.** $\Sigma\vec{F}_{2x}=M_2\cdot\vec{a}$	$a=\dfrac{M_1\cdot g-\mu_k\cdot M_2\cdot g}{M_1+M_2}$	**1.ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף אחד שמסתו שווה לסכום מסות הגופים והכוח השקול הפועל עליו שווה למשקל M1 פחות כוח החיכוך הפועל על M2.** **2. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:** **א- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל הביטוי בסעיף 5.1.** **ב- כאשר מסת M2 היא אפס, תאוצת גוף M1 שווה לתאוצת הכובד.** **ג- ככל שערך מקדם החיכוך הקינטי גדול יותר תאוצת הגוף תהיה קטנה יותר.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14226

6.2 - שני גופים קשורים באמצעות חוט הכרוך 1 סביב גלגלת נייחת.

המשטח עליו נע גוף 2 הוא אופקי. <u>לא חלק</u>.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא ימינה.



$T(\mu_K, M_1, M_2, g)$

יש לפתח ביטוי לגודל מתיחות החוט המחבר בין הגופים כתלות במסתם בתאוצת הכובד g ובמקדם החיכוך הקינטי μK.

<u>על M1 פועלים שני כוחות</u>

M1g- כוח הכובד.

T- כוח המתיחות.

בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1Y} = M_1 \cdot \vec{a}$$

בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .

<u>על M2 פועלים ארבעה כוחות:</u>

N2- כוח הנורמל.

M2g- כוח הכובד.

T- כוח המתיחות

fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2Y} = 0$$

בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2X} = M_2 \cdot \vec{a}$$

$$T = \frac{M_2 \cdot M_1 \cdot g + \mu_K \cdot M_2 \cdot M_1 \cdot g}{M_1 + M_2}$$

1.במקרה זה כוח החיכוך מגדיל את המתיחות מכיוון שהוא פועל רק על גוף אחד.

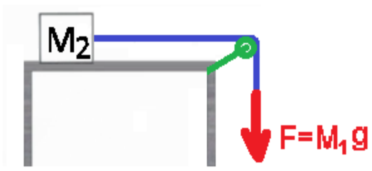
2. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

א- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל הביטוי בסעיף 5.2.

ב- ככל שערך מקדם החיכוך הקינטי גדול יותר כוח המתיחות יהיה גדול יותר.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14227

7. כוח חיצוני מניע גוף הנמצא על משטח אופקי לא חלק.

7. כוח F פועל על חוט המחובר לגוף 2 גודלו של הכוח F הוא M_1g. המשטח עליו נע הגוף M2 הוא אופקי ולא חלק. תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא ימינה.  	$a(\mu_K, M_2, F, g)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגוף M2 כתלות במסת הגוף, תאוצת הכובד g, גודל הכוח החיצוני F, ומקדם החיכוך הקינטי μ_K. הנחיה: מהחוק השלישי של ניוטון, הכוח הפועל על החוט שווה לכוח שהחוט מפעיל. לכן, כוח מתיחות החוט הוא M_1g.	על M2 פועלים ארבעה כוחות: N_2- כוח הנורמל. M_2g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. f_k- כוח חיכוך קינטי. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma \vec{F}_{2y}=0$ בכיוון אופקי: הגוף לא מתמיד. $\Sigma \vec{F}_{2x}=M_2\cdot\vec{a}$	$a=\dfrac{M_1\cdot g-\mu_K\cdot M_2\cdot g}{M_2}$	כאשר מבוצע שינוי במערכת יש לבחון את כל ההשלכות של השינוי לפני שמגיעים למסקנות. במקרה זה אומנם הכוח F שווה למשקל גוף 1 והכוח השקול לא משתנה. אך מסת המערכת קטנה, ובהתאם לחוק השני התאוצה תהיה גדולה יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14228

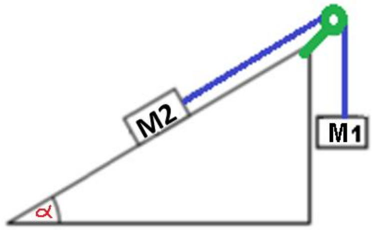
8- גוף תלוי מניע גוף הנמצא על משטח נטוי חלק.

8.1 - גוף 2 מחובר לגוף תלוי 1 באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. המשטח עליו נע גוף 2 הוא נטוי וחלק.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוון החיוב הוא כלפי מטה.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוון החיוב הוא במעלה המישור.

מסת הגוף M1 גדולה ממסת הגוף M2.



$a(\alpha, M_1, M_2, g)$

יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסתם בתאוצת הכובד g, ובזווית נטיית המישור α.

הנחיה:

יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח הכובד הפועל על M2.

על M1 פועלים שני כוחות

M1g- כוח הכובד.

T- כוח המתיחות.

בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma\vec{F}_{1y} = M_1 \cdot \vec{a}$$

בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .

על M2 פועלים שלושה כוחות:

N2- כוח הנורמל.

M2g- כוח הכובד.

T- כוח המתיחות

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma\vec{F}_{2y} = 0$$

בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma\vec{F}_{2x} = M_2 \cdot \vec{a}$$

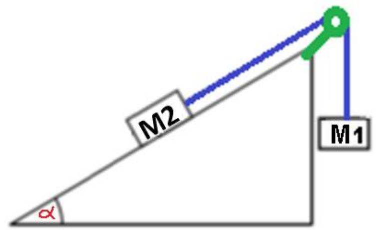
$$a = \frac{M_1 \cdot g - M_2 \cdot g \cdot \sin(\alpha)}{M_1 + M_2}$$

1.ניתן להתייחס לשני הגופים כאל גוף אחד, שמסתו שווה לסכום מסות הגופים: M1+M2

הכוח השקול הפועל על שני הגופים שווה לכוח הכובד הפועל על M1. פחות רכיב כוח הכובד הפועל על M2 בכיוון מורד המישור.

2. מהביטוי ניתן לראות שכאשר הזווית α שווה לאפס מתקבל ביטוי התאוצה של סעיף 5.1 .

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14230

8.2 - גוף 2 מחובר לגוף תלוי 1 באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. המשטח עליו נע גוף 2 הוא נטוי <u>וחלק</u>. תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה. תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא במעלה המישור. מסת הגוף M1 גדולה ממסת הגוף M2.  	$T(\alpha, M_1, M_2, g)$ יש לפתח ביטוי לגודל מתיחות החוט המקשר בין הגופים כתלות בתאוצת הכובד g, במקדם החיכוך הקינטי ובזווית נטיית המישור α. <u>הנחיה:</u> יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח הכובד הפועל על M2.	<u>על M1 פועלים שני כוחות</u> M1g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. בכיוון אנכי: הגוף לא מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1y}=M_1\cdot\vec{a}$ בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות . <u>על M2 פועלים שלושה כוחות:</u> N2- כוח הנורמל. M2g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2y}=0$ בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2x}=M_2\cdot\vec{a}$	$T=\dfrac{M_2\cdot M_1\cdot g+M_2\cdot M_1\cdot g\cdot\sin(\alpha)}{M_1+M_2}$	מהביטוי ניתן לראות שכאשר הזווית α שווה לאפס מתקבל ביטוי התאוצה של סעיף 5.1 .	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14231

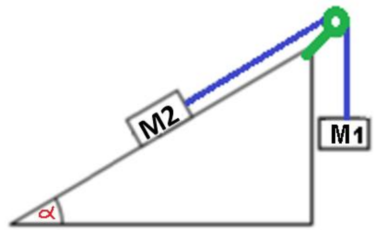
143

8.3 - גוף 2 מחובר לגוף תלוי 1 באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. המשטח עליו נע גוף 2 הוא נטוי וחלק.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוון החיוב הוא כלפי מטה.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוון החיוב הוא במעלה המישור.

מסת הגוף M1 גדולה ממסת הגוף M2.



$$\frac{M_1}{M_2}(\alpha)$$

יש לפתח ביטוי ליחס המסות: M_1/M_2 **בו ינועו הגופים במהירות קבועה.**

הנחיה: כדי למצוא את יחס המסות בו הגופים ינועו במהירות קבועה יש לכתוב משוואות התמדה לגופים, ולבטא מהן את יחס המסות.

על M1 פועלים שני כוחות

M1g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma\vec{F}_{1y}=0$$

בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .

על M2 פועלים שלושה כוחות:

N2- כוח הנורמל.
M2g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma\vec{F}_{2y}=0$$

גם, בכיוון מעלה המישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma\vec{F}_{2x}=0$$

$$\frac{M_1}{M_2}=\sin(\alpha)$$

1.כל כך פשוט וכל כך יפה. יחס המסות שווה לערך סינוס זווית נטיית המישור.

2. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

א- כאשר זווית נטיית המישור שווה לאפס, המערכת תתמיד רק אם מסת גוף 1 שווה לאפס.

ב- כאשר מסת M1 גדולה ממסת M2 יחס המסות בצד שמאל של המשוואה גדול מ-1. אך ערך הסינוס בצד הימני של המשוואה לא יכול להיות גדול מ-1 ,

לכן הביטוי לא מתקיים מתמטית כאשר יחס המסות גדול מ-1.

מבחינה פיזיקלית כאשר מסת גוף 1 גדולה ממסת גוף 2 המערכת לא יכולה להתמיד. לכן הביטוי לא מתקיים מתמטית.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14232

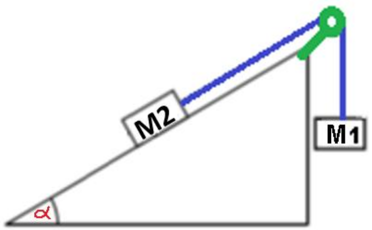
9- גוף תלוי המניע גוף הנמצא על משטח נטוי <u>לא</u> חלק.

9.1 - גוף 2 מחובר לגוף תלוי 1 באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. המשטח עליו נע גוף 2 הוא נטוי ולא <u>חלק</u>.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא במעלה המישור.

מסת הגוף M1 גדולה ממסת הגוף M2.



$a(\mu_k,\alpha,M_1,M_2,g)$

יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסתם, בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובמקדם החיכוך הקינטי μk.

.

<u>על M1 פועלים שני כוחות</u>

M1g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$\Sigma \vec{F}_{1Y}=0$

בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .

<u>על M2 פועלים ארבעה כוחות:</u>

N2- כוח הנורמל.
M2g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.
Fk- כוח החיכוך הקינטי.

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$\Sigma \vec{F}_{2Y}=0$

בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד.

$$a=\frac{M_1\cdot g-M_2\cdot g\cdot \sin(\alpha)-\mu_k\cdot M_2\cdot g\cdot \cos(\alpha)}{M_1+M_2}$$

1. הסעיף הזה הוא מעולה לתרגול אינטנסיבי של אלגברה, שאלות הבגרות מצריכות פחות (הרבה פחות) פעולות אלגבריות.

2. מהחוק השני של ניוטון, המונה בצד הימני של המשוואה הוא ביטוי הכוח השקול.

3. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

א- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל הביטוי בסעיף 8.1.

ב- כאשר מסת M2 שווה אפס, תאוצת גוף M1 שווה לתאוצת הכובד.

ג- כאשר זווית נטיית המישור שווה לאפס. מתקבל הביטוי בסעיף 6.1.

ד- כאשר זווית נטיית המישור היא 90 מעלות, איבר כוח החיכוך במונה מתאפס, ומתקבל המקרה המתואר בסעיף 4.1 .

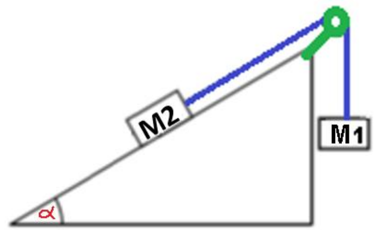
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14234

9.2 - גוף 2 מחובר לגוף תלוי 1 באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. המשטח עליו נע גוף 2 הוא נטוי ולא חלק.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא במעלה המישור.

מסת הגוף M1 גדולה ממסת הגוף M2.



$T(\mu_K,\alpha,M_1,M_2,g)$

יש לפתח ביטוי לגודל מתיחות החוט המחבר בין הגופים כתלות במסתם בתאוצת הכובד g, בזווית נטיית המישור α, ובמקדם החיכוך הקינטי μk.

על M1 פועלים שני כוחות

M1g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1Y}=0$$

בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .

על M2 פועלים ארבעה כוחות:

N2- כוח הנורמל.
M2g- כוח הכובד.
T- כוח המתיחות.
Fk- כוח החיכוך הקינטי.

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2Y}=0$$

בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2X}=0$$

$$T=\frac{M_2\cdot M_1\cdot g+\mu_k\cdot M_2\cdot M_1\cdot g\cdot\cos(\alpha)+M_2\cdot M_1\cdot g\cdot\sin(\alpha)}{M_1+M_2}$$

מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

א- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, מתקבל הביטוי בסעיף 8.2.

ב- כאשר מסת אחד הגופים שווה לאפס - מתיחות החוט שווה לאפס.

ג- כאשר זווית נטיית המישור שווה לאפס - מתקבל הביטוי בסעיף 6.2.

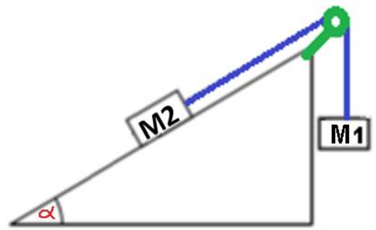
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14235

9.3 - גוף 2 מחובר לגוף תלוי 1 באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. המשטח עליו נע גוף 2 הוא נטוי ולא חלק.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא במעלה המישור.

מסת הגוף M1 גדולה ממסת הגוף M2.



$$\frac{M_1}{M_2}(\mu_K, \alpha, g)$$

יש לפתח ביטוי ליחס המסות:

M_1/M_2

בו ינועו הגופים במהירות קבועה.

הנחיה : כדי למצוא את יחס המסות בו הגופים ינועו במהירות קבועה יש לכתוב משוואות התמדה לגופים, ולבטא מהן את יחס המסות.

על M1 פועלים שני כוחות

M1g- כוח הכובד.

T- כוח המתיחות.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1y} = 0$$

בכיוון אופקי לא פועלים על הגוף כוחות .

על M2 פועלים ארבעה כוחות:

N2- כוח הנורמל.

M2g- כוח הכובד.

T- כוח המתיחות.

Fk – כוח החיכוך הקינטי.

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2y} = 0$$

בכיוון מעלה המישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2x} = 0$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \mu_k \cdot \cos(\alpha) + \sin(\alpha)$$

מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

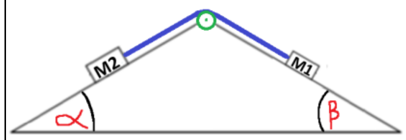
א- כאשר מקדם החיכוך הקינטי שווה לאפס, יחס המסות הדרוש כדי שהגופים ינועו במהירות קבועה שווה לסינוס זווית נטיית המישור. (סעיף 8.3)

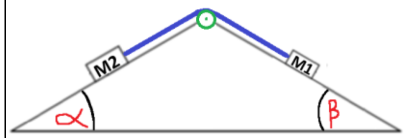
ב- כאשר זווית נטיית המישור שווה לאפס. יחס המסות הדרוש כדי שהגופים ינועו במהירות קבועה שווה למקדם החיכוך הקינטי.

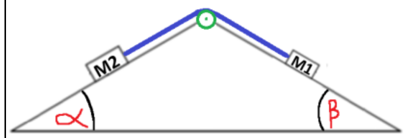
במילים אחרות, במקרה זה המערכת מתמידה רק אם יחס המסות שווה למקדם החיכוך הקינטי.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14236

10- שני גופים הנמצאים על שני מישורים.

10.1 - שני גופים מחוברים באמצעות חוט הכרוך על גלגלת ניידת. הגופים מונחים על מישורים <u>חלקים</u> הנטויים בזוויות שונות. לאחר שחרור הגופים ממנוחה, גוף 1 נע במורד המישור הימני, וגוף 2 נע במעלה המישור השמאלי. תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור הימני. תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מעלה המישור השמאלי.  	$a(\alpha,\beta,M_1,M_2,g)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסת בתאוצת הכובד g, ובזווית נטיית המישורים α ו- β.	<u>על M1 פועלים שלושה כוחות</u> M1g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. N1- כוח הנורמל. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1Y}=0$ בכיוון מורד המישור: הגוף לא מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{1X}=M_1\cdot\vec{a}$ <u>על M2 פועלים שלושה כוחות:</u> N2- כוח הנורמל. M2g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2Y}=0$ בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד. $\Sigma\vec{F}_{2X}=M_2\cdot\vec{a}$	$a=\dfrac{M_1\cdot g\cdot\sin(\beta)-M_2\cdot g\cdot\sin(\alpha)}{M_1+M_2}$	1. הביטוי המתקבל במונה הוא ביטוי הכוח השקול. והביטוי המתקבל במכנה הוא ביטוי המסה הכוללת. 2. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים: א- כאשר זווית נטיית המישור β שווה ל 90 מעלות. מתקבל הביטוי בסעיף 8.1. ב- כאשר המסה של אחד הגופים היא אפס, גודל תאוצת הגוף השני היא: $g\cdot\sin(\alpha)$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14238

10.2 - שני גופים מחוברים באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. הגופים מונחים על מישורים חלקים הנטויים בזוויות שונות. **לאחר שחרור הגופים ממנוחה גוף 1 נע במורד המישור הימני, וגוף 2 נע במעלה המישור השמאלי.** **תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור הימני.** **תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מעלה המישור השמאלי.** 	$\frac{M_1}{M_2}(\alpha,\beta,g)$ **יש לפתח ביטוי ליחס המסות:** $\frac{M_1}{M_2}$ **בו ינועו הגופים במהירות קבועה.**	**על M1 פועלים שלושה כוחות** **M1g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **N1- כוח הנורמל.** **בכיוון ניצב למישור : הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1y}=0$ **בכיוון מורד המישור: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{1x}=0$ **על M2 פועלים שלושה כוחות:** **N2- כוח הנורמל.** **M2g- כוח הכובד.** **T- כוח המתיחות.** **בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2y}=0$ **בכיוון מעלה המישור: הגוף מתמיד.** $\Sigma \vec{F}_{2x}=0$	$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)}$$	**1. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:** **א-כאשר המסות זהות, כדי שהגופים ינועו במהירויות קבועות זוויות נטיית המישורים צריכות להיות זהות.** **ב-כאשר אחת הזוויות היא 90 מעלות, מתקבל הביטוי המופיע בסעיף 8.3.** **2. במקרה זה, כיוון תנועת הגופים לא משפיע על משוואות התנועה, כיוון שלא פועל כוח חיכוך.** **3. כדי למצוא את יחס המסות בו הגופים ינועו במהירות קבועה יש לכתוב משוואות התמדה לגופים, ולבטא מהן את יחס המסות.** **כיוון שפתחנו בסעיף הקודם את ביטוי התאוצה , ניתן להשתמש בביטוי ולקבוע את ערך התאוצה לאפס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14239

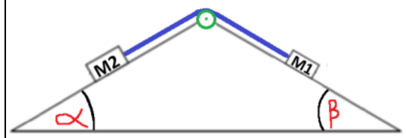
10.3 - שני גופים מחוברים באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. הגופים מונחים על מישורים לא חלקים הנטויים בזוויות שונות. לאחר שחרור הגופים ממנוחה, גוף 1 נע במורד המישור הימני, וגוף 2 נע במעלה המישור השמאלי. תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור הימני. תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מעלה המישור השמאלי.  	$a(\mu_K,\alpha,\beta,M_1,M_2,g)$ יש לפתח ביטוי לגודל תאוצת הגופים כתלות במסתם, בתאוצת הכובד g, ובזוויות נטיית המישורים α ו- β. הנחיה : יש לכתוב לקבוע את כיוונם של כוחות החיכוך בכיוון הנגדי לתנועה.	**על M1 פועלים ארבעה כוחות** M1g- כוח הכובד . T- כוח המתיחות. N1- כוח הנורמל. Fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון אנכי: הגוף מתמיד. $\Sigma \vec{F}_{1Y}=0$ בכיוון מורד המישור: הגוף לא מתמיד. $\Sigma \vec{F}_{1X}=0$ **על M2 פועלים ארבעה כוחות:** N2- כוח הנורמל. M2g- כוח הכובד . T- כוח המתיחות. Fk- כוח חיכוך קינטי. בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד. $\Sigma \vec{F}_{2Y}=0$ בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד. $\Sigma \vec{F}_{2X}=M_2\cdot\vec{a}$	$a=\dfrac{M_1\cdot g\cdot\sin(\beta)-M_2\cdot g\cdot\sin(\alpha)-\mu_K\cdot M_2\cdot g\cdot\cos(\alpha)-\mu_K\cdot M_1\cdot g\cdot\cos(\beta)}{M_1+M_2}$ 1. ביטוי התאוצה המתקבל מתאר באופן כללי מקרה של שני גופים הנעים על מישורים הנטויים בזוויות כלשהן על משטחים כלשהם (עם או בלי חיכוך). 2. הפיתוח של ביטוי התאוצה הוא יחסית ארוך, שאלות הבגרות עוסקות בשאלות פשוטות יותר. 3. מכיוון שהכיוון של כוח החיכוך תלוי בכיוון התנועה (נגדי לתנועה) לא ניתן לערוך תרשים כוחות ולכתוב משוואות תנועה בלי לדעת קודם את כיון התנועה. 4. תאוצת הגופים תלויה בגודלה ובסימונה בכיוון התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14240

10.4 - שני גופים מחוברים באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. הגופים מונחים על מישורים לא חלקים הנטויים בזוויות שונות.

לאחר שחרור הגופים ממנוחה, גוף 1 נע במורד המישור הימני, וגוף 2 נע במעלה המישור השמאלי.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור הימני.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מעלה המישור השמאלי.



$\frac{M_1}{M_2}(\alpha,\beta,g)$

יש לפתח ביטוי ליחס המסות:

$\frac{M_1}{M_2}$

בו ינועו הגופים במהירות קבועה.

הנחיה : כדי למצוא את יחס המסות בו הגופים ינועו במהירות קבועה יש לכתוב משוואות התמדה לגופים, ולבטא מהן את יחס המסות.

על M1 פועלים ארבעה כוחות

M1g- כוח הכובד .
T- כוח המתיחות.
N1- כוח הנורמל.
Fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$\Sigma \vec{F}_{1Y}=0$

בכיוון מורד המישור: הגוף מתמיד.

$\Sigma \vec{F}_{1X}=M_1\cdot \vec{a}$

על M2 פועלים ארבעה כוחות:

N2- כוח הנורמל.
M2g- כוח הכובד .
T- כוח המתיחות.
Fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$\Sigma \vec{F}_{2Y}= 0$

בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד.

$\Sigma \vec{F}_{2X}=M_2\cdot \vec{a}$

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{\sin(\alpha)+\mu_K\cdot\cos(\alpha)}{\sin(\beta)-\mu_K\cdot\cos(\beta)}$$

1. אם הגופים מתמידים בתנועתם בכיוון תנועה מסוים, לא בהכרח שהם יתמידו גם כאשר הם ינועו בכיוון ההפוך.

2. כדי שהגופים ינועו ממנוחה חייב להיות הפרש מסות מינימלי כך שרכיבי כוחות הכובד הפועלים ב להתגבר על כוח החיכוך הסטטי מקסימאלי.

3. אנליזת ממדים - לאגף השמאלי אין יחידות וגם ליחידות של האגף הימני אין יחידות.

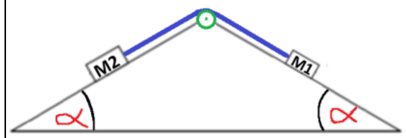
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14241

10.5 - שני גופים מחוברים באמצעות חוט הכרוך על גלגלת נייחת. הגופים מונחים על מישורים לא חלקים הנטויים בזוויות שונות.

לאחר שחרור הגופים ממנוחה, גוף 1 נע במורד המישור הימני, וגוף 2 נע במעלה המישור השמאלי.

תנועת גוף 1 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור הימני.

תנועת גוף 2 מתוארת ביחס לציר שכיוונו בכיוון מעלה המישור השמאלי.



$[M2 - M1](\mu_S, \alpha, M_2, M_1)$

יש לפתח ביטוי להפרש המסות המינימלי הדרוש כדי שהגופים ינועו ממנוחה על פני המישורים. כתלות בזווית נטיית המישורים α מסות הגופים. ומקדם החיכוך הסטטי μs .

הנחיה: יש לערוך תרשים כוחות במצב של סף תנועה. כאשר כוח החיכוך הסטטי הוא כוח חיכוך סטטי מקסימלי. בהתאם לכתוב את משוואות התנועה ולבטא את הפרש המסות המינימלי.

על M1 פועלים ארבעה כוחות

M1g- כוח הכובד .
T- כוח המתיחות.
N1- כוח הנורמל.
Fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון אנכי: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1Y} = 0$$

בכיוון מורד המישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{1X} = M_1 \cdot \vec{a}$$

על M2 פועלים ארבעה כוחות:

N2- כוח הנורמל.
M2g- כוח הכובד .
T- כוח המתיחות.
Fk- כוח חיכוך קינטי.

בכיוון ניצב למישור: הגוף מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2Y} = 0$$

בכיוון מעלה המישור: הגוף לא מתמיד.

$$\Sigma \vec{F}_{2X} = 0$$

$$M2 - M1 = \frac{\mu_S \cdot (M_2 + M_1)}{\tan(\alpha)}$$

1. במצב של סף תנועה פועל כוח חיכוך סטטי מקסימלי, הגופים עדיין לא זזים.

2. כדי שהגופים ינועו הפרש המסות צריך להיות גדול בערך כלשהו מערך הפרש המסות המתקבל מהביטוי.

3. מהביטוי ניתן לגלות את המקרים המיוחדים הבאים:

א- ככל שסכום מסות הגופים גדול יותר, וככל שמקדם החיכוך הסטטי גדול יותר, כך הפרש המסות צריך להיות יותר גדול. (ככל שהמסות גדולות הנורמל יותר גדול וכוח החיכוך הסטטי מקסימאלי גדול יותר. דרוש הפרש מסות גדול יותר).

ב-ככל שהזווית α גדולות יותר דרוש הפרש מסות יותר קטן. (ככל שנטיית המישורים גדולה יותר , הנורמל יותר קטן החיכוך הסטטי מקסימלי יותר קטן. דרוש הפרש מסות קטן יותר).

ג- הפרש המסות הדרוש לא תלוי בתאוצת הכובד.
(הכוח המניע את הגופים הוא כוח הכובד, ככל שתאוצת הכובד יותר גדולה נדרש הפרש מסות קטן יותר.
מצד שני, ככל שתאוצת הכובד יותר גדולה כוח הנורמל יותר גדול, בהתאם כוח החיכוך הסטטי מקסימלי יותר גדול. דרוש הפרש מסות גדול יותר. לכן הפרש המסות לא תלוי בתאוצת הכובד.)

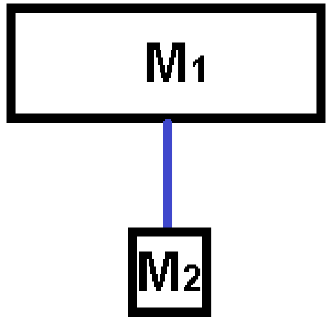
ד- ככל שזווית נטיית המישורים קטנה יותר, כך הפרש המסות הדרוש גדול יותר, וכאשר המישורים אופקיים אין פתרון(חלוקה באפס).

ה- כאשר α=90° הפרש מסות כלשהו יגרום לגופים לנוע (במקרה זה, הנורמל שווה לאפס, חיכוך סטטי מקסימלי שווה לאפס).
טנגנס 90 מעלות שווה מתמטית לאין סוף. מהביטוי ניתן לראות שהפרש המסות שווה לאפס.

4- אנליזת ממדים - היחידות של האגף השמאלי הן ק"ג והיחידות של האגף הימני הן ק"ג.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14242

11- שני גופים המחוברים בחוט נעים בנפילה חופשית.

11. שני גופים שונים 1 ו- 2 מחוברים בעזרת חוט, באופן הבא:  הגופים משוחררים ממנוחה ונעים יחד בהשפעת כוח הכבידה בלבד. תנועת הגופים מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא כלפי מטה.	יש לפתח ביטוי לכוח המתיחות הפועל בין הגופים, בזמן תנועתם כלפי מטה.	על M1 פועלים שני כוחות M1g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. הגוף לא מתמיד: $\overrightarrow{\Sigma F}_{1y}=M_1\cdot\vec{a}$ על M2 פועלים שני כוחות: M2g- כוח הכובד. T- כוח המתיחות. הגוף לא מתמיד: $\overrightarrow{\Sigma F}_{2y}=M_2\cdot\vec{a}$	$T=0$ לפעמים התוצאות מפתיעות, לכן מאוד חשוב לערוך תרשים כוחות, לכתוב את משוואות התנועה ורק על סמך משוואות התנועה להגיע למסקנה או לביטוי הדרוש. במקרה זה ממשוואות התנועה ניתן לראות שמתקבל כוח מתיחות השווה לאפס. ההיגיון.... הגופים אומנם מחוברים אחד לשני אבל הם לא מניעים אחד את השני. במקרה זה אם החוט יקרע בזמן הנפילה תנועת הגופים לא תשתנה. לכן במקרה זה כוח המתיחות שווה לאפס. (בפרק הכבידה נראה שבאותו עיקרון אסטרונאוטים הנמצאים בתוך לווין הנע בתנועה לוויינית מרחפים בתוך הלווין).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5467&chapterid=14243

אוגדני פתרונות דינמיקה בקו ישר

גוף בודד מתמיד

2011,2 - קפיץ מפעיל כוח אופקי על תיבה, התיבה נמצאת בסף תנועה , מציאת מקדם חיכוך סטטי.

1999,3- לוליין תלוי על חבלים בצורות שונות.

גוף בודד לא מתמיד

2023,2- כוח אנכי פועל על שני גופים המחוברים בחוט ונעים כלפי מעלה.

2020,1- גשושית בראשית נוחתת על הירח, נתון גרף מהירות כתלות בזמן , יש ללמוד על כוח המנוע מהגרף.

2015,2 - גוף נע במורד מישור משופע.

2014,1 - צנחן קופץ ממטוס , נתון גרף מהירות כתלות בזמן.

2014,2 - כוח החיכוך הפועל על מכונית.

2013,2 - נפילה אנכית בהשפעת החיכוך עם האוויר.

2012,2 -גוף נע במורד מישור משופע , יש חיכוך.

2006,2- מסה תלויה המשמשת כמד תאוצה.

2003,2- גוף נע על מישור נטוי לא חלק , נתון גרף מהירות זמן.

1998,3- מסה תלויה המשמשת כמד תאוצה.

1997,1- על גוף המחליק במורד מישור משופע פועל כוח בכיוון מעלה המישור.

1995,3- גוף נע בהשפעת כוח אופקי בלבד(ללא כוח הכבידה) , במהירויות התחלתיות שונות.

1994,2- גוף נע על מסלול אופקי הבנוי מקטע ישר וקטע מעגלי.

1990,1- כדור נזרק בכיוון אופקי מבניין. פועל כוח אופקי נוסף.

1989,1- כדור נזרק בכיוון אופקי על מישור משופע חלק.

1986,1- על גוף נע פועל כוח הולך וגדל בקצב קבוע. נתון גרף הכוח כתלות בזמן.

מערכת רב גופית מתמידה

מערכת רב גופית לא מתמידה

1995,2-כוח קבוע מניע שני גופים הקשורים עם חבל על משטח אופקי , הכוח מוחלף במשקל תלוי זהה בגודלו.

1993,2- שני גופים קשורים לחבל הכרוך על גלגלת , תולים גוף שלישי.

1991,1- שני גופים מחוברים בעזרת חבל הכרוך על גלגלת , ונעים על פני מישור משופע.

1988,3- גוף תלוי מחובר באמצעות חבל לגוף גדול הנע על מישור משופע , על הגוף הגדול מונח גוף קטן.

1987,2- כוח אופקי משתנה פועל על גוף הנע על משטח לא חלק , נתון גרף תאוצה כתלות בכוח.

1982,16- גוף תלוי מחובר באמצעות חבל לקרונית, הנעה על משטח אופקי. בנוסף לכוח המתיחות פועל על הקרונית כוח קבוע במשך 3 שניות.

משקל מדומה

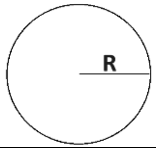
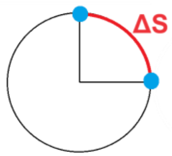
2015,3 - גרף הוריית המאזניים כתלות בזמן.

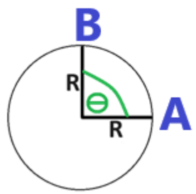
2008,2- תנועת מעלית מתוארת בעזרת גרף מהירות כתלות בזמן. השאלה עוסקת במשקל מדומה.

1992,1- נתון גרף מהירות זמן של מעלית , נתון ערך המוצג במשקל בקטע אחד , יש למצוא את ערך המשקל המדומה בכל שאר קטעי התנועה.

סיכום פסיפס תנועה מעגלית קצובה

סיכום פסיפס תנועה מעגלית קצובה – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

תנועה מעגלית (Cube-21)	תנועה בה הגוף נע במרחק קבוע מנקודה מסוימת (נקודת מרכז הסיבוב) נקראת תנועה מעגלית.
תנועה מעגלית קצובה (Cube-21)	תנועה מעגלית שבה מהירות הגוף משתנה רק בכיוונה <u>ולא משתנה בגודלה</u> נקראת תנועה מעגלית קצובה.
רדיוס הסיבוב (Cube-21)	רדיוס הסיבוב מתאר את המרחק בין נקודת מרכז הסיבוב לגוף. הרדיוס מסומן ע"י R נמדד ביחידות של מטר [m] , רדיוס הסיבוב מתואר באיור הבא: 
אורך קשת (Cube-21)	אורך הקשת הוא סקלר המתאר את האורך של קטע בתנועה המעגלית לאורכו הגוף נע. אורך הקשת מסומן ע"י ΔS ונמדד ביחידות של מטר[m] . אורך הקשת מבוטא לרוב כתלות ברדיוס התנועה המעגלית. דוגמא: גוף נע בתנועה מעגלית קצובה, במסלול מעגלי שרדיוסו 5 מטרים. הגוף נע לאורך קשת שאורכה רבע מהמסלול המעגלי. כמתואר באיור הבא:  נחשב את אורך הקשת לאורכו הגוף נע: $\Delta S = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{4} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 5}{4} = 7.85m$ ניתן להשתמש בביטוי אורך הקשת בכל תנועה מעגלית.

זמן המחזור **(Cube-21)**	**זמן המחזור הוא סקלר המתאר את הזמן שעובר מרגע תחילת התנועה ועד שהגוף משלים הקפה אחת שלמה.** **זמן המחזור מסומן על ידי T ונמדד ביחידות של שניות [s].** **דוגמה: זמן המחזור של תנועת כדור הארץ סביב השמש הוא בקירוב 365 ימים.** **ניתן להשתמש בזמן המחזור רק לתנועה מעגלית קצובה והוא לא רלוונטי לתנועה מעגלית במהירות המשתנה בגודלה.**
תדירות **(Cube-21)**	**התדירות מתארת את מספר ההקפות שהגוף משלים בשנייה אחת.** **התדירות מסומנת על ידי f והיא מוגדרת לפי:** $\boxed{f = \frac{1}{T}}$ **מהגדרת התדירות, היחידות של התדירות הן אחד חלקי שנייה או בקיצור הרץ [HZ].** **דוגמה: גוף נע בתנועה מעגלית קצובה, זמן מחזור תנועתו הוא 0.1 שניות.** **נחשב את תדירות הסיבוב.** $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.1} = 10Hz$ **לכן, הגוף משלים 10 הקפה בשנייה.** **ניתן להשתמש בתדירות לכל תנועה מחזורית.**
זווית מרכזית **(Cube-21)**	**זווית מרכזית היא זווית בין שני רדיוסים במעגל, והיא מסומנת על ידי ϴ.** **1. בזווית המרכזית משמשת לתיאור המיקום של גוף הנע בתנועה מעגלית.** **2. הזווית המרכזית נמדדת ביחידות של מעלות או ביחידות של רדיאן. (הרדיאן מוסבר בפסקה הבאה).** **דוגמה: גוף נע מנקודה A לנקודה B כמתואר באיור, ערך השינוי בזווית המרכזית בתנועה זו הוא 90 מעלות.**  **ניתן להשתמש בזווית המרכזית לכל תנועה מעגלית.**

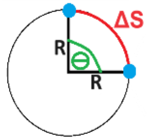
רדיאן

(Cube-21)

הרדיאן היא שיטה למדידת זווית מרכזית בעזרת ערך חסר יחידות.
ערך הזווית המרכזית ברדיאן מוגדר לפי היחס שבין אורך הקשת (לאורכו הגוף נע) לרדיוס הסיבוב:

$$\boxed{\theta = \frac{\Delta S}{R}}$$

לדוגמה: גוף נע בתנועה מעגלית קצובה, במסלול מעגלי שרדיוסו 5 מטרים, לאורך קשת שגודלה 7.85 מטרים. (רבע מעגל)
כמתואר באיור הבא:



נחשב את ערך הזווית המרכזית ברדיאן:

$$\theta = \frac{\Delta S}{R} = \frac{7.85}{5} = 1.57_{RAD}$$

זווית שגודלה 90 מעלות שקולה ל זווית של 1.57 רדיאן.

הזווית המרכזית ברדיאן מוגדרת כיחס שבין אורך קשת לאורך הרדיוס, לכן היא גודל חסר יחידות.
כאשר הזווית מתוארת ברדיאן מקובל לתאר את יחידות הזווית המרכזית בסימון RAD.

בהתאם להגדרת הזווית ברדיאן, ניתן לפתח את הקשר שבין תיאור הזווית במעלות לתיאור הזווית ברדיאן, נתאר את הזווית המרכזית ברדיאן במקרה של הקפה שלמה(זווית מרכזית שגודלה 360 מעלות)

$$\theta = \frac{\Delta S}{R} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{R} = 2 \cdot \pi_{RAD}$$

לכן 360 מעלות ברדיאן שקולים 2π ברדיאן, שהם 6.28 .

180 מעלות ברדיאן שקולים π ברדיאן, שהם 3.14 .

90 מעלות ברדיאן שקולים $\frac{\pi}{2}$ ברדיאן, שהם 1.57.

כיוון שערך זווית המתוארת ברדיאן הוא ערך חסר יחידות ניתן להכפיל את ערך הזווית בכל גודל פיזיקלי.
בתיאור זווית במעלות ניתן להשתמש רק אם הזווית נמצאת בתוך אחת מהפונקציות הטריגונומטריות.

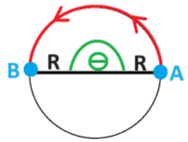
מהירות קווית (Cube-21)

המהירות הקווית מתארת את קצב שינוי מיקום הגוף בתנועתו לאורך הקשת המעגלית. היא תלויה ביחס ישר במידת התקדמות הגוף לאורך הקשת וביחס הפוך בזמן תנועת הגוף לאורך הקשת.

$$\boxed{V = \frac{\Delta S}{\Delta t}}$$

מהגדרת המהירות הקווית, המהירות הקווית נמדדת ביחידות של מטר לשנייה.
המהירות הקווית דומה להגדרת המהירות הרגילה , במקום להתייחס להעתק התנועה מתייחסים לדרך שעובר הגוף לאורך קשת המעגל.

דוגמה: גוף נע במסלול מעגלי שרדיוסו 5 מטרים לאורך חצי מעגל מנקודה A לנקודה B, כמתואר באיור הבא:



הגוף נע במשך 4 שניות, נחשב את מהירותו הקווית של הגוף:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\frac{2\cdot\pi\cdot R}{2}}{4} = \frac{2\cdot\pi\cdot R}{8} = \frac{2\cdot\pi\cdot 5}{8} = \frac{31.41}{8} = 3.92\frac{m}{s}$$

בכל שנייה הגוף מתקדם לאורך הקשת ב 3.92 מטר.
ניתן להשתמש בביטוי המהירות הקווית בכל תנועה מעגלית.

מהירות זוויתית (Cube-21)

המהירות הזוויתית מתארת את קצב השינוי בזווית המרכזית. היא תלויה ביחס ישר בגודל שינוי הזווית וביחס הפוך בזמן השינוי בזווית המרכזית:

$$\boxed{\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}}$$

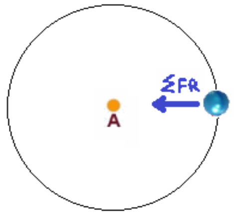
מהגדרת המהירות הזוויתית, יחידות המהירות הזוויתית הן רדיאן לשנייה.
הזווית המרכזית מתארת את מיקום הגוף, לכן קצב השינוי בזווית המרכזית נקרא מהירות זוויתית.
דוגמה: נחשב את מהירותו הזוויתית של גוף הנע בתנועה מעגלית קצובה לאורך חצי מעגל (השינוי בזווית המרכזית הוא 180 מעלות שהם פאי רדיאן) , במשך 4 שניות:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\pi}{4} = \frac{3.14}{4} = 0.785\,\frac{RAD}{s}$$

ניתן להשתמש בביטוי המהירות הזוויתית בכל תנועה מעגלית.

תלות המהירות הזוויתית בזמן המחזור **(Cube-21)**	**ביטוי המהירות הזוויתית כתלות בזמן המחזור.** $$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}}$$ **ניתן לפתח את הביטוי בעזרת הגדרת המהירות הזוויתית במקרה של הקפה שלמה, השינוי בזווית המרכזית הוא 360 מעלות או 2π רדיאן במשך T שניות.** $$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}$$ **דוגמה: גוף נע בתנועה מעגלית קצובה הוא משלים הקפה במשך 10 שניות, נחשב את מהירותו הזוויתית:** $$\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \frac{2\cdot\pi}{10} = \frac{6.28}{10} = 0.628\frac{Rad}{s}$$ **ניתן להשתמש בביטוי המהירות הזוויתית כתלות בזמן המחזור רק בתנועה מעגלית קצובה. (אין משמעות לזמן מחזור בתנועה מעגלית לא קצובה).**
הקשר שבין מהירות קווית למהירות זוויתית. **(Cube-21)**	**הקשר בין המהירות הקווית למהירות הזוויתית הוא:** $$\boxed{V = \omega \cdot R}$$ **ביטוי זה מופיע בדפי הנוסחאות.** **ניתן לפתח את הביטוי מהגדרת המהירות הקווית בהקפה שלמה ובעזרת ביטוי המהירות הזוויתית:** $$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2\cdot\pi\cdot R}{T} = \frac{2\cdot\pi}{T}\cdot R \Rightarrow V = \omega\cdot R$$ **דוגמה: נתון גוף הנע בתנועה מעגלית קצובה במסלול שרדיוסו 5 מטרים. מהירותו הזוויתית היא 0.785 רדיאן לשנייה. נחשב את מהירותו הקווית:** $$V = \omega\cdot R = 0.785\cdot 5 = 3.92\frac{m}{s}$$ **ניתן להשתמש במהירות הקווית והזוויתית גם בתנועה מעגלית לא קצובה.**

תאוצה צנטריפטלית (תאוצה רדיאלית) **(Cube-21)**	בכל תנועה מעגלית קיימת תאוצה לכיוון מרכז הסיבוב הנקראת תאוצה צנטריפטלית . גודל התאוצה הצנטריפטלית תלוי במהירות הגוף (קווית או זוויתית) וברדיוס המסלול. ביטוי התאוצה הוא: $$\boxed{a_R = \frac{V^2}{R} = \omega^2 \cdot R}$$ ניתן לפתח את ביטוי התאוצה הרדיאלית בדרך גיאומטרית, בעזרת דמיון משולשים. (מופיע בקיוב 21). 1. התאוצה מתארת את קצב השינוי במהירות הגוף בשני היבטים, קצב השינוי בגודל המהירות וקצב השינוי בכיוון התנועה. בהתאם הוגדרו שני רכיבי תאוצה: א.תאוצה משיקית – רכיב התאוצה המתאר את קצב השינוי בגודל המהירות . ב.תאוצה צנטריפטלית – רכיב התאוצה המתאר את קצב השינוי בכיוון התנועה. 2. בתנועה מעגלית קצובה מהירות הגוף לא משתנה בגודלה - אין תאוצה משיקית. מהירות הגוף משתנה בכיוונה בלבד - יש לגוף רק תאוצה צנטריפטלית. ביטוי זה מתאר את גודל התאוצה הצנטריפטאלית בהתאם לגודל מהירות הגוף ולרדיוס המסלול. 3. בתנועה מעגלית לא קצובה, מהירות הגוף משתנה בגודלה ובכיוונה, יש לגוף תאוצה משיקית וגם תאוצה צנטריפטלית. התאוצה של הגוף במקרה זה שווה לסכום הוקטורי של התאוצה הצנטריפטלית והתאוצה המשיקית. 4. מהביטוי ניתן לחשב רק את גודל התאוצה הרדיאלית , כיוון התאוצה הרדיאלית הוא אל נקודת מרכז הסיבוב. 5. ביטוי התאוצה הרדיאלית נתון בדפי הנוסחאות אין צורך לפתח אותו. דוגמה: נתון גוף הנע בתנועה מעגלית קצובה במסלול שרדיוסו 5 מטרים. מהירותו הזוויתית היא 0.785 רדיאן לשנייה. נחשב את תאוצתו הצנטריפטאלית. $$a_R = \omega^2 \cdot R = 0.785^2 \cdot 5 = 3.08\frac{m}{s^2}$$ ניתן להשתמש בביטוי התאוצה הרדיאלית גם כאשר הגוף נע בתנועה מעגלית לא קצובה.

כוח צנטריפטלי (כוח רדיאלי) (Cube-22)	הכוח הצנטריפטאלי הוא הכוח הגורם לגוף לשנות את כיוון תנועתו ובכך לנוע בתנועה מעגלית קצובה. ניתן לומר שהכוח הצנטריפטאלי הוא הכוח הגורם לתאוצה הצנטריפטאלית, בהתאם לחוק השני של ניוטון. באיור הבא מתואר הכוח הצנטריפטאלי הפועל על הגוף לכיוון נקודת מרכז הסיבוב.  בהתאם לחוק השני, מהכפלת ביטוי התאוצה הצנטריפטלית (רדיאלית) במסת הגוף מתקבלת משוואת התנועה המעגלית: $$\boxed{\sum F_R = m \cdot \frac{V^2}{R} = m \cdot \omega^2 \cdot R}$$ 1.הכוח הצנטריפטלי יכול להיות רכיב של כוח או סכום של כוחות. 2. כדי לזהות את הכוח הצנטריפטלי יש לזהות תחילה את מישור התנועה ובהתאם למישור התנועה לזהות את נקודת מרכז הסיבוב. הכוח הצנטריפטאלי הוא הכוח הפועל לכיוון נקודת מרכז הסיבוב בכל רגע בזמן תנועת הגוף. 3. משוואת הכוח הצנטריפטאלי מוגדרת בעזרת החוק השני של ניוטון לכן היא נקראת משוואת התנועה המעגלית. בעזרת משוואת התנועה המעגלית ניתן לפתח כמעט כל ביטוי נדרש בתנועה מעגלית. 4. ניתן לחשב בעזרת משוואת התנועה המעגלית את הכוח הצנטריפטאלי בהתאם למהירות הקווית או בהתאם למהירות הזוויתית, בהתאם לנתוני השאלה. דוגמה: נתון גוף שמסתו 2 ק"ג הנע בתנועה מעגלית קצובה במסלול שרדיוסו 5 מטרים. מהירותו הזוויתית היא 0.785 רדיאן לשנייה. נחשב את הכוח הצנטריפטאלי. $$\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R = 2 \cdot 0.785^2 \cdot 5 = 6.16N$$ ניתן להשתמש במשוואת התנועה המעגלית גם בתנועה מעגלית לא קצובה.

פרקטיקות תנועה מעגלית קצובה – מבוסס על שאלות הבגרות

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

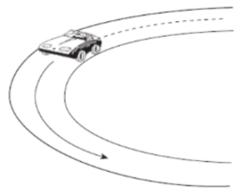
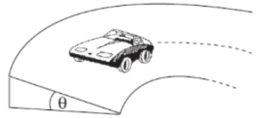
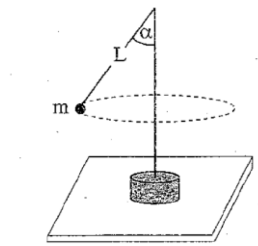
1. בכל תנועה מעגלית כיוון התנועה משתנה לכן בכל תנועה מעגלית פועל כוח צנטריפטלי. לא קיימת תנועה מעגלית שלא פועל בה כוח צנטריפטלי.
2. זיהוי הכוח הצנטריפטלי הוא קריטי לכתיבת משוואת תנועה מעגלית נכונה.
3. כדי לדעת מי הוא הכוח הצנטריפטלי יש לזהות תחילה את מישור הסיבוב ובהתאם את נקודת מרכז הסיבוב. לאחר מכן יש לערוך תרשים כוחות. הכוח הפועל בכיוון נקודת מרכז הסיבוב הוא הכוח הצנטריפטלי (יכול להיות: כוח, רכיב כוח, או סכום כוחות).
4. בהתאם לזהות הכוח הצנטריפטלי יש לכתוב את משוואת התנועה המעגלית, כתלות במהירות הקווית או במהירות הזוויתית:

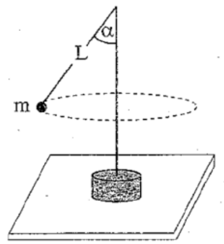
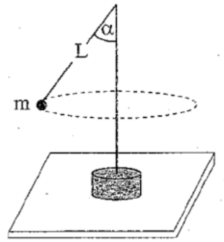
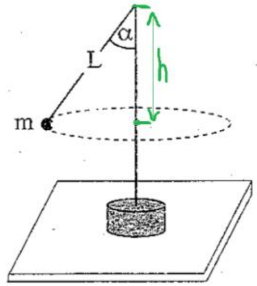
$$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R} \qquad\qquad \Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$$

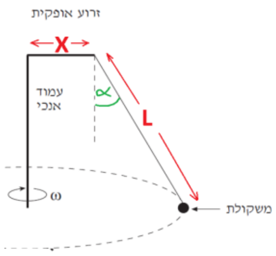
5. לאחר כתיבת משוואת התנועה המעגלית, לרוב ניתן לפתח את הביטוי הדרוש בעזרת פעולות אלגבריות על משוואת התנועה.
6. במידה ולא ניתן לפתח את הביטוי הדרוש ממשוואות התנועה בלבד (מופיע גובה בביטוי המבוקש ואין גובה במשוואות התנועה, או שממשוואת התנועה מתקבל ביטוי עם טנגנס ואנחנו צריכים ביטוי עם קוסינוס) במקרים כאלו יש לכתוב בנוסף למשוואות התנועה גם משוואה גיאומטרית. הביטוי הדרוש מתקבל ממשוואת התנועה ומהמשוואה הגיאומטרית.

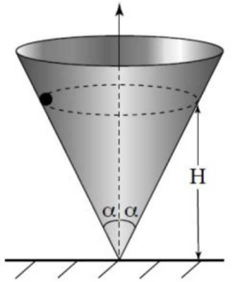
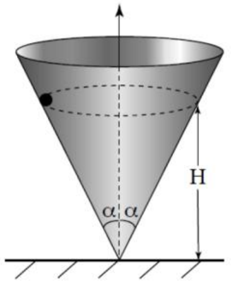
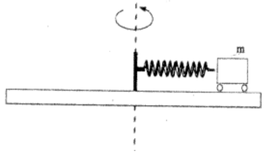
נושאי התרגול:

תנועות מעגליות קצובות שהופיעו בשאלות הבגרות בשנים עברו.

	ביטוי נדרש לפיתוח	הכוח הצנטריפטלי ומשוואות חשובות	הביטוי המפותח	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.מכונית נעה בכביש מעגלי אופקי ולא חלק. 	$V_{max}(\mu_s,R)$ המהירות המקסימלית בה מכונית יכולה לנוע בכביש מעגלי נתון.	הכוח הצנטריפטלי הוא כוח החיכוך הסטטי. 1.משוואת תנועה מעגלית, לסף תנועה. $\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R}$ 2.משוואת התמדה בכיוון ניצב לכביש.	$V_{max} = \sqrt{R \cdot \mu_s \cdot g}$	1.למציאת המהירות המקסימלית יש להתייחס למצב של סף תנועה , מצב שבו כוח החיכוך הסטטי הוא כוח חיכוך סטטי מקסימלי. 2. כאשר המכונית "נזרקת" החוצה, היא למעשה רק נעה בקו ישר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145
2.מכונית נעה בכביש מעגלי נטוי וחלק. 	$V(\theta,R)$ המהירות המתאימה לרדיוס המסלול בו המכונית נעה.	הכוח הצנטריפטלי רכיב הנורמל NX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R}$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב לכביש.	$V = \sqrt{\tan(\theta) \cdot g \cdot R}$	כוח הנורמל במקרה זה גדול מכוח הכובד, בניגוד למקרה של גוף המונח או נע בקו ישר על מישור משופע.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9526
3.מטוטלת קונית-1 	$T(\alpha)$ זמן ההקפה כתלות בזווית נטיית החוט. <u>הנחיה:</u> בכתיבת משוואת התנועה המעגלית יש להבחין בין כוח המתיחות T לבין זמן המחזור T.	הכוח הצנטריפטלי רכיב המתיחות TX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב למישור התנועה.	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{R}{g \cdot \tan(\alpha)}}$	בביטוי זמן המחזור זווית נטיית החוט נמצאת בתוך פונקציית הטנגנס, לכן מתמטית זווית נטיית החוט לא יכולה להיות 90 מעלות. מבחינה פיזיקלית, כאשר זווית נטיית החוט היא 90 מעלות אין לכוח המתיחות רכיב בכיוון אנכי המקזז את כוח הכובד, הגוף לא יכול להתמיד בתנועתו בכיוון האנכי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9527

4.מטוטלת קונית-2 	V(α) מהירות כתלות בזווית נטיית החוט	הכוח הצנטריפטלי רכיב המתיחות TX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = \frac{m\cdot v^2}{R}$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב למישור התנועה.	$V=\sqrt{\tan(\alpha)\cdot g\cdot R}$	מהביטוי ניתן לראות מתמטית שככל שזווית נטיית החוט קרובה ל- 90 מעלות, מהירות הגוף שואפת לאין סוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9528
5.מטוטלת קונית-3 	fmin תדירות מינימלית לקיום תנועה מעגלית קצובה.	הכוח הצנטריפטלי רכיב המתיחות TX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב למישור התנועה. 3. משוואה גיאומטרית.	$f_{min}=\sqrt{\frac{g}{4\cdot\pi^2\cdot L}}$	1. בתדירות סיבוב קטנה מידי – הגוף ינוע בתנועה לא מסודרת, קיימת תדירות מינימלית לקיום התנועה המעגלית. 2. ביטוי התדירות המינימלית תלוי רק באורך החוט.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9529
6.מטוטלת קונית-4 	h(f) תלות גובה הגוף מתחת לנקודת הקשר באורך החוט ובתדירות.	הכוח הצנטריפטלי רכיב המתיחות TX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב למישור התנועה. 3.שתי משוואות גיאומטריות.	$h=\frac{g}{4\cdot\pi^2\cdot f^2}$	לכל תדירות סיבוב קיים גובה h מסוים שלא תלוי באורך החוט ולא תלוי במסת הגוף ולא תלוי ברדיוס הסיבוב .	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9535

7.מטוטלת קונית עם זרוע אופקית. 	$V(\alpha,X,L)$ מהירות כתלות בזווית נטיית החוט, אורך הזרוע X ואורך החוט L.	הכוח הצנטריפטלי רכיב המתיחות TX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R=\frac{m\cdot v^2}{R}$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב למישור התנועה. 3. משוואה גיאומטרית.	$V=\sqrt{\tan(\alpha)\cdot g\cdot(X+L\cdot\sin(\alpha))}$ תוספת הזרוע האופקית לא משפיעה על המהירות הזוויתית (או זמן המחזור). בעקבות הוספת הזרוע רדיוס המסלול גדל ומכיוון שזמן המחזור לא משתנה המהירות הקווית גדלה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9530
8.מטבע מונח על דסקה מסתובבת-1. 	$V_{max}(\mu_s,R)$ המהירות המקסימלית בה המטבע יכול לנוע על הדסקה.	הכוח הצנטריפטלי הוא כוח החיכוך הסטטי. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R=\frac{m\cdot v^2}{R}$ 2.משוואת התמדה בכיוון ניצב לדסקה.	$V_{max}=\sqrt{R\cdot\mu_s\cdot g}$ 1.למציאת מהירות מקסימלית יש להתייחס לסף תנועה. מצב שבו כוח החיכוך הוא כוח חיכוך סטטי מקסימאלי. 2. מהביטוי ניתן לראות שככל שהמטבע מונח רחוק יותר מהציר - כך מהירותו המקסימלית גדולה יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9531
9.מטבע מונח על דסקה מסתובבת-2. 	$f_{max}(\mu_s,R)$ התדירות המקסימלית בה המטבע יכול לנוע על הדסקה.	הכוח הצנטריפטלי הוא כוח החיכוך הסטטי. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R=m\cdot\omega^2\cdot R$ 2. משוואת התמדה בכיוון ניצב לדסקה.	$f_{max}=\sqrt{\frac{\mu_s\cdot g}{4\cdot\pi^2\cdot R}}$ 1.למציאת תדירות מקסימלית יש להתייחס לסף תנועה. 2.מהביטוי ניתן לראות שככל שהמטבע מונח רחוק יותר מהציר- כך תדירותו המקסימלית קטנה יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9532

10.חרוז נע בתנועה מעגלית בתוך חרוט חלק. 	H(V,α) גובה חרוז H כתלות במהירות V בהתאם לזווית α.	הכוח הצנטריפטלי רכיב הנורמל NX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R}$ 2. משוואה התמדה בכיוון ניצב לדופן הקונוס. 3. משוואה גיאומטרית.	$H = \frac{V^2}{g}$	1.מהביטוי ניתן לראות שכאשר המהירות גדלה פי 2 הגובה גדל פי 4. 2.גובה מישור התנועה לא תלוי בזווית α. אם כדורים ינועו בתוך קונוסים בעלי זווית פתיחה שונות, באותה המהירות - כולם ימצאו באותו גובה! 3. גובה מישור התנועה לא תלוי במסת הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9533
11. חרוז נע בתנועה מעגלית בתוך חרוט חלק. 	R(V,α) רדיוס המסלול כתלות במהירות V בהתאם לזווית α.	הכוח הצנטריפטלי רכיב הנורמל NX. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = \frac{m \cdot v^2}{R}$ 2. משוואה התמדה בכיוון ניצב לדופן הקונוס. 3. משוואה גיאומטרית.	$R = \frac{V^2 \cdot \tan(\alpha)}{g}$	1. כאשר המהירות גדלה פי 2 רדיוס המסלול גדל פי 4. 2. רדיוס הסיבוב תלוי בזווית α. אם כדורים ינועו בתוך קונוסים בעלי זוויות פתיחה שונות, הכדורים ינועו ברדיוסי מסלול שונים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9534
12. עגלה נעה בתנועה מעגלית על מסילה המחוברת לשולחן מסתובב 	R(K,L,m,f) רדיוס המסלול כתלות ב קבוע הקפיץ-K . אורך הקפיץ-L, מסת העגלה-m, ותדירות הסיבוב-f.	הכוח הצנטריפטלי כוח הקפיץ. 1.משוואת תנועה מעגלית. $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$ 2. משוואה התמדה בכיוון ניצב לדסקה .	$R = \frac{K \cdot L}{K - m \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2}$	ערך הרדיוס לא יכול להיות אפס או שלילי, לכן מהביטוי במכנה ניתן לבטא את התדירות המינימלית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4145&chapterid=9536

אוגדני פתרונות לשאלות בגרות תנועה מעגלית

סיכום פסיפס תנע ושימורו

סיכום פסיפס תנע ושימורו – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

המתקף (Cube-23)	המתקף הוא וקטור המוגדר לפי מכפלת הכוח הפועל על הגוף בזמן פעולת הכוח.

המתקף הוא וקטור המוגדר לפי מכפלת הכוח הפועל על הגוף בזמן פעולת הכוח.

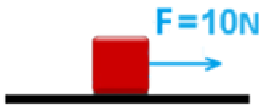
$$\boxed{\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t}$$

מהגדרת המתקף יחידות המתקף הן ניוטון כפול שנייה [N·S].

מבחינה לוגית המתקף תלוי ביחס ישר בכוח הפועל על הגוף וביחס ישר בזמן התנועה.

1. המתקף הוא וקטור, יש לו משמעות של כיוון. מהגדרת המתקף כיוון המתקף הוא ככיוון הכוח הפועל על הגוף.
2. כאשר פועלים מספר כוחות על הגוף - המתקף השקול שווה לסכום המתקפים.
אם הכוחות פועלים בזמני תנועה זהים המתקף השקול שווה גם למתקף הכוח השקול.

דוגמה: גוף מונח על משטח חלק, על הגוף פועל כוח במשך 4 שניות, גודלו של הכוח הוא 10 ניוטון וכיוונו ימינה, כמתואר באיור הבא:



נחשב את גודל המתקף שמפעיל הכוח על הגוף:

$$J = F \cdot \Delta t = 10 \cdot 4 = 40 N \cdot S$$

כיוון המתקף הפועל על הגוף הוא ככיוון הכוח , ימינה.

ניתן להשתמש בהגדרת המתקף לכל כוח.

התנע	התנע הוא וקטור המוגדר לפי מכפלת מסת הגוף במהירותו.
(Cube-23)	$$\boxed{\vec{P} = m \cdot \vec{V}}$$ מהגדרת המתקף יחידות התנע הן ק"ג כפול מטר חלקי שניה $[\frac{kg \cdot m}{s}]$. (יחידות אלו שקולות ליחידות ניוטון כפול שנייה [N·S]). מבחינה לוגית התנע תלוי ביחס ישר במסת הגוף וביחס ישר במהירותו. 1. וקטור התנע מתאר תכונה של הגוף (כמו מסה, צבע, מהירות), התנע מתאר את כמות התנועה של הגוף. 2. התנע הוא וקטור יש לו משמעות של כיוון, מהגדרת התנע כיוון התנע הוא ככיוון וקטור המהירות (כיוון התנועה). דוגמה: נתון גוף שמסתו 3 ק"ג הנע במהירות 4 מטר לשנייה שמאלה, נחשב את גודל התנע של הגוף: $$P = m \cdot V = 3 \cdot 4 = 12\frac{kg \cdot m}{s}$$ כיוון התנע הוא ככיוון התנועה שמאלה. ניתן להשתמש בהגדרת התנע לכל גוף נע.

משפט תנע מתקף (Cube-23)

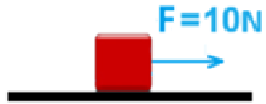
משפט תנע מתקף הוא משוואה וקטורית הקובעת שוקטור המתקף הפועל על הגוף שווה לוקטור שינוי התנע של הגוף.

$$\boxed{\vec{J}_{\text{כולל}} = \Delta\vec{P}}$$

ניתן לפתח את משפט התנע מתקף מהחוק השני של ניוטון בעזרת הגדרת התאוצה.

1. משפט התנע מתקף מתאר את השינוי בתנע של הגוף כתוצאה מהמתקף הפועל על הגוף. המשפט מתאר קשר של סיבה ותוצאה (בדומה לחוק השני של ניוטון).
2. ממשפט התנע מתקף כיוון המתקף הוא ככיוון <u>שינוי</u> התנע של הגוף.
3. כאשר פועלים על הגוף מספר כוחות יש להתייחס למתקף הכולל.

דוגמה: גוף שמסתו 3 ק"ג נח על משטח חלק , ברגע מסוים פועל על הגוף כוח שגודלו 10 ניוטון וכיוונו ימינה. כמתואר באיור הבא:



הכוח פועל במשך 4 שניות. נחשב את מהירות הגוף בסיום פעולת הכוח בעזרת משפט התנע מתקף:

$$J = \Delta P$$

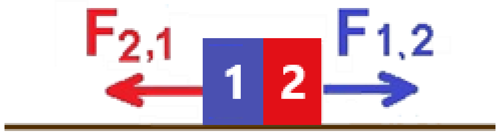
$$F \cdot \Delta t = P - P_0$$

$$F \cdot \Delta t = m \cdot V - m \cdot V_0$$

$$V = \frac{F \cdot \Delta t + m \cdot V_0}{m} = \frac{10 \cdot 4 + 3 \cdot 0}{3} = \frac{40}{3} = 13.33\frac{m}{s}$$

משימוש במשוואת התנע מתקף, כעבור 4 שניות מפעולת הכוח, מהירות הגוף היא 13.33 מטר לשנייה.

משפט התנע מתקף נכון תמיד.

שימור תנע (Cube-24)	**<u>כוחות פנימיים</u> - כוחות פנימיים הם כוחות שגופים מפעילים אחד על השני.** **לדוגמה: באיור הבא מתוארים הכוחות שמפעילים שני גופים מתנגשים זה על זה בזמן ההתנגשות.**  **ברגע ההתנגשות גוף 1 מפעיל כוח $F_{1,2}$ על גוף 2 ימינה, וגוף 2 מפעיל כוח $F_{2,1}$ על גוף 1 שמאלה.** **שני כוחות אלו נקראים כוחות פנימיים.** **הכוחות הפנימיים הם זוג הכוחות בהם עוסק החוק השלישי של ניוטון.** **<u>שימור התנע</u> - במקרה מיוחד שבו תנועת הגופים מושפעת רק מכוחות פנימיים הסכום הוקטורי של התנעים של הגופים לא משתנה. במקרה כזה מקובל לומר שהתנע נשמר ומתקיים:** $$\boxed{m_1 \cdot \vec{V_1} + m_2 \cdot \vec{V_2} = m_1 \cdot \vec{U_1} + m_2 \cdot \vec{U_2}}$$ **ניתן לפתח את משוואת שימור התנע מהחוק השלישי של ניוטון - בזמן ההתנגשות הגופים מפעילים אחד על השני כוחות זהים בגודלם והפוכים בכיוונם, אם נתאר כל אחד מהכוחות האלו בעזרת החוק השני של ניוטון והגדרת התאוצה, לאחר פעולות אלגבריות נוספות נוכל לקבל את משוואת שימור התנע.** **1. קיימים סוגים שונים של אירועים בהם התנע נשמר, כגון: התנגשויות, רתע, התפוצצות ועוד.** **בכל האירועים בהם התנע נשמר תנועת הגופים מושפעת רק מכוחות פנימיים, כוחות שהגופים מפעילים זה על זה.** **2. בכל המקרים בהם התנע נשמר הוא נשמר וקטורית בגודלו ובכיוונו.** **3. כאשר התנע נשמר, התנע הכולל לפני ההתנגשות שווה לתנע הכולל אחרי ההתנגשות ושווה גם לתנע הכולל בכל רגע בזמן ההתנגשות.** **4. בהתנגשות חד ממדית שבה התנע נשמר יש לכתוב את משוואת שימור התנע ביחס לציר תנועה לאורכו נעים הגופים.** **בהתנגשות דו ממדית יש לכתוב שתי משוואות שימור תנע ביחס לשני צירים ניצבים.** **ניתן להשתמש במשוואת שימור התנע רק כאשר תנועת הגופים מושפעת מכוחות פנימיים בלבד.**

התנגשות פלסטית (Cube-24)

התנגשות פלסטית היא התנגשות שבה לאחר ההתנגשות הגופים נעים יחד כגוף אחד.
בהתנגשות פלסטית שבה תנועת הגופים מושפעת רק מכוחות פנימיים התנע נשמר, ומתקיים:

$$\boxed{m_1 \cdot \vec{V_1} + m_2 \cdot \vec{V_2} = (m_1 + m_2) \cdot \vec{U}}$$

ניתן לקבל את משוואת שימור התנע במקרה של התנגשות פלסטית ממשוואת שימור התנע שבה מהירות הגופים לאחר ההתנגשות היא זהה U . המשוואה מתקבלת לאחר הוצאת U כגורם משותף .

1. ההתנגשות נקראת פלסטית, מכיוון שהגופים מתעוותים ולא שואפים לחזור לצורתם המקורית, כמו פלסטלינה.

2. במקרה של התנגשות פלסטית, בהינתן מסות הגופים ומהירותם לפני ההתנגשות - ניתן לחשב בעזרת משוואת שימור התנע את מהירות הגופים אחרי ההתנגשות (אין צורך במשוואה נוספת).

3. כאשר הגופים לא נעים יחד לאחר ההתנגשות, בהינתן מסות הגופים ומהירויותיהם לפני ההתנגשות לא ניתן לחשב את מהירויות הגופים בעזרת משוואת שימור התנע בלבד. (במקרה כזה משוואת שימור תנע היא משוואה אחת עם שני נעלמים).

דוגמה: נתון גוף שמסתו 2 ק"ג הנע על משטח אופקי חלק במהירות 7 מטר לשנייה. בתנועתו הוא פוגע בגוף נח שמסתו 1 ק"ג. נסמן את הגוף הנח כגוף מספר 1 ואת הגוף הנע כגוף מספר 2.

נכתוב את משוואת שימור התנע, ונבטא ממנה את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות:

$$P_1 + P_2 = P_1{}' + P_2{}'$$

$$m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2 = (m_1 + m_2) \cdot U$$

$$U = \frac{1 \cdot 0 + 2 \cdot 7}{1 + 2} = \frac{0 + 14}{3} = 4.66\frac{m}{s}$$

לאחר ההתנגשות הפלסטית שני הגופים ינועו יחד במהירות 4.66 מטר לשנייה.

ניתן להשתמש במשוואת שימור התנע רק אם בזמן ההתנגשות תנועת הגופים מושפעת רק מכוחות פנימיים.

פרקטיקות התנע ושימורו

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

1. חשוב להתחבר לרעיון של משפט התנע מתקף. התנע מתאר תכונה של הגוף המתקף מתאר את השפעת פעולת הכוח על התנע של הגוף.
2. משפט התנע מתקף עוסק בסיבה ותוצאה, כתוצאה מפעולת המתקף התנע משתנה. (דומה לחוק שני של ניוטון הקובע שכתוצאה מפעולת הכוח הגוף נע בתאוצה).
3. בכל פעולת כוח מעורבים שני גופים ופועלים שני כוחות (בהתאם לחוק השלישי), חשוב לא לבלבל בין שני כוחות אלו בכתיבת משפט התנע מתקף.
4. משפט תנע מתקף מקשר בין המתקף <u>הפועל על הגוף</u> לשינוי התנע של <u>אותו גוף.</u>
5. שימור התנע הוא לא אינטואיטיבי, חשוב <u>קודם</u> לכתוב את משוואת שימור התנע ורק <u>אחר כך</u> להגיע למסקנות.
6. יש מקרים בהם התנע נשמר בכיוון אחד ולא נשמר בכיוון אחר. (כמו שגוף יכול להתמיד בתנועתו בכיוון אחד ולא להתמיד בכיוון אחר).
7. תרגול זה לא עוסק בנושאי האנרגיה. תרגול משולב של תנע ואנרגיה מופיע בתרגול הפרקטיקות של נושא האנרגיה.

נושאי התרגול:

1. הגדרת התנע.

2. הגדרת המתקף.

3. משפט תנע מתקף.

4. שימור תנע בהתנגשות פלסטית.

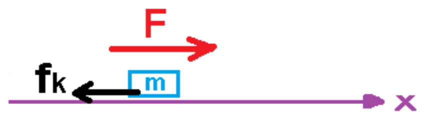
1-הגדרת התנע.

תיאור התנועה	ביטוי\ערך נדרש	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1- גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, במהירות קבועה, על משטח אופקי. גודל מהירות הגוף היא 5 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**א.** חשב את גודל התנע של הגוף $P = ?$ **ב.** מה כיוון התנע?	**תנע** הגדרת התנע: $\vec{P} = m \cdot \vec{V}$	**א.** $P = 100 \dfrac{kg \cdot m}{s}$ **ב.** כיוון וקטור התנע הוא ימינה.	התנע הוא גודל וקטורי, יש לו גודל וכיוון. בשאלות בהן עוסקים בתנע חובה להתייחס גם לכיוונו, לא רק לגודלו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652
1.2- גוף שמסתו 20 ק"ג נע שמאלה, במהירות קבועה, על משטח אופקי. גודל מהירות הגוף הוא 5 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**א.** חשב את גודל התנע של הגוף $P = ?$ **ב.** מה כיוון התנע?	**תנע** הגדרת התנע: $\vec{P} = m \cdot \vec{V}$	**א.** $P = -100 \dfrac{kg \cdot m}{s}$ **ב.** כיוון וקטור התנע הוא שמאלה.	מהגדרת התנע, סימן התנע זהה לסימן המהירות. ניתן לומר שהתנע הוא שלילי ביחס לציר, וניתן גם לומר שכיוון התנע הוא שמאלה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2781

2-הגדרת המתקף.

שאלה	מה מבקשים	נתון / הגדרה	תשובות	הערות	קישור
2.1- גוף שמסתו 20 ק"ג מונח על משטח אופקי. על הגוף פועל כוח F ימינה, גודלו של הכוח 10 ניוטון, והוא פועל במשך 4 שניות. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**א.** חשב את גודלו המתקף הפועל על הגוף במשך ארבעת השניות. **J=?** **ב.** מה כיוון המתקף?	**תנע** הגדרת המתקף: $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$	**א.** J=40N·s **ב.** כיוון וקטור המתקף הוא ימינה.	1. המתקף הוא גודל וקטורי, יש לו גודל וכיוון. בשאלות בהן עוסקים במתקף חובה להתייחס גם לכיוונו, לא רק לגודלו. 2. מההגדרת המתקף כיוון המתקף זהה לכיוון הכוח. 3. כאשר הכוח פועל בכיוון הציר, הכוח חיובי והמתקף חיובי. כאשר כוח פועל בכיוון נגדי לכיוון הציר, הכוח שלילי והמתקף שלילי. 4.יחידות המתקף זהות ליחידות התנע.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2782
2.2- גוף שמסתו 20 ק"ג נע נגד כיוון הציר במהירות: 40 m/s- . על הגוף פועל כוח F ימינה. גודלו של הכוח 10 ניוטון, והוא פועל במשך 4 שניות. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**א.** חשב את גודלו המתקף הפועל על הגוף במשך ארבע השניות. **J=?** **ב.** מה כיוון המתקף?	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$	**א.** J=40N·s **ב.** כיוון וקטור המתקף הוא ימינה.	1. מהירות הגוף תלויה במתקף, אך המתקף לא תלוי במהירות הגוף. 2. התנע של הגוף תלוי במסת הגוף, המתקף לא תלוי במסת הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2783

גוף שמסתו 20 ק"ג נע בכיוון הציר במהירות: 40 m/s. ברגע t=0s פועל על הגוף כוח F ימינה, גודלו של הכוח 10 ניוטון, והוא פועל במשך 4 שניות. בנוסף לכוח F, באותן 4 שניות פועל על הגוף כוח חיכוך קינטי, נגד כיוון התנועה (שמאלה). גודל כוח החיכוך הוא 3 ניוטון. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. 	**2.3** **א.** חשב את גודל המתקף שמפעיל הכוח F על הגוף, במשך ארבע השניות. **ב.** מה כיוון מתקף הכוח F?	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F}\cdot\Delta t$	**ב.** כיוון וקטור המתקף שמפעיל הכוח F הוא ימינה.	כוח החיכוך משפיע על תנועת הגוף, אך הוא לא משפיע על הכוח F. מתקף הכוח F לא משתנה כתוצאה מכוח החיכוך הפועל על הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2784
	2.4 **א.** חשב את גודל המתקף שמפעיל כוח החיכוך על הגוף, במשך ארבע השניות. **ב.** מה כיוון המתקף של כוח החיכוך?	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F}\cdot\Delta t$	**ב.** כיוון המתקף שמפעיל כוח החיכוך הוא שמאלה.	1. כוח החיכוך פועל שמאלה, בכיוון נגדי לכיוון הציר, לכן כוח החיכוך הוא שלילי. בהתאם להגדרת המתקף, המתקף שמפעיל כוח החיכוך הוא שלילי. 2.כוח החיכוך פועל תמיד נגד כיוון התנועה. סימן המתקף נקבע בהתאם לכיוון הציר הנבחר ולא בהתאם לכיוון התנועה. כאשר כוח החיכוך הוא חיובי גם מתקף כוח החיכוך הוא חיובי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2785

גוף שמסתו 20 ק"ג נע בכיוון הציר במהירות: 40 m/s. ברגע t=0s פועל על הגוף כוח F ימינה, גודלו של הכוח 10 ניוטון, והוא פועל במשך 4 שניות. בנוסף לכוח F, באותן 4 שניות פועל על הגוף כוח חיכוך קינטי, נגד כיוון התנועה (שמאלה). גודל כוח החיכוך הוא 3 ניוטון. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**2.5** **א.** חשב את גודל סכום המתקפים הפועלים על הגוף. במשך ארבע השניות. $\Sigma J = ?$ **ב.** מה כיוון סכום המתקפים?	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F}\cdot\Delta t$	**א.** $\Sigma J = 28 N\cdot s$ **ב.** כיוון סכום וקטורי המתקף הוא ימינה, זהה לכיוון המתקף הגדול.	1. מכיוון שהמתקף הוא וקטור, כדי למצוא את סכום וקטורי המתקף יש לבצע פעולת חיבור וקטורי בין שני וקטורי המתקף.  2. סכום וקטור המתקף הוא וקטור, יש לו גודל וכיוון.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2786
	2.6 **א.** חשב את גודל מתקף הכוח השקול. במשך ארבע השניות. **ב.** מה כיוון מתקף הכוח השקול ?	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F}\cdot\Delta t$	**א.** $J\Sigma F = 28 N\cdot s$ **ב.** כיוון סכום וקטורי המתקף הוא ימינה, זהה לכיוון הכוח השקול.	1.כאשר זמן פעולות הכוחות הוא זהה - מתקף הכוח השקול שווה לסכום המתקפים. ניתן להוכיח זאת. $\vec{J}_T = \vec{J}_1 + \vec{J}_2 = \vec{F}_1\cdot t + \vec{F}_2\cdot t$ $\vec{J}_T = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2)\cdot t = \Sigma\vec{F}\cdot t$ 2.כאשר זמן פעולות הכוחות הוא שונה - יש לחשב את המתקף של כל כוח בנפרד ולמצוא את סכום המתקפים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2787

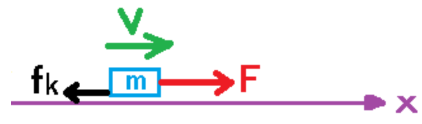
3- משפט תנע מתקף

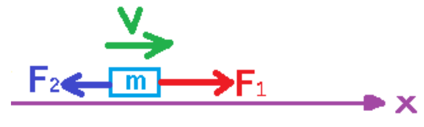
גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי וחלק, במהירות 5 מטר לשנייה.

ברגע t=0s פועל על הגוף כוח אופקי F, שגודלו 10 ניוטון במשך 4 שניות.

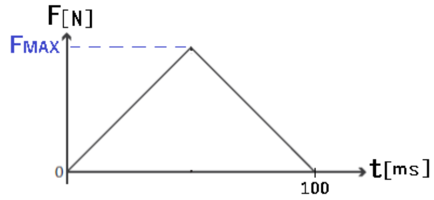
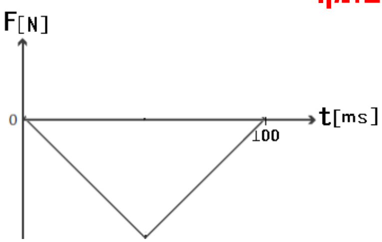
תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.

3.1 **א.** חשב את גודל מהירות הגוף בתום פעולת הכוח F. **ב.** מה כיוון תנועת הגוף בתום פעולת הכוח F ? השתמש בעקרונות הדינמיקה והקינמטיקה <u>הנחיה:</u> יש למצוא את התאוצה בעזרת החוק השני של ניוטון, ולחשב את המהירות בעזרת פונקציית המהירות-זמן.	**דינמיקה** $\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $\vec{V} = \vec{V_0} + \vec{a}t$	**א.** $V = 7\frac{m}{s}$ **ב.** כיוון המהירות הוא ימינה.	משוואת החוק השני היא משוואה וקטורית. גם פונקציית המהירות כתלות בזמן היא וקטורית. יש לבצע חיבור וקטורי בין וקטור המהירות ההתחלתית ובין הוקטור המתקבל מהכפלת וקטור התאוצה בזמן התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2788
3.2 **א.** חשב את גודל מהירות הגוף בתום פעולת הכוח F. **ב.** כיוון תנועת הגוף. בתום פעולת הכוח F ? השתמש במשפט התנע מתקף <u>הנחיה:</u> יש לכתוב את משפט התנע מתקף ולבטא ממנו את **V**.	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	**א.** $V = 7\frac{m}{s}$ **ב.** כיוון וקטור המהירות הוא ימינה.	יש לקבוע את סימן המהירות ההתחלתית והכוח ביחס לכיוון הציר. במקרה זה, המהירות ההתחלתית חיובית וגם הכוח חיובי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2789

גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי לא חלק, במהירות 5 מטר לשנייה. ברגע t=0s פועל על הגוף כוח אופקי F, שגודלו 10 ניוטון במשך 4 שניות. בנוסף פועל על הגוף כוח חיכוך קינטי שגודלו 3 ניוטון. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. 	**3.3** **א.** חשב את גודל מהירות הגוף בתום פעולת הכוח F. **ב.** מה כיוון מהירות תנועת הגוף בתום פעולת הכוח F ? **השתמש בעקרונות הדינמיקה והקינמטיקה** הנחיה: יש למצוא את התאוצה מהחוק השני של ניוטון, ולחשב את המהירות בעזרת פונקציית המהירות זמן.	**דינמיקה** $\overrightarrow{\Sigma F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $\vec{V} = \vec{V_0} + \vec{a}t$	**א.** $V = 6.4\frac{m}{s}$ **ב.** כיוון וקטור המהירות הוא ימינה	כוח החיכוך הקינטי פועל בכיוון נגדי לכיוון הכוח F, והוא מקטין את הכוח השקול, בכך הוא גורם להקטנת התאוצה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2790
	3.4 **א.** חשב את גודל מהירות הגוף בתום פעולת הכוח F. **ב.** מה כיוון מהירות תנועת הגוף. בתום פעולת הכוח F. **השתמש במשפט התנע מתקף** הנחיה: יש לכתוב את משפט התנע (עבור סכום המתקפים) ולבטא ממנו את V.	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$V = 6.4\frac{m}{s}$ כיוון וקטור המהירות הוא ימינה	1. כאשר כתוב "גודל הכוח" הכוונה היא לערכו המוחלט של הכוח. במקרה זה כוח החיכוך פועל נגד כיוון הציר, ויש להתייחס אליו כאל כוח שלילי. 2. ניתן להתייחס למתקף השקול בשני דרכים: 1.סכום של מתקפים. 2.מתקף הכוח השקול. מומלץ לפתור את השאלה בשני הדרכים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2791

גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי חלק במהירות 5 מטר לשנייה. ברגע t=0s פועלים על הגוף שני כוחות: F_1 - גודלו 10 ניוטון, כיוונו ימינה. הוא פועל במשך 4 שניות. F_2 – גודלו 6 ניוטון, כיוונו שמאלה. הוא פועל במשך 12 שניות. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**3.5** **א-** גודל מהירות הגוף בתום פעולת הכוח F2. **ב-** כיוון מהירות תנועת הגוף. בתום פעולת הכוח F. **השתמש בעקרונות הדינמיקה והקינמטיקה** **<u>הנחיה:</u> הגוף נע בשתי תאוצות שונות, יש למצוא אותן ולחשב את המהירות בסוף התנועה השנייה.**	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $\vec{V} = \vec{V_0} + \vec{a}t$	$V = 3.4\frac{m}{s}$ כיוון וקטור המהירות הוא ימינה	1. בהתאם לערכי הכוח השקול, הגוף נע בשתי תנועות שונות. במשך 4 שניות ראשונות הגוף נע בתאוצה מסוימת, במשך 8 שניות נוספות לאחר מכן הגוף נע בתאוצה אחרת. 2. יש למצוא את מהירות הגוף בסוף התנועה השנייה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2792
	3.6 **ב.**1. גודל מהירות הגוף Vבתום פעולת הכוח F2. **ב.**2.כיוון מהירות תנועת הגוף. בתום פעולת הכוח F. **השתמש במשפט התנע מתקף** **<u>הנחיה:</u> יש לכתוב את משפט התנע מתקף (עבור סכום המתקפים) ולבטא ממנו את V.**	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{\Delta P}$	**א.** $V = 3.4\frac{m}{s}$ **ב.** כיוון וקטור המהירות הוא ימינה	1. על הגוף פועלים שני מתקפים. בכתיבת משפט תנע מתקף יש להשוות בין סכום המתקפים לשינוי התנע. 2. לא ניתן להשתמש במשפט תנע מתקף במתקף הכוח השקול כיוון שהכוחות פועלים בזמני תנועה שונים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2793

גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי חלק, במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה. במהלך תנועתו הגוף פוגע בקיר ומוחזר ממנו במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה.(התנגשות הגוף בקיר היא אלסטית) תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**3.7** **א** - גודל המתקף J <u>שהקיר מפעיל על הגוף</u> במהלך ההתנגשות. **ב** - כיוון המתקף שהקיר מפעיל על הגוף **השתמש במשפט התנע מתקף** <u>הנחיה:</u> כדי למצוא את המתקף שהפעיל הקיר יש לכתוב את משוואת התנע מתקף לגוף. ולתאר את ערכי המהירויות ביחס לציר.	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$J = -200N \cdot S$ כיוון המתקף שהקיר הפעיל על הגוף הוא שמאלה.	1. בכל פעולת כוח יש שני גופים, ופועלים שני כוחות. את משפט תנע מתקף יש לכתוב לאחד הגופים. 2. במקרה זה כדי למצוא את המתקף שהקיר הפעיל על הגוף, יש לכתוב את משפט תנע מתקף לגוף. אם נגדיר את הגוף הנע כגוף מספר 1, ואת הקיר כגוף מספר 2, ממשפט תנע מתקף מתקיים: המתקף שהקיר מפעיל על הגוף שווה לשינוי התנע של הגוף: $\overrightarrow{J_{2,1}} = \overrightarrow{\Delta P_1}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2794
	3.8 **א.** גודל המתקף J <u>שהגוף מפעיל על הקיר</u> במהלך ההתנגשות. **ב.** כיוון המתקף שהגוף מפעיל על הקיר. **השתמש במשפט התנע מתקף** <u>הנחיה:</u> תנועת הקיר לא ניכרת. יש לכתוב את משפט התנע מתקף על הגוף, ולהשתמש בחוק השלישי של ניוטון.	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$J = 200N \cdot S$ כיוון המתקף שהקיר הפעיל על הגוף הוא ימינה.	1. כדי למצוא את המתקף שהגוף הפעיל על הקיר, באופן כללי, יש לכתוב את משפט התנע מתקף על הקיר. אך הקיר מחובר לבניין (המחובר לכדור"א), מהירות כדור הארץ לא משתנה בצורה ניכרת. לכן יש לכתוב את משפט התנע מתקף על הגוף, ולהשתמש בחוק השלישי של ניוטון, כדי לקבוע שגודל המתקף שהגוף מפעיל על הקיר זהה לגודל המתקף שהקיר מפעיל על הגוף. 2.כיוון המתקף שהגוף מפעיל על הקיר הוא ימינה.(חיובי ביחס לציר)	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2795

גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי חלק, במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה. במהלך תנועתו הגוף פוגע בקיר ומוחזר ממנו במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה. (התנגשות הגוף בקיר היא אלסטית). זמן התנגשות הגוף בקיר הוא 100ms. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.  	**3.9** **א.** גודל הכוח הממוצע שהקיר מפעיל על הגוף במהלך ההתנגשות. **ב.** כיוון הכוח שהקיר מפעיל על הגוף **השתמש בהגדרת המתקף** הנחיה: משפט התנע מתקף עוסק בכוח קבוע. אם נבטא ממשפט תנע מתקף את הכוח כאשר פועל כוח משתנה, נקבל את הכוח הממוצע.	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F}\cdot\Delta t$	$\mathbf{F} = -2,000\mathbf{N}$ כיוון הכוח שהקיר הפעיל על הגוף הוא שמאלה.	הקיר מפעיל על הגוף כוח משתנה בגודלו, אם נחשב את ערך הכוח ממשפט התנע מתקף, ערך הכוח המחושב יהיה שווה לערך הכוח הממוצע שהקיר מפעיל על הגוף. (בדומה לשימוש בהגדרת המהירות בתנועה במהירות משתנה, הערך המקובל מהחישוב הוא ערך המהירות הממוצעת).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2796
בהמשך לסעיף הקודם, הגרף הבא מתאר את הכוח שהגוף מפעיל על הקיר:  	**3.10** גודל הכוח המקסימלי שהגוף מפעיל על הקיר במהלך ההתנגשות. **ד.2.** כיוון הכוח המקסימלי שהגוף מפעיל על הקיר. **השתמש במשפט התנע מתקף** הנחיה: בגרף המתאר את הכוח כתלות בזמן, השטח התחום בגרף שווה למתקף . יש למצוא את גודל הכוח המקסימלי מהגרף בצורה גיאומטרית.	**תנע** הגדרת המתקף: $\Sigma\vec{J} = \vec{F}\cdot\Delta t$	$\mathbf{F}_{\max} = 4,000\mathbf{N}$ כיוון הכוח המקסימלי שהגוף מפעיל על הקיר הוא ימינה.	1. בכל זמן ההתנגשות הגוף מפעיל על הקיר כוח שכיוונו ימינה. כיוון הכוח לא משתנה. (לכן ביחס לציר הוא תמיד חיובי). 2. בזמן ההתנגשות, כיוון תנועת הגוף משתנה. 3. הגרף הבא מתאר את הכוח שהקיר הפעיל על הגוף, כתלות בזמן.  	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2797

4- שימור התנע בהתנגשות פלסטית.

4. שני גופים עשויים פלסטלינה, מתנגשים התנגשות פלסטית על משטח אופקי וחלק.

גוף 1 שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי חלק, במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה.

במהלך תנועתו, פוגע גוף 1 בגוף 2 הנמצא במנוחה. מסת גוף 2 היא 4 ק"ג.

לאחר ההתנגשות שני הגופים נעים יחד כגוף אחד, במהירות U.

תנועת הגופים לפני ההתנגשות מתוארת ביחס לציר המתואר באיור הבא.

4.א - חשב את מהירות הגופים U לאחר ההתנגשות.

4.ב - מה כיוון תנועת הגופים לאחר ההתנגשות?

השתמש משוואת שימור התנע

<u>הנחיה:</u> כתבו את משוואת שימור התנע ובטאו ממנה את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.

תנע

שימור תנע:

$$m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2 = (m_1 + m_2) \cdot U$$

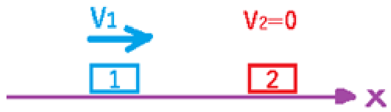
$$U = 4.16 \frac{m}{s}$$

כיוון תנועת הגופים לאחר ההתנגשות הוא ימינה.

1.במקרה של התנגשות פלסטית, בהינתן מסות הגופים והמהירויות לפני ההתנגשות, משוואת התנע היא משוואה בנעלם אחד.

2. התנע נשמר במקרה זה מכיוון שהמשטח הוא אופקי וחלק, תנועת הגופים מושפעת מכוחות פנימיים בלבד, לכן התנע נשמר.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2798

המשך 4.1 שני גופים עשויים פלסטלינה , מתנגשים התנגשות פלסטית. גוף 1 שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי חלק, במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה. במהלך תנועתו פוגע גוף 1 בגוף 2 הנמצא במנוחה. מסת גוף 2 היא 4 ק"ג. לאחר ההתנגשות שני הגופים נעים יחד כגוף אחד, במהירות U. תנועת הגופים מתוארת ביחס לציר המתואר באיור הבא(כיוון הציר הוא ימינה). 	**4.ג - חשב את** המתקף שהפעיל גוף 1 על גוף 2. השתמש במשפט תנע מתקף.	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$J_{1,2} = 16.66N \cdot S$ המתקף הוא חיובי מכיוון שגוף 1 מפעיל על גוף 2 בכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2798
	4.ד - חשב את המתקף שהפעיל גוף 2 על גוף 1. השתמש במשפט תנע מתקף.	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$J_{2,1} = -16.66N \cdot S$ המתקף הוא שלילי מכיוון שגוף 2 מפעיל על גוף 1 בכיוון הפוך לכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2798

5 - שני גופים עשויים פלסטלינה נעים האחד כלפי השני ומתנגשים התנגשות פלסטית. גוף 1 שמסתו 20 ק"ג נע ימינה, על משטח אופקי חלק, במהירות שגודלה 5 מטר לשנייה. גוף 2 שמסתו 4 ק"ג, נע שמאלה במהירות שגודלה 8 מטר לשנייה. לאחר ההתנגשות שני הגופים נעים יחד כגוף אחד, במהירות U. תנועת הגופים מתוארת ביחס לציר המתואר באיור הבא (כיוון הציר הוא שמאלה).  	**5.א** - חשב את גודל מהירות הגופים U, לאחר ההתנגשות. **5.ב** - מה כיוון תנועת הגופים לאחר ההתנגשות? **השתמש במשוואת שימור התנע** **הנחיה:** יש לכתוב את משוואת שימור התנע ולבטא ממנה את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.	**תנע** שימור תנע: $m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2 = (m_1 + m_2) \cdot U$	$U = -2.83\frac{m}{s}$ כיוון תנועת הגופים לאחר ההתנגשות הוא ימינה. כיוון תנועת הגופים הפוך לכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2799
	5.ג - חשב את המתקף שהפעיל גוף 1 על גוף 2. **השתמש במשפט תנע מתקף.**	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$J_{1,2} = -43.33N \cdot S$ המתקף הוא שלילי מכיוון שגוף 1 מפעיל על גוף 2 כוח בכיוון הנגדי לכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2799
	5.ד - חשב את המתקף שהפעיל גוף 2 על גוף 1. **השתמש במשפט תנע מתקף.**	**תנע** משפט תנע מתקף: $\Sigma\vec{J} = \overrightarrow{\Delta P}$	$J_{2,1} = 43.33N \cdot S$ המתקף הוא חיובי מכיוון שגוף 2 מפעיל על גוף 1 כוח בכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=1652&chapterid=2799

אוגדני פתרונות שאלות בגרות תנע ושימורו

משפט תנע מתקף

2020,4 - תיבה מתנגשת בקיר, נתון גרף כוח זמן

2013,4 – כוח פועל על כדור טניס , נתון גרף כוח כתלות בזמן.

1997,3 - קרונית פוגעת בחיישן, מפעילה כוח על החיישן . נתון גרף כוח כתלות בזמן.

שימור תנע חד מימדי

2011,3 - שימור תנע בהתפוצצות מיושם ע"י קפיץ משוחרר. תנע מתקף, נתון גרף כוח כתלות בזמן. התנגשות פלסטית.

*בסוף השאלה יש סעיף העוסק באנרגיה .

שימור תנע דו מימדי

2000,5 - שתי דסקיות מתנגשות התנגשות לא מצחית.

1992,2 - כדור נזרק מרחפת נעה כלפי מעלה , ונער קופץ מהרחפת הצידה בכיוון אופקי.

שימור תנע בכיוון אחד

2006,3 - כדור המשתחרר מקרונית תוך כדי תנועה , ונע בתנועה בליסטית. וכדור משוחרר ממנוחה ופוגע בקרונית נעה.

סיכום פסיפס אנרגיה מכנית ושימורה

סיכום פסיפס אנרגיה מכנית ושימורה – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

עבודה

(Cube-25)

העבודה היא גודל סקלרי המוגדר לפי מכפלת וקטור ההעתק בוקטור הכוח הפועל על הגוף.

$$\boxed{W = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x}}$$

פעולת הכפל המופיעה בין שני הוקטורים היא פעולת כפל סקלרי, ניתן לבטא את עבודת הכוח כתלות בגודל הכוח, בגודל העתק לאורכו פועל הכוח ובזווית α שבין כיוון וקטור ההעתק לכיוון הכוח בהתאם להגדרת פעולת הכפל הסקלרי:

$$\boxed{W = |F| \cdot |\Delta x| \cdot \cos(\alpha)}$$

בהתאם להגדרת העבודה, העבודה נמדדת ביחידות של ניוטון כפול מטר או בקיצור ג'אול [J].

1. מקרים מיוחדים:

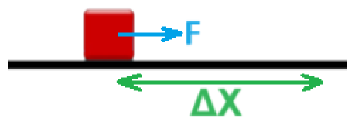
כאשר $\alpha=0$: הכוח פועל בכיוון התנועה, ערך עבודת הכוח המתקבל הוא חיובי, הכוח "מעצים" את התנועה.

כאשר $\alpha=180°$: הכוח פועל בכיוון הנגדי לתנועה, ערך עבודת הכוח המתקבל הוא שלילי, הכוח "מפריע" לתנועה.

כאשר $\alpha=90°$: הכוח ניצב לתנועה, ערך עבודת הכוח המתקבל היא אפס, הכוח לא "מעצים" ולא "מפריע" לתנועה. הכוח יכול רק לשנות את כיוון התנועה.

2. כדי להבין את משמעות העבודה יש להבין את משמעות האנרגיה בכלל ובפרט את משמעות האנרגיה הקינטית.

דוגמה: גוף נע על משטח אופקי ימינה, על הגוף פועל כוח בכיוון התנועה, כמתואר באיור הבא:



נתון שגודל הכוח הוא 40 ניוטון והוא פועל לאורך העתק שגודלו 20 מטרים.

נחשב את עבודת הכוח F, בעזרת הגדרת העבודה:

$$W = |F| \cdot |\Delta X| \cdot \cos(\alpha) = 40 \cdot 20 \cdot \cos(0) = 800J$$

ניתן לומר שהכוח F מבצע עבודה של 800 ג'אול בהנעת הגוף.

ניתן להשתמש בהגדרת העבודה לכל כוח הפועל על הגוף.

אנרגיה (Cube-25)	אנרגיה היא גודל סקלרי המתאר את יכולת הגוף לבצע עבודה. האנרגיה נמדד ביחידות של ג'אול [J]. 1.גוף שיש לו יכולת להפעיל כוח לאורך העתקן הוא גוף שיש לו יכולת לבצע עבודה, לכן יש לו אנרגיה. 2.קיימים סוגים רבים של אנרגיה: אנרגיה כימית, אנרגיה קינטית, אנרגיה חשמלית ועוד. דוגמה: אם קפיץ מכווץ יכול להפעיל על גוף המחובר אליו כוח ממוצע שגודלו 100 ניוטון לאורך 2 מטרים, הקפיץ יכול לעשות עבודה של 200 ג'אול, לכן ניתן לקבוע שיש לקפיץ אנרגיה של 200 ג'אול.
שימור אנרגיה (Cube-25)	מערכת מבודדת- מערכת שגבולותיה מונעים חילופי אנרגיה או חומר עם הסביבה בכל מערכת מבודדת קיימת כמות קבועה של אנרגיה, האנרגיה במערכת המבודדת יכולה רק להשתנות מסוג לסוג. דוגמה: מכונית נוסעת עד שהדלק במכונית אוזל, בזמן הנסיעה המנוע ממיר אנרגיה כימית(דלק) לאנרגית קינטית (אנרגית תנועה), ולאנרגיית לחום. נתון שבתחילת הנסיעה הייתה למכונית אנרגיה כימית של 1,000 ג'אול וכמות האנרגיה הכימית שהומרה לאנרגית תנועה היא 600 ג'אול, אם נתייחס למכונית כאל מערכת מבודדת, משימור אנרגיה ניתן לקבוע שכמות האנרגיה שהומרה לחום היא 400 ג'אול . קיימים סוגים רבים של אנרגיות, אנחנו נעסוק באנרגיות מכניות, בעיקר: אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית כובדית.
אנרגיה קינטית (Cube-25)	האנרגיה הקינטית של הגוף, היא גודל סקלרי (לא יכול להיות שלילי), הגדרת האנרגיה הקינטית היא: $\boxed{E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2}$ לכל גוף נע יש יכולת ביצוע עבודה מעצם תנועת הגוף, אנרגיה זו היא האנרגיה קינטית של הגוף. דוגמה: נתון גוף שמסתו 2 ק"ג הנע על משטח אופקי חלק במהירות 7 מטר לשנייה. בתנועתו הוא פוגע בגוף נח. כאשר הגוף הנע מתנגש בגוף הנח הוא מפעיל עליו כוח לאורך העתקן, הוא מבצע עליו עבודה.  יש לגוף הנע יכולת לבצע עבודה מעצם תנועתו. יכולת זו היא האנרגיה הקינטית של הגוף. נחשב את האנרגיה הקינטית של הגוף: $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 7^2 = 49J$ האנרגיה הקינטית תלויה בגודל המהירות ולא בכיוונה, מכיוון שהאנרגיה היא גודל סקלרי. ניתן להשתמש בביטוי האנרגיה הקינטית לכל גוף נע.

משפט עבודה אנרגיה (Cube-25)

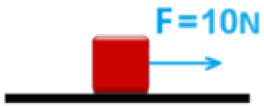
משפט עבודה-אנרגיה הוא משוואה סקלרית, הקובעת שהעבודה הכוללת הפועלת על הגוף שווה לשינוי באנרגיה הקינטית של הגוף.

$$\boxed{W_{\text{כוללת}} = \Delta E_K}$$

ניתן לפתח את משפט העבודה אנרגיה מהחוק השני של ניוטון ומביטוי ריבוע המהירויות.

1. משפט עבודה-אנרגיה מתאר קשר של סיבה ותוצאה (בדומה לחוק השני של ניוטון). העבודה הכוללת המבוצעת על הגוף גורמת לשינוי באנרגיה הקינטית של הגוף. המשפט קובע שמידת השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף שווה בדיוק לעבודה הכוללת הפועלת על הגוף.
2. אם פועלים על הגוף מספר כוחות העבודה הכוללת שווה לסכום העבודות.
3. משוואת העבודה אנרגיה מופיעה בדפי הנוסחאות.

דוגמה: גוף שמסתו 3 ק"ג נח על משטח חלק. ברגע מסוים פועל על הגוף כוח שגודלו 10 ניוטון וכיוונו ימינה, כמתואר באיור הבא:



הכוח פועל לאורך העתק של ארבעה מטרים. נחשב את מהירות הגוף בסיום פעולת הכוח בעזרת משפט העבודה אנרגיה:

$$W = \Delta E_K$$

$$|F|\cdot|\Delta X|\cdot\cos(0) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V^2 - \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_0^{\,2}$$

$$F\cdot\Delta X = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V^2$$

$$V = \sqrt{\frac{2\cdot F\cdot\Delta X}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 4}{3}} = \sqrt{26.66} = 5.16\,\frac{m}{s}$$

משפט העבודה אנרגיה נכון תמיד.

התנגשות אלסטית **(Cube-26)**	**<u>התנגשות אלסטית</u>- התנגשות אלסטית היא התנגשות שבה הגופים לא נעים יחד אחרי ההתנגשות ואין איבוד אנרגיה קינטית כתוצאה מההתנגשות.** **התנגשות אלסטית יכולה להתרחש רק בין גופים העשויים מחומרים אלסטיים (כמו גומי).**

שימור האנרגיה קינטית (Cube-26)

בהתנגשות אלסטית, האנרגיה הקינטית נשמרת, סכום האנרגיות הקינטיות של הגופים לא משתנה כתוצאה מההתנגשות, ומתקיים:

$$\boxed{\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot V_1^{\,2}+\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot V_2^{\,2}=\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot u_1^{\,2}+\frac{1}{2}\cdot m_2\cdot u_2^{\,2}}$$

V- מהירות לפני ההתנגשות. U- מהירות אחרי ההתנגשות.

משוואת שימור האנרגיה הקינטית נובעת משימור אנרגיה במקרה שבו אין איבוד אנרגיה קינטית .

1. האנרגיה הקינטית יכולה להישמר רק אם הגופים המתנגשים עשויים חומרים אלסטיים (כמו גומי), לכן ההתנגשות נקראת התנגשות אלסטית. בהתנגשות בין גופים פלסטיים (כמו פלסטלינה) הגופים משנים את צורתם האנרגיה הקינטית לא נשמרת.

2. משוואת שימור האנרגיה היא משוואה סקלרית, היא מתאימה להתנגשות חד ממדית ולהתנגשות דו ממדית.

3. בהתנגשות אלסטית שבה תנועת הגופים מושפעת מכוחות פנימיים בלבד, בנוסף לשימור האנרגיה הקינטית גם התנע נשמר. בעזרת משוואת שימור האנרגיה הקינטית ומשוואת שימור התנע, בהינתן מסות הגופים ומהירויותיהם לפני ההתנגשות ניתן לפתור מערכת משוואות של שתי משוואות בשני נעלמים ולחשב את מהירויות הגופים אחרי ההתנגשות.

4. כאשר הגופים לא נעים יחד לאחר ההתנגשות והאנרגיה הקינטית לא נשמרת, התנגשות הגופים נקראת התנגשות אי אלסטית . בהתנגשות אי אלסטית לא ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה הקינטית. אם תנועת הגופים מושפעת רק מכוחות פנימיים ניתן להשתמש במשוואת שימור התנע.

דוגמה: נתונים שני גופים אלסטיים בעלי מסות שונות הנמצאים על משטח אופקי חלק, כמתואר באיור הבא:

מסת גוף 1 היא 1 ק"ג. ומסת גוף 2 היא 2 ק"ג.
לפני ההתנגשות גוף 1 נמצא במנוחה וגוף 2 נע לעברו במהירות שגודלה 8 מטר לשנייה.
הגופים מתנגשים התנגשות אלסטית. לאחר ההתנגשות גוף 2 נע במהירות שגודלה 2.66 מטר לשנייה.
נתייחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה, ונחשב את מהירות גוף 1 אחרי ההתנגשות בעזרת משוואת שימור האנרגיה הקינטית.

$$E_{K_1}+E_{K_2}=E_{K_1}'+E_{K_2}'$$

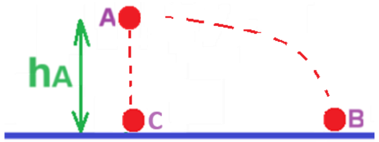
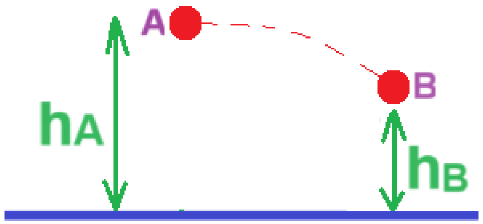
$$\cancel{\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot V_1^{2}}+\cancel{\frac{1}{2}}\cdot m_2\cdot V_2^{2}=\cancel{\frac{1}{2}}\cdot m_1\cdot U_1^{2}+\cancel{\frac{1}{2}}\cdot m_2\cdot U_2^{2}$$

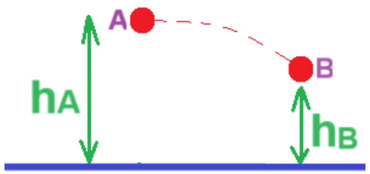
$$m_2\cdot V_2^{2}=m_1\cdot U_1^{2}+m_2\cdot U_2^{2}$$

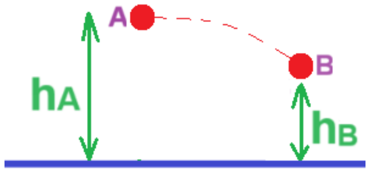
$$U_1=\sqrt{\frac{m_2\cdot V_2^{2}-m_2\cdot U_2^{2}}{m_1}}=\sqrt{\frac{2\cdot 8^{2}-2\cdot 2.66^{2}}{1}}=\sqrt{113.77}=10.66\,\frac{m}{s}$$

ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה הקינטית רק בהתנגשות אלסטית (חד ממדית או דו ממדית).

ביטוי הפרש המהירויות **(Cube-26)**	**בהתנגשות אלסטית <u>חד ממדית</u> שבה גם התנע נשמר, ניתן להשתמש בביטוי הפרש המהירויות:** $\boxed{\vec{V}_1 - \vec{V}_2 = -(\vec{U}_1 - \vec{U}_2)}$ **ביטוי הפרש המהירויות מתקבל בעזרת פעולות אלגבריות על משוואת שימור התנע ושימור האנרגיה הקינטית (פיתוח מלא בקיוב).** **1. במשוואת שימור האנרגיה הקינטית המהירויות הן בריבוע.** **יותר קל אלגברית להשתמש בביטוי הפרש המהירויות במקום במשוואת שימור האנרגיה הקינטית.** **2. ביטוי הפרש המהירויות קובע שמהירות התקרבות גוף 1 לגוף 2 לפני ההתנגשות שווה למהירות התרחקות גוף 2 מגוף 1 אחרי ההתנגשות.** **3. יש לתאר את תנועת הגופים ביחס לציר תנועה, בהתאם לכיוון תנועת הגופים ביחס לציר יש לקבוע את סימן המהירות.** **דוגמה: נתונים שני גופים אלסטיים בעלי מסות שונות הנמצאים על משטח אופקי חלק, כמתואר באיור הבא:**  **מסת גוף 1 היא 1 ק"ג. ומסת גוף 2 היא 2 ק"ג.** **לפני ההתנגשות גוף 1 נמצא במנוחה וגוף 2 נע לעברו במהירות שגודלה 8 מטר לשנייה.** **הגופים מתנגשים התנגשות אלסטית. לאחר ההתנגשות גוף 2 נע במהירות שגודלה 2.66 מטר לשנייה.** **נתייחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה, ונחשב את מהירות גוף 1 אחרי ההתנגשות בעזרת ביטוי הפרש המהירויות:** $V_1 - V_2 = -(U_1 - U_2)$ $V_1 - V_2 = U_2 - U_1$ $U_1 = U_2 + V_2 - V_1 = 2.66 + 8 - 0 = 10.66\frac{m}{s}$ **ניתן להשתמש בביטוי הפרש המהירויות רק בהתנגשות חד ממדית שבה התנע נשמר והאנרגיה הקינטית נשמרת.**
מקרים מיוחדים **(Cube-26)**	**1. בהתנגשות חד ממדית אלסטית שבה התנע נשמר ומסות הגופים זהות – מהירויות הגופים מתחלפות. (הוכחה בקיוב).** **2. בהתנגשות דו ממדית בין מסות זהות - כיוון תנועת הגופים אחרי ההתנגשות היא 90 מעלות. (הוכחה בקיוב).** **3. כאשר גוף מתנגש אלסטית בקיר - האנרגיה הקינטית של הגוף לא משתנה, התנע של הגוף משתנה.**

כוח משמר (Cube-27)	כוח משמר הוא כוח שעבודתו תלויה בנקודת תחילת התנועה ובנקודת סיום התנועה אך היא לא תלויה בצורת המסלול לאורכו הכוח פועל. דוגמה: גוף נזרק פעמיים מהנקודה A הנמצאת בגובה h_A מעל פני הקרקע. בפעם הראשונה הגוף נזרק בכיוון אופקי ופוגע בקרקע בנקודה B. ופעם השנייה הגוף נזרק מהנקודה A כלפי מטה ופוגע בקרקע בנקודה C.  בשתי הזריקות כוח הכובד מבצע עבודה לאורך הפרש גבהים זהה, כוח הכובד הוא כוח משמר עבודתו לא תלויה בצורת המסלול לכן למרות שמסלולי התנועה הם שונים עבודת כוח הכובד היא זהה בשני המסלולים. 1.במסלול סגור (כאשר הגוף חוזר בסיום התנועה לנקודת תחילת התנועה) עבודת הכוח המשמר שווה לאפס. 2.בכל נושאי המכניקה יש רק שני כוחות משמרים: כוח הכובד שמפעיל כדור הארץ והכוח האלסטי שמפעיל הקפיץ . כל שאר הכוחות במכניקה הם כוחות לא משמרים, עבודתם תלויה בצורת המסלול. 3. לכוח המשמר מותאת אנרגיה פוטנציאלית בעזרתה ובעזרת עקרונות האנרגיה הרבה יותר קל לנתח את השפעת הכוח המשמר. קיימים רק שני כוחות משמרים כוח הכובד והכוח האלסטי.
עבודת כוח הכובד (Cube-27)	עבודת כוח הכובד תלויה בהפרש הגבהים לאורכו נע הגוף ובמשקל הגוף , ביטוי עבודת כוח הכובד הוא : $\boxed{W = m \cdot g \cdot \Delta h}$ ניתן לפתח את ביטוי עבודת כוח הכובד בעזרת הגדרת העבודה ממקרה שבו גוף נע בהשפעת כוח הכבידה לאורך הפרש גבהים Δh. דוגמה: נחשב את עבודת כוח הכובד הפועל על גוף הנזרק בכיוון אופקי מגובה A לגובה B . מסת הגוף 3 ק"ג , גובה הנקודה A 5m מעל פני הקרקע , גובה הנקודה B 3m מעל פני הקרקע, כמתואר באיור הבא:  נחשב את עבודת כוח הכובד הפועל על הגוף בתנועתו מהנקודה A לנקודה B: $W = m \cdot g \cdot \Delta h = m \cdot g \cdot (h_A - h_B) = 3 \cdot 10 \cdot (5 - 3) = 60J$ ביטוי עבודת כוח הכובד מתאים לתנועה בקו ישר ולכל צורת מסלול.

אנרגיה פוטנציאלית כובדית **(Cube-27)**	כאשר גוף נמצא בגובה h מעל פני הקרקע יש לכוח הכובד יכולת לבצע עבודה להנעת הגוף מגובה h ועד לקרקע, יכולת ביצוע עבודה זו נקראת אנרגיה פוטנציאלית כובדית של הגוף. ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית של הגוף הוא: $\boxed{U_G = m \cdot g \cdot h}$ ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית כובדית נובע מביטוי עבודת כוח הכובד. האנרגיה הפוטנציאלית כובדית תלויה ביחס ישר במסת הגוף, בתאוצת הכובד ובגובה בו נמצא הגוף. 1. האנרגיה הפוטנציאלית כובדית מתוארת כתכונה של הגוף. 2. כדי לחשב את האנרגיה הפוטנציאלית של הגוף יש לקבוע מישור ייחוס, המישור ביחס אליו מוגדר הגובה h. ניתן לקבוע את מישור הייחוס באופן שרירותי. (אין משמעות פיזיקלית לאנרגיה הפוטנציאלית, יש משמעות פיזיקלית רק לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית). 3. היחידות של האנרגיה הפוטנציאלית הן ג'אול (זהות ליחידות העבודה). דוגמה: גוף שמסתו 3 ק"ג נזרק אופקית מנקודה A הנמצאת בגובה 5m מעל פני הקרקע. בתנועתו חולף הגוף בנקודה B הנמצאת בנקודה B הנמצאת בגובה 3m מעל פני הקרקע. כמתואר באיור הבא:  נחשב את האנרגיה הפוטנציאלית של הגוף כאשר הוא נמצא בנקודות A ו- B. $U_A = m \cdot g \cdot h_A = 3 \cdot 10 \cdot 5 = 150J$ $U_B = m \cdot g \cdot h_B = 3 \cdot 10 \cdot 3 = 90J$ ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית כובדית מתאים לגוף הנע על פני כדור הארץ. (במידה והגוף נמצא בגובה רב או על פני כוכב לכת אחר יש להשתמש בתאוצת כובד g מתאימה).

הקשר שבין עבודת כוח הכובד לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית. (Cube-27)	בתנועת הגוף כלפי מטה כוח הכובד מבצע עבודה חיובית האנרגיה הפוטנציאלית כובדית קטנה , הקשר בין עבודת כוח הכובד לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית הוא: $\boxed{W = -\Delta U}$ ניתן לבטא את עבודת כוח הכובד כתלות באנרגיה הפוטנציאלית כובדית, ממקרה כללי של גוף הנע מנקודה לנקודה. פיתוח הביטוי במקרה שבו הגוף נע מנקודה A לנקודה B: $W = mg(hA - hB) = mghA - mghB = UG_A - UG_B \Rightarrow W = -\Delta U$ 1. האנרגיה הפוטנציאלית היא חיובית תמיד, לעומת זאת עבודת כוח הכובד יכולה להיות שלילית. 2. הביטוי לא נתון בדפי הנוסחאות. ניתן לפתור את שאלות הבגרות גם בלי להשתמש בביטוי. מעבר להבנת הקשר שבין עבודת כוח הכובד לאנרגיה הפוטנציאלית הביטוי חשוב להבנת עיקרון שימור האנרגיה המכנית. דוגמה: גוף שמסתו 3 ק"ג נזרק אופקית מנקודה A הנמצאת בגובה 5m מעל פני הקרקע. בתנועתו חולף הגוף בנקודה B הנמצאת בגובה 3m מעל פני הקרקע. כמתואר באיור הבא:  נחשב את האנרגיה הפוטנציאלית כובדית של הגוף בנקודות A ו- B: $U_A = m \cdot g \cdot h_A = 3 \cdot 10 \cdot 5 = 150J$ $U_B = m \cdot g \cdot h_B = 3 \cdot 10 \cdot 3 = 90J$ נחשב את עבודת כוח הכובד הפועל על הגוף בתנועתו מהנקודה A לנקודה B: $W = -\Delta U = -(U_B - U_A) = U_A - U_B = 150 - 90 = 60J$ הקשר בין העבודה לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית מתאים לעבודת כל כוח משמר.

אנרגיה מכנית ושימורה

(Cube-27)

<u>אנרגיה מכנית</u> – לגוף הנע בהשפעת כוח הכובד יש שני סוגים של אנרגיה: אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית כובדית .
האנרגיה המכנית של הגוף מוגדרת כסכום האנרגיה הקינטית והאנרגיה הפוטנציאלית כובדית.

<u>שימור אנרגיה מכנית</u> - במקרה מיוחד שבו רק כוח הכובד מבצע עבודה האנרגיה המכנית לא משתנה, היא נשמרת.
משוואת שימור האנרגיה של גוף הנע בהשפעת כוח הכובד בלבד וחולף בנקודות A ו- B היא:

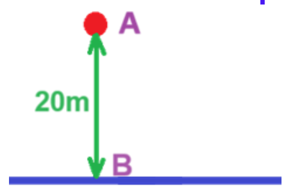
$$\boxed{E_{KA} + U_{GA} = E_{KB} + U_{GB}}$$

משוואת שימור האנרגיה מתקבלת ממשפט העבודה אנרגיה כאשר רק כוח הכובד עושה עבודה:

$$W = \Delta E_K \qquad 0 = (U_B - U_A) + (E_{K_B} - E_{K_A})$$
$$-\Delta U = \Delta E_K \;\Rightarrow\; 0 = U_B + E_{K_B} - U_A - E_{K_A}$$
$$0 = \Delta U + \Delta E_K \qquad \boxed{U_B + E_{K_B} = U_A + E_{K_A}}$$

1. משמעות שימור האנרגיה המכנית היא שסכום האנרגיה הקינטית והאנרגיה הפוטנציאלית לא משתנה כל זמן תנועת הגוף.
2. לפני שימוש במשוואת שימור האנרגיה יש לציין שרק כוח הכובד עושה עבודה, לכן האנרגיה המכנית נשמרת.
3. במקרים רבים עיקרון שימור האנרגיה יכול להיות חלופה לביטויים בקינמטיקה , יש מקרים שבהם ניתן להשתמש בעיקרון שימור האנרגיה ולא ניתן להשתמש בביטויים בקינמטיקה.

דוגמה: גוף משוחרר ממנוחה מגובה 20m, נסמן את נקודת השחרור ב- A ואת נקודת הפגיעה ב- B. כמתואר באיור הבא:



נקבע את מישור הייחוס בקרקע, נחשב את ערך האנרגיה המכנית הכוללת בנקודה A, מהירות הכדור בנקודה A היא אפס:

$$E_A = E_{K_A} + U_A = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_A^2 + m\cdot g\cdot h_A = \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 0^2 + 2\cdot 10\cdot 20 = 0 + 400 = 400J$$

נחשב את ערך האנרגיה המכנית הכוללת בנקודה B, מביטוי ריבוע המהירויות מהירות הכדור בנקודה B היא $14.14\frac{m}{s}$

$$E_B = E_{K_B} + U_B = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_B^2 + m\cdot g\cdot h_B = \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 14.14^2 + 2\cdot 10\cdot 0 = 200 + 200 = 400J$$

מרגע תחילת תנועת הגוף ועד רגע הפגיעה בקרקע, בכל נקודה בה הגוף חולף האנרגיה המכנית שווה 400 ג'אול.
האנרגיה המכנית נשמרת במקרה שבו רק כוח הכובד עושה עבודה.

עבודת כוחות לא משמרים (Cube-27)	כאשר פועלים על הגוף כוחות לא משמרים, האנרגיה המכנית לא נשמרת. האנרגיה המכנית משתנה. ביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים קובע שהשינוי באנרגיה המכנית של הגוף שווה סכום עבודות הכוחות הלא משמרים.

$$\boxed{W_{\text{כוחות לא משמרים}} = \Delta E}$$

1. יש להבחין בין משפט העבודה אנרגיה $W = \Delta E_K$ לביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים.
משפט העבודה אנרגיה עוסק בעבודות המבוצעות על הגוף (כל סוגי העבודות) ובשינוי באנרגיה הקינטית.
ביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים עוסק רק בעבודות הלא משמרים המבוצעים על הגוף ובשינוי באנרגיה המכנית הכוללת.

2. במשפט העבודה אנרגיה ניתן להשתמש בכל מקרה ובכל סוג כוח (בדומה לחוק השני של ניוטון). לעומת זאת בביטוי עבודות הכוחות הלא משמרים יש להשתמש רק במקרה שכוחות לא משמרים עושים עבודה.

3. מביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים ניתן לראות שבמקרה שבו לא מבוצעת עבודה של כוח לא משמר אין שינוי באנרגיה המכנית. במילים אחרות, במקרה שלא מבוצעת עבודה של כוח לא משמר האנרגיה המכנית נשמרת. (זה הוא עיקרון שימור האנרגיה המכנית).

4. בשאלות בהן האנרגיה המכנית משתנה, פעמים רבות מהלך הפתרון מבוסס על "חישובי מכולת", יש לחשב את האנרגיה ההתחלתית, את השינוי באנרגיה ובהתאם את האנרגיה הסופית.

דוגמה: גוף שמסתו 4 ק"ג נע על משטח אופקי, בתנועתו חולף הקף בקטע AB לא חלק, כמתואר באיור הבא:

נתון שעבודת כוח החיכוך בקטע AB שווה -20J , מהירות הגוף לפני כניסתו לקטע AB שווה 30 מטר לשנייה.
נחשב בעזרת ביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים את מהירות הגוף ביציאתו מהקטע AB:

$$W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E = E_B - E_A = E_{K_B} + U_B - (E_{K_A} + U_A) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_B^2 - \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_A^2$$

$$V_B = \sqrt{\frac{2\cdot W}{m} + V_A^2} = \sqrt{\frac{2\cdot(-20)}{4} + 30^2} = \sqrt{900-10} = \sqrt{890} = 29.83\frac{m}{s}$$

בשיקולי אנרגיה יש שני תרחישים אפשריים בלבד, או שהאנרגיה המכנית נשמרת או שהיא לא נשמרת.
אם רק כוחות משמרים מבצעים עבודה - האנרגיה המכנית נשמרת, ויש להשתמש במשוואת שימור האנרגיה.
אם כוחות לא משמרים מבצעים עבודה - האנרגיה המכנית לא נשמרת, ויש להשתמש בביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים.

חוק הוק
(Cube-28)

החוק מתאר את הקשר שבין הכוח F הפועל על הקפיץ, השינוי באורך הקפיץ ΔL (ביחס למצב הרפוי) וקבוע הקפיץ K.

$$\boxed{F = k \cdot \Delta L}$$

לכל קפיץ יש קבוע קפיץ K אופייני. קבוע הקפיץ מתאר את גודל הכוח שיש להפעיל על הקפיץ כדי למתוח אותו במטר.
יחידות קבוע הקפיץ הן ניוטון למטר.

1. מהחוק השלישי של ניוטון הכוח הפועל על הקפיץ שווה לכוח שהקפיץ מפעיל.
2. חוק הוק עוסק בגודל הכוח שהקפיץ מפעיל לא ניתן ללמוד מביטוי חוק הוק על כיוון הכוח שהקפיץ מפעיל.
3. אין הבדל בחוק הוק בין קפיץ מוארך לקפיץ מכווץ.

דוגמה: נתון קפיץ שקבוע הקפיץ שלו הוא 20 ניוטון למטר, על הקפיץ פועל כוח הגורם לקפיץ להתארך ב- 5 מטרים.
נחשב את גודל הכוח הפועל על הקפיץ:

$$F = K \cdot \Delta L = 20 \cdot 5 = 100N$$

ניתן להשתמש בחוק הוק בכל פעולת כוח של קפיץ.

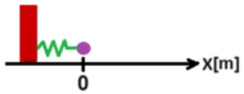
הכוח המחזיר
(Cube-28)

כוח מחזיר הוא תיאור של הכוח שהקפיץ מפעיל כתלות במיקום הגוף.
הכוח המחזיר מתואר ביחס לציר תנועה שראשיתו בנקודה בה הקפיץ רפוי, ביטוי הכוח המחזיר הוא:

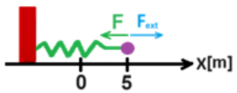
$$\boxed{F = -k \cdot x}$$

1. כוח הקפיץ פועל תמיד לכיוון הנקודה בה הגוף נמצא כאשר הקפיץ רפוי, לכן הוא נקרא כוח מחזיר.
2. כאשר הכוח פועל בכיוון הציר הכוח הוא חיובי, וכאשר הכוח פועל בכיוון הנגדי לציר הכוח הוא שלילי.
3. סימן המיקום הפוך לסימן הכוח, לכן בביטוי הכוח המחזיר מופיע הסימן מינוס.

דוגמה: נתון קפיץ שקבוע הקפיץ שלו הוא 20 ניוטון למטר, הקפיץ מחובר בקצהו האחד לקיר ובקצהו השני לכדור, מיקום הכדור מתואר ביחס לציר תנועה שראשיתו בנקודה בה הקפיץ רפוי, כפי שניתן לראות באיור הבא:



כוח חיצוני פועל על הכדור ימינה, הכוח מסיט את הכדור ממיקום X=0m למיקום X=5m, כפי שניתן לראות באיור הבא:



נחשב את כוח הקפיץ הפועל על הגוף כאשר הגוף נמצא במיקום x=5m בעזרת ביטוי הכוח המחזיר:

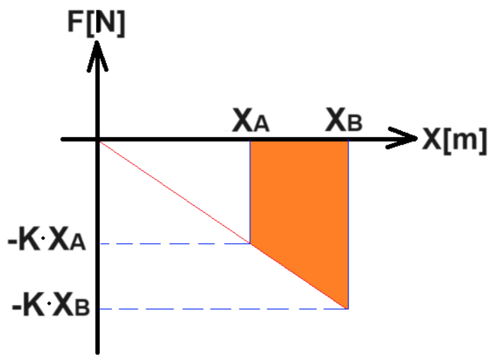
$$F = -K \cdot X = -20 \cdot 5 = -100N$$

עבודת כוח הקפיץ
(Cube-28)

כאשר קפיץ מפעיל כוח על גוף לאורך העתק, כוח הקפיץ משתנה בגודלו. כדי לחשב את עבודת הקפיץ בהנעת גוף מנקודה B לנקודה A יש להשתמש בביטוי הבא:

$$W_{B\rightarrow A}=\frac{k\cdot x_B^{\ 2}}{2}-\frac{k\cdot x_A^{\ 2}}{2}$$

ניתן לקבל את הביטוי מגרף של כוח הפועל על הקפיץ כתלות במיקום הגוף. השטח התחום שווה לעבודת הקפיץ.



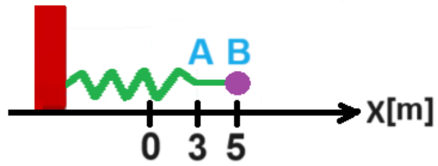
$$W=\frac{(K\cdot X_A+K\cdot X_B)\cdot(X_B-X_A)}{2}$$

$$W=\frac{(K\cdot X_A\cdot X_B-K\cdot X_A^{\ 2}+K\cdot X_B^{\ 2}-K\cdot X_A\cdot X_B)}{2}$$

$$W=\frac{(\cancel{K\cdot X_A\cdot X_B}-K\cdot X_A^{\ 2}+K\cdot X_B^{\ 2}-\cancel{K\cdot X_A\cdot X_B})}{2}$$

$$W=\frac{K\cdot X_B^{\ 2}}{2}-\frac{K\cdot X_A^{\ 2}}{2}$$

דוגמה: נתון כדור המחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ שגודלו 20 ניוטון למטר, הכדור משוחרר ממנוחה מהנקודה B הנמצאת במיקום x=5m כוח הקפיץ מניע את הכדור לנקודה A הנמצאת במיקום x=3m, כמתואר באיור הבא:



נחשב את עבודת כוח הקפיץ:

$$W_{B\rightarrow A}=\frac{K\cdot X_B^{\ 2}}{2}-\frac{K\cdot X_A^{\ 2}}{2}=\frac{20\cdot 5^2}{2}-\frac{20\cdot 3^2}{2}=250-90=160J$$

ניתן להשתמש בביטוי עבודת כוח הקפיץ רק כאשר ראשית ציר המקום נמצא בנקודה בה הקפיץ רפוי.

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית **(Cube-28)**	לקפיץ מכווץ (או מוארך) יש יכולת ביצוע עבודה, לכן יש לו אנרגיה.

כוח הקפיץ הוא כוח משמר, עבודתו לא תלויה במסלול תנועת הגוף, לכן לכוח הקפיץ מוגדרת אנרגיה פוטנציאלית אלסטית.
ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית אלסטית האגורה בקפיץ כתלות בכיווצו (או התארכותו) הוא:

$$\boxed{U_{SP} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \Delta L^2}$$

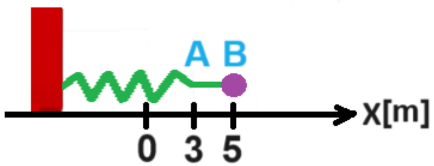
ניתן לפתח את ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית מביטוי עבודת כוח הקפיץ ומהקשר שבין עבודת כוח הקפיץ לשינוי באנרגיה הפוטנציאלית.

1. היחידות של האנרגיה הפוטנציאלית אלסטית הן ג'אול.
2. ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית אלסטית האגורה בקפיץ ביחס לציר שראשיתו בנקודה בה הגוף נמצא כשהקפיץ רפוי הוא:

$$U_{SP} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X^2$$

3. ניתן השתמש בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית אלסטית במשוואת שימור אנרגיה.
4. האנרגיה הפוטנציאלית אלסטית מתוארת כתכונה של הקפיץ.

דוגמה: נתון כדור המחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ שגודלו 20 ניוטון למטר, הכדור משוחרר ממנוחה מהנקודה B הנמצאת במיקום x=5m כוח הקפיץ מניע את הכדור לנקודה A הנמצאת במיקום x=3m, כמתואר באיור הבא:



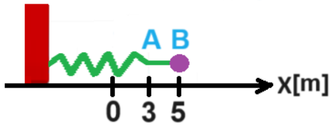
נחשב את האנרגיה הפוטנציאלית אלסטית של הקפיץ כאשר הכדור נמצא בנקודות B ו- A:

נחשב את עבודת כוח הקפיץ הפועל על הגוף בתנועתו מהנקודה B לנקודה A:

$$W = -\Delta U = -(U_A - U_B) = U_B - U_A$$

$$W = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X_B^2 - \frac{1}{2} \cdot K \cdot X_A^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 5^2 - \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 3^2 = 250 - 90 = 160J$$

ניתן להשתמש בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית לכל קפיץ מכווץ או מואורך.

שימור אנרגיה מכנית **(Cube-28)**	במקרה מיוחד שבו רק כוח הקפיץ מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת . הצורה הכללית של משוואת שימור האנרגיה המכנית של גוף החולף בנקודה A ובנקודה B היא: $$\boxed{E_{KA}+U_{SPA}=E_{KB}+U_{SPB}}$$ ניתן לקבל את משוואת שימור האנרגיה ממשפט עבודה אנרגיה, עבודת כוח הקפיץ מבוטאת כמינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית אלסטית. 1. לפני שימוש במשוואת שימור האנרגיה יש לציין שרק הכוח האלסטי עושה עבודה, לכן האנרגיה המכנית נשמרת. 2. כאשר רק כוח הכובד וכוח הקפיץ מבצעים עבודה ואין כוח אחר המבצע עבודה , האנרגיה המכנית נשמרת, ומתקיים: $$E_{KA}+U_{SPA}+U_{GA}=E_{KB}+U_{SPB}+U_{GB}$$ דוגמה: נתון כדור שמסתו 5 ק"ג המחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ שגודלו 20 ניוטון למטר, הכדור משוחרר ממנוחה מהנקודה B הנמצאת במיקום x=5m כוח הקפיץ מניע את הכדור לנקודה A הנמצאת במיקום x=3m, כמתואר באיור הבא:  נחשב את מהירות הכדור בנקודה A בעזרת משוואת שימור האנרגיה המכנית: $$E_{K_B}+U_B=E_{K_A}+U_A$$ $$\cancel{\frac{1}{2}\cdot m\cdot V_B^2}+\cancel{\frac{1}{2}}\cdot K\cdot X_B^2=\cancel{\frac{1}{2}}\cdot m\cdot V_A^2+\cancel{\frac{1}{2}}\cdot K\cdot X_A^2$$ $$m\cdot V_A^2=K\cdot X_B^2-K\cdot X_A^2$$ $$V_A=\sqrt{\frac{K\cdot X_B^2-K\cdot X_A^2}{m}}=\sqrt{\frac{20\cdot 5^2-20\cdot 3^2}{5}}=\sqrt{\frac{320}{5}}=\sqrt{64}=8\frac{m}{s}$$ בתנועת הגוף האנרגיה של הגוף משתנה מקינטית לפוטנציאלית , סכום שתי האנרגיות הוא קבוע כל זמן התנועה. ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה רק אם הכוחות המבצעים עבודה הם כוחות משמרים.

פרקטיקות 1- משפט עבודה אנרגיה

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

1. משפט עבודה אנרגיה עוסק בקשר של סיבה ותוצאה. מכיוון שמבוצעת עבודה על הגוף, האנרגיה הקינטית של הגוף משתנה.
2. בכל פעולת כוח מעורבים שני גופים. משפט עבודה אנרגיה עוסק בכוח הפועל על גוף מסוים ובשינוי האנרגיה של אותו גוף. לכן, בכתיבת משפט עבודה אנרגיה חשוב לא להתבלבל בין הגופים.
3. עבודה היא סקלר שיכול להיות שלילי לעומת זאת האנרגיה הקינטית לא יכולה להיות שלילית. השינוי באנרגיה הקינטית יכול להיות שלילי. כאשר העבודה המבוצעת על הגוף היא שלילית בהתאם למשפט עבודה אנרגיה השינוי באנרגיה הקינטית הוא שלילי.
4. בכל נושא האנרגיה אנחנו לא משתמשים בוקטורים כיוון שהעבודה והאנרגיה הם גדלים סקלריים.

נושאי התרגול:

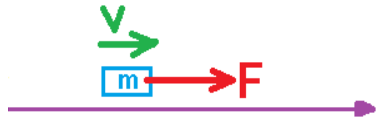
1- עבודת כוח בודד.

2- עבודת מספר כוחות.

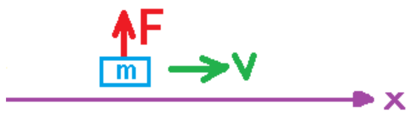
3- משפט עבודה אנרגיה – במקרים של עבודת כוח בודד.

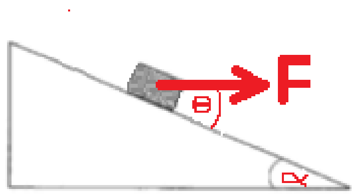
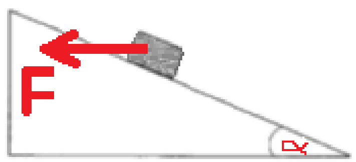
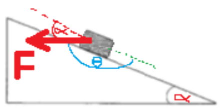
4- משפט עבודה אנרגיה – במקרים בהם מספר כוחות מבצעים עבודה.

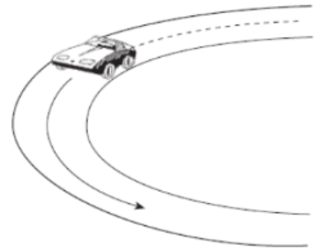
1- עבודת כוח בודד :

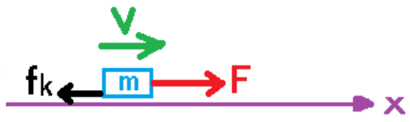
תיאור התנועה	ביטוי/ערך נדרש	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1- גוף שמסתו 20 ק"ג נע ימינה על משטח לא חלק, במהירות 5 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. על הגוף פועל כוח קבוע ימינה, גודלו 30 ניוטון והוא פועל לאורך העתק שגודלו 40 מטר. 	עבודת הכוח F $W_F = ?$ **הנחיה:** במקרה זה הכוח פועל בכיוון התנועה. ערך הזווית θ הוא אפס מעלות.	הגדרת העבודה: $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W = 1200N \cdot m$	1. העבודה מוגדרת לפי מכפלה סקלרית בין שני וקטורים, וקטור ההעתק ו-וקטור הכוח, לכן העבודה היא גודל סקלרי, אין לעבודה כיוון. 2. הזווית, θ, היא הזווית שבין כיוון וקטור הכוח לכיוון וקטור ההעתק. 3. סימן העבודה תלוי בכיוון הכוח ביחס לכיוון התנועה (בערך הזווית θ). סימן העבודה לא תלוי בכיוון הציר. 4. בנוסף לעבודת הכוח F קיימת עבודה נוספת של כוח החיכוך. השאלה עוסקת רק בעבודת הכוח F.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9596
1.2- גוף שמסתו 2,000 ק"ג נע ימינה על משטח לא חלק, במהירות 5,000 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. על הגוף פועל כוח קבוע ימינה, גודלו 30 ניוטון והוא פועל לאורך העתק שגודלו 40 מטר.	עבודת הכוח F $W_F = ?$ **הנחיה:** במקרה זה הכוח פועל בכיוון התנועה. ערך הזווית θ הוא אפס מעלות.	הגדרת העבודה: $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W = 1200N \cdot m$	העבודה מתארת את פעולת הכוח, פעולת הכוח לא תלויה במסת הגוף או במהירותו . מהירות הגוף תלויה בפעולת הכוח אך פעולת הכוח לא תלויה במהירות הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9597

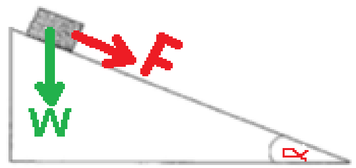
1.3- גוף נע ימינה בתנועה מואצת על משטח חלק. **תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי שמאלה.** **על הגוף פועל כוח קבוע ימינה, גודלו 30 ניוטון והוא פועל לאורך העתק שגודלו 40 מטר.** 	**עבודת הכוח F** $W_F = ?$ **הנחיה:** **במקרה זה הכוח פועל בכיוון התנועה.** **ערך הזווית θ הוא אפס מעלות.**	**הגדרת העבודה:** $W = \|\overrightarrow{F}\| \cdot \|\overrightarrow{\Delta X}\| \cdot \cos(\theta)$	$W = 1200N \cdot m$	בשונה מהמקרים הקודמים, במקרה זה הגוף נע בתנועה מואצת, אך עובדה זו לא משפיעה על עבודת הכוח F. העבודה תלויה רק בגודל הכוח הפועל על הגוף, בהעתק התנועה ובזווית θ, ולא בסוג התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9598
1.4- גוף נע ימינה בתנועה מואצת על משטח חלק. **תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי שמאלה.** **על הגוף פועל כוח קבוע שמאלה, גודלו 30 ניוטון והוא פועל לאורך העתק שגודלו 40 מטר.** 	**עבודת הכוח F** $W_F = ?$ **הנחיה:** **במקרה זה הכוח פועל בכיוון נגדי לתנועה.** **ערך הזווית θ הוא 180 מעלות.**	**הגדרת העבודה:** $W = \|\overrightarrow{F}\| \cdot \|\overrightarrow{\Delta X}\| \cdot \cos(\theta)$	$W = -1200N \cdot m$	מהגדרת העבודה, העבודה היא גודל סקלרי היכול להיות חיובי או שלילי. כאשר הכוח פועל בכיוון התנועה: $\theta = 0^\circ$, עבודת הכוח היא חיובית. כאשר הכוח פועל בכיוון נגדי לתנועה: $\theta = 180^\circ$, עבודת הכוח היא שלילית. עבודה חיובית היא עבודה ה"מעצימה" את התנועה. עבודה שלילית היא עבודה ה"מפריעה" לתנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9599

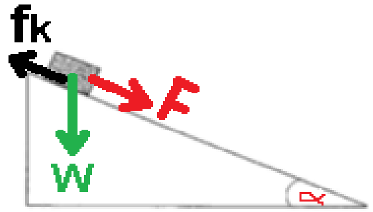
1.5- על הגוף פועל כוח קבוע בניצב לתנועה, גודלו 30 ניוטון, והוא פועל לאורך העתק שגודלו 40 מטר. **תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה.** 	**עבודת הכוח F** $W_F=?$ **הנחיה:** **במקרה זה הכוח פועל בכיוון ניצב לתנועה.** **ערך הזווית θ הוא 90 מעלות.**	**הגדרת העבודה:** $W=\lvert\vec{F}\rvert\cdot\lvert\vec{\Delta X}\rvert\cdot\cos(\theta)$	$W=0N\cdot m$	1.מהגדרת העבודה, כוח הפועל בניצב לתנועה לא מבצע עבודה. לכוח הפועל בניצב לתנועה אין רכיב בכיוון התנועה, ואין רכיב בכיוון נגדי לתנועה. הוא לא משפיע על תנועת הגוף ולא מקטין את מהירות התנועה, לכן הוא לא עושה עבודה. 2. כאשר גוף נע על משטח לא חלק ופועל כוח F בניצב לתנועה, הכוח F מקטין את כוח הנורמל, ובהתאם מקטין את כוח החיכוך הקינטי. אך גם במקרה כזה, למרות שעבודת הכוח F משפיעה בצורה עקיפה על תנועת הגוף, מהגדרת העבודה הכוח F לא מבצע עבודה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9600
1.6- על הגוף פועל כוח קבוע בזווית 60 מעלות מעל האופק. גודלו של הכוח 30 ניוטון, והוא פועל לאורך העתק של 40 מטר. 	**עבודת הכוח F** $W_F=?$ **הנחיה:** **במקרה זה הכוח פועל בכיוון ניצב לתנועה.** **ערך הזווית θ הוא 90 מעלות.**	**הגדרת העבודה:** $W=\lvert\vec{F}\rvert\cdot\lvert\vec{\Delta X}\rvert\cdot\cos(\theta)$	$W=600N\cdot m$	ניתן לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח F, ולקבוע שרק רכיב הכוח בכיוון האופקי עושה עבודה. $W=\lvert\vec{F}\rvert\cdot\lvert\vec{\Delta X}\rvert\cdot\cos(60)$ $W=\lvert\vec{F}\rvert\cdot\cos(60)\cdot\lvert\vec{\Delta X}\rvert$ $W_X=\lvert\vec{F}\rvert_x\cdot\lvert\vec{\Delta X}\rvert\cdot\cos(0)$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9601

1.7- גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α, בהשפעת הכוח F. **זווית נטיית המישור היא $\alpha=60^{\circ}$.** **הכוח F פועל בכיוון אופקי ימינה.** **גודלו של הכוח 30 ניוטון, והוא נע במורד המישור לאורך העתק של 40 מטר.** 	**עבודת הכוח F** $W_F = ?$ **הנחיה:** **גיאומטרית ניתן לראות שהזווית שבין כיוון הכוח לכיוון התנועה θ שווה לזווית נטיית המישור α.**	**הגדרת העבודה:** $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W = 600N \cdot m$	מקרה זה נראה מעט שונה, ויותר מורכב, אך בחישוב העבודה הוא לא שונה מכל חישוב אחר. על הגוף פועל גם כוח הכובד, אך הסעיף לא עוסק בכוח הכובד, אלא רק בעבודת הכוח F.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9602
1.8- גוף נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α, בהשפעת הכוח F. **זווית נטיית המישור היא $\alpha=60^{\circ}$.** **הכוח F פועל בכיוון אופקי שמאלה.** **גודלו של הכוח 30 ניוטון, והוא נע במורד המישור לאורך העתק של 40 מטר.** 	**עבודת הכוח F** $W_F = ?$ **הנחיה :** **גיאומטרית ניתן לראות שהזווית שבין כיוון הכוח לכיוון התנועה θ שווה ל180 מעלות פחות α.** 	**הגדרת העבודה:** $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W = -600N \cdot m$	בסעיף הקודם עבודת הכוח F מעצימה את התנועה, לכן בסעיף הקודם העבודה היא חיובית. במקרה זה, עבודת הכוח F מקטינה את המהירות, ולכן עבודת הכוח בסעיף זה היא שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9603

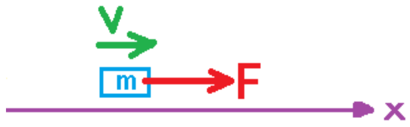
1.9- מכונית נוסעת בכביש מעגלי אופקי, בתנועה מעגלית קצובה. **הכוח הצנטריפטלי הפועל על המכונית הוא חיכוך סטטי, גודלו 30 ניוטון.** 	**עבודת כוח החיכוך הסטטי.** $W_{fs} = ?$ **<u>הנחיה :</u>** **כיוון הכוח הצנטריפטלי הוא אל נקודת מרכז הסיבוב, בניצב לכיוון התנועה.**	**הגדרת העבודה:** $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W = 0N \cdot m$	**במקרה זה הכוח משנה את כיוון התנועה (בשונה מסעיף 1.5)** **בהתאם להגדרת העבודה, כיוון שהכוח פועל בניצב לתנועה הוא לא מבצע עבודה.** **שינוי בכיוון התנועה בלבד לא נחשב לביצוע עבודה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9604

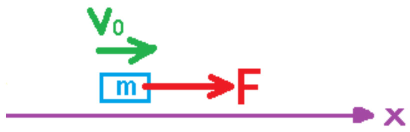
2.1 גוף נע ימינה במהירות קבועה על משטח אופקי. על הגוף פועל כוח חיצוני F ימינה שגודלו 30 ניוטון. הגוף נע לאורך העתק שגודלו 40 מטר. בנוסף לכוח F פועל על הגוף כוח חיכוך קינטי שמאלה שגודלו 30 ניוטון. 	**א.**עבודת הכוח F. $W_F = ?$	הגדרת העבודה: $W = \left\lvert\vec{F}\right\rvert \cdot \left\lvert\vec{\Delta X}\right\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W_F = 1200N \cdot m$	כוח החיכוך הקינטי משפיע על התנועה, אך הוא לא משפיע על עבודת הכוח F.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9605
	ב. עבודת כוח החיכוך הקינטי. $W_{fk} = ?$	הגדרת העבודה: $W = \left\lvert\vec{F}\right\rvert \cdot \left\lvert\vec{\Delta X}\right\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W_{fk} = -1200N \cdot m$	כוח החיכוך הקינטי תמיד פועל בכיוון נגדי לתנועה, לכן הוא תמיד מבצע עבודה שלילית.	
	ג. סכום העבודות המבוצעות על הגוף $\Sigma W = ?$	סכום העבודות: $\Sigma W = W_1 + W_2 + \cdots$	$\Sigma W = 0$	כאשר פועלים על גוף מספר כוחות, בהעתקים זהים, סכום העבודות שווה לעבודת הכוח השקול. $\Sigma W = W_{\Sigma F}$ במקרה זה הכוח השקול שווה לאפס , מהגדרת העבודה, עבודתו שווה לאפס.	

2.2- גוף שמסתו 20 ק"ג נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית α בהשפעת הכוח F. זווית נטיית המישור היא $\alpha=60^{\circ}$. גודלו של הכוח F הוא 30 ניוטון, הגוף נע במורד המישור לאורך העתק של 40 מטר. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף. 	א. עבודת הכוח F $W_F = ?$	הגדרת העבודה: $W = \|\overrightarrow{F}\| \cdot \|\overrightarrow{\Delta X}\| \cdot \cos(\theta)$	$W_F = 1200N \cdot m$	תנועת הגוף מושפעת גם מכוח הכובד, אך כוח הכובד לא משפיע על עבודת הכוח F.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9606
	ב. עבודת כוח הכובד $W_W = ?$	הגדרת העבודה: $W = \|\overrightarrow{F}\| \cdot \|\overrightarrow{\Delta X}\| \cdot \cos(\theta)$	$W_W = 6928.2N \cdot m$	רכיב כוח הכובד WX פועל בכיוון מורד המישור והגוף נע במורד המישור , לכן עבודת כוח הכובד היא חיובית.	
	ג. סכום העבודות המבוצעות על הגוף $\Sigma W = ?$	סכום העבודות: $\Sigma W = W_1 + W_2 + \cdots$	$\Sigma W = 8128.2N \cdot m$	סכום העבודות הוא חיובי, הכוחות F ו- W גורמים להגדלת מהירות הגוף.	

2.3- חוזרים על הסעיף הקודם, הפעם עם מישור נטוי לא חלק. **זווית נטיית המישור היא $\alpha=60^{\circ}$.** **גודלו של הכוח F 30 ניוטון, וגודלו של כוח החיכוך fk 50 ניוטון.** **הגוף נע במורד המישור לאורך העתק של 40 מטר.** **באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף.**  	**א. עבודת הכוח F.** $W_F = ?$	**הגדרת העבודה:** $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W = 1200N \cdot m$	הוספת כוח החיכוך הקינטי לא משנה את עבודת הכוח F.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9607
	ב. עבודת כוח הכובד. $W_W = ?$	**הגדרת העבודה:** $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W_W = 6928.2N \cdot m$	הוספת כוח החיכוך הקינטי לא משנה את עבודת הכוח F.	
	ג.עבודת כוח החיכוך הקינטי. $W_{fk} = ?$	**הגדרת העבודה:** $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$	$W_{fk} = -2000N \cdot m$	גודלו של כוח החיכוך הקינטי נתון בתיאור המקרה. אם כוח החיכוך הקינטי לא היה נתון היה צורך לחשב אותו בעזרת כוח הנורמל ומקדם החיכוך הקינטי.	
	ד. העבודה כוללת המבוצעת על הגוף. $\Sigma W = ?$	**העבודה הכוללת:** $\Sigma W = W_1 + W_2 + \cdots$	$\Sigma W = 6128.2N \cdot m$	עבודתו השלילית של כוח החיכוך הקינטי מקטינה את ערך העבודה הכוללת.	

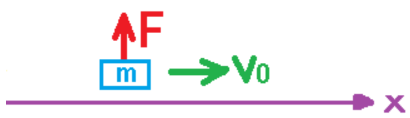
3- משפט עבודה אנרגיה – במקרים של עבודת כוח בודד.

3.1 - גוף שמסתו 20 ק"ג נע ממנוחה ימינה על משטח אופקי חלק, בהשפעת כוח קבוע שגודלו 30 ניוטון וכיוונו ימינה. הגוף נע לאורך העתק של 40 מטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף. 	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V=?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קינמטיקה.	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$ **קינמטיקה** $X=X_0+V_0t+\frac{1}{2}at^2$ $V=V_0+at$ $V^2=V0^2+2a\Delta X$	$V=10.95\frac{m}{s}$	1.כדי לנתח את תנועתו של גוף בעזרת עקרונות הדינמיקה יש להתייחס לכל הכוחות הפועלים על הגוף. בחוק השני של ניוטון יש להשתמש בכוח השקול. 2.במקרה זה פועלים שלושה כוחות: כוח הכובד, כוח הנורמל והכוח F. כוח הנורמל וכוח הכובד מתקזזים, הכוח השקול שווה לכוח F. 3.הכוח השקול פועל בכיוון ציר התנועה, לכן תאוצת הגוף חיובית ומהירותו הולכת וגדלה,	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9608
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V=?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה.	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W=\Delta EK$	$V=10.95\frac{m}{s}$	1.כדי לנתח את תנועתו של גוף בעזרת משפט עבודה-אנרגיה, יש להתייחס לכל הכוחות הפועלים על הגוף. במשפט עבודה-אנרגיה יש להשתמש בסכום העבודות של כל הכוחות הפועלים על הגוף. 2. במקרה זה כוח הנורמל וכוח הכובד פועלים בניצב לתנועה הם לא עושים עבודה, רק הכוח F עושה עבודה. הכוח F פועל בכיוון התנועה הוא מבצע עבודה חיובית, המגדילה את האנרגיה הקינטית של הגוף.	

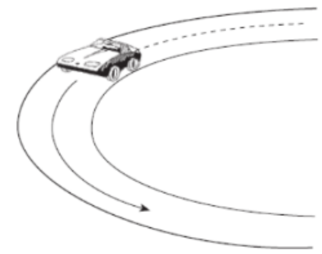
3.2 - גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק ימינה על משטח אופקי חלק. מהירותו התחלתית של הגוף היא 25 מטר לשנייה. על הגוף פועל כוח שגודלו 30 ניוטון הכוח פועל בכיוון ימינה, בכיוון התנועה. הגוף נע ימינה לאורך העתק של 40 מטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף.	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 27.29\frac{m}{s}$	כתוצאה מפעולת הכוח במקרה זה, מהירות הגוף גדלה ב 2.29 מטר לשנייה. לעומת זאת בסעיף הקודם(3.1) פעולת הכוח הגדילה את מהירות הגוף ב10.95 מטר לשנייה, למרות שפעל כוח שקול זהה על אותו גוף ולאורך אותו ההעתק. בשני המקרים התאוצות זהות , אך זמן ההאצה הוא שונה. במקרה זה הגוף נע במהירויות גדולות. הוא עובר את אותם 40 מטרים בזמן קטן יותר. זמן ההאצה קטן יותר, לכן שינוי המהירות הוא קטן יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9611
	**ב.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$	$V = 27.29\frac{m}{s}$	כתוצאה מפעולת הכוח במקרה זה, האנרגיה הקינטית של הגוף גדלה ב 1,200 גאול. גם בסעיף קודם (3.1) האנרגיה הקינטית של הגוף גדלה ב1,200 ג'אול.	

3.3 - גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק ימינה על משטח אופקי חלק. מהירותו התחלתית של הגוף היא 25 מטר לשנייה. על הגוף פועל כוח אופקי שגודלו 30 ניוטון וכיוונו שמאלה. הגוף נע ימינה לאורך העתק של 40 מטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף.	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה	דינמיקה $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ קינמטיקה $x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 22.47\frac{m}{s}$	**1.** הכוח השקול הוא הכוח F. **2.** הכוח F פועל בכיוון נגדי לכיוון ציר התנועה, לכן תאוצת הגוף היא שלילית. מהירות הגוף קטנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9609
	**ב.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	שיקולי אנרגיה משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$ הנחיה: במשפט העבודה, ערך הזווית הוא 180 מעלות.	$V = 22.47\frac{m}{s}$	1.רק הכוח F מבצע עבודה. 2. הכוח F פועל נגד כיוון התנועה, לכן עבודתו שלילית. הוא גורם להקטנת האנרגיה הקינטית של הגוף.	

216

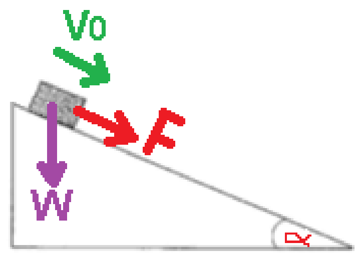
3.4 - גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק ימינה על משטח אופקי חלק. מהירותו התחלתית של הגוף היא 25 מטר לשנייה. על הגוף פועל כוח שגודלו 30 ניוטון בכיוון ניצב לתנועה, כלפי מעלה. הגוף נע ימינה לאורך העתק של 40 מטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף.	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ **השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה**	**<u>דינמיקה</u>** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **<u>קינמטיקה</u>** $x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 25\frac{m}{s}$	לכוח F אין רכיב בכיוון התנועה, הוא לא משפיע על התנועה. בעקבות פעולת הכוח F הגוף פחות מעיק על המשטח. הכוח F גורם להקטנת כוח הנורמל. שקול הכוחות הפועלים על הגוף שווה לאפס. מהחוק הראשון של ניוטון ניתן לקבוע שהגוף מתמיד בתנועתו. מהירות הגוף לא משתנה. היא שווה בכל רגע למהירות הזריקה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9610
	**ב.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ **השתמש במשפט עבודה אנרגיה**	**<u>שיקולי אנרגיה</u>** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$ **<u>הנחיה:</u> במשפט העבודה , ערך הזווית הוא 90 מעלות.**	$V = 25\frac{m}{s}$	הכוח F פועל בניצב לתנועה, נהגדרת העבודה הוא לא מבצע עבודה. גם כוח הכובד וכוח הנורמל פועלים בניצב לתנועה גם הם לא מבצעים עבודה. מכיוון שלא מבוצעת עבודה על הגוף, האנרגיה הקינטית שלו לא משתנה. גודל מהירות הגוף לא משתנה.	

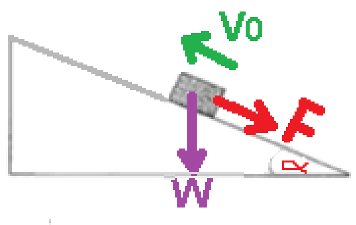
3.5 - גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק ימינה על משטח אופקי חלק. מהירותו התחלתית של הגוף היא 25 מטר לשנייה. על הגוף פועל כוח שגודלו 30 ניוטון הכוח פועל בכיוון 60 מעלות מעל האופק. הגוף נע ימינה לאורך העתק של 40 מטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף.	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ **השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה** __הנחיה:__ יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח F.	__דינמיקה__ $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ __קינמטיקה__ $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 26.17\frac{m}{s}$	במקרה זה הכוח השקול שווה לרכיב הכוח F הפועל בכיוון התנועה. הכוח השקול במקרה זה קטן יותר מהכוח השקול בסעיף 1.3. מהחוק השני של ניוטון תאוצת הגוף תהיה קטנה יותר. לכן, גודל שינוי המהירות במקרה זה הוא קטן יחסית לגודל שינוי המהירות בסעיף 1.3.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9612
	**ב.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ **השתמש במשפט עבודה אנרגיה**	__שיקולי אנרגיה__ משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$ __הנחיה:__ במשפט העבודה , ערך הזווית הוא 90 מעלות.	$V = 26.17\frac{m}{s}$	מהגדרת העבודה: $W = \|\vec{F}\| \cdot \|\vec{\Delta X}\| \cdot \cos(\theta)$ עבודת הכוח F במקרה זה קטנה פי 2 מעבודת הכוח בסעיף 3.1. ממשפט עבודה אנרגיה, גודל שינוי האנרגיה הקינטית קטן פי 2 מגודל שינוי האנרגיה הקינטית בסעיף 3.1.	

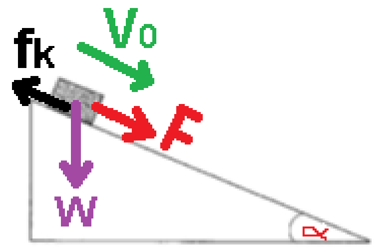
3.6 - מכונית נוסעת בכביש מעגלי אופקי, בתנועה מעגלית קצובה. **הכוח הצנטריפטלי הפועל על המכונית הוא כוח חיכוך סטטי, גודלו 30 ניוטון.** **גודל מהירות המכונית ברגע תחילת תנועתה הוא 25 מטר לשנייה.** **המכונית נעה לאורך קשת שאורכה 40 מטר.** 	**א. מהירות המכונית בסיום תנועתה:** $V = ?$ **השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה**	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $x = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 25\frac{m}{s}$	במקרה זה כוח החיכוך הסטטי פועל בניצב לתנועה, הוא גורם לתאוצה רדיאלית (צנטריפטלית). לא פועל כוח בכיוון משיק למסלול התנועה, לכן לא קיימת תאוצה משיקית. מהירות הגוף משתנה בכיוונה בגלל התאוצה הרדיאלית. המהירות לא משתנה בגודלה מכיוון שאין תאוצה משיקית (שקול הכוחות בכיוון התנועה הוא אפס).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9613
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ **השתמש במשפט עבודה אנרגיה**	**שיקולי אנרגיה** **משפט עבודה אנרגיה:** $\Sigma W = \Delta EK$ **<u>הנחיה:</u> במשפט העבודה , ערך הזווית הוא 90 מעלות.**	$V = 25\frac{m}{s}$	כוח החיכוך הסטטי פועל בניצב לתנועה. מהגדרת העבודה $W = \lvert\vec{F}\rvert \cdot \lvert\vec{\Delta X}\rvert \cdot \cos(\theta)$ מכיוון ש $\theta = 90^\circ$ עבודת כוח החיכוך הסטטי היא אפס. גם כוח הכובד וכוח הנורמל פועלים בניצב לתנועה, לכן הם לא מבצעים עבודה. לא מבוצעת עבודה על הגוף. ממשפט עבודה אנרגיה האנרגיה הקינטית לא משתנה, המהירות לא משתנה.	

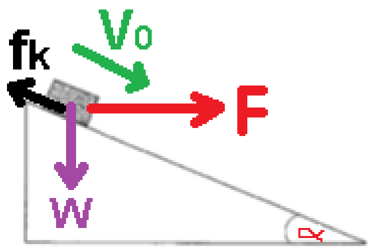
4- משפט עבודה אנרגיה – במקרים בהם פועלים מספר כוחות המבצעים עבודה.

4.1 - גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק ימינה על משטח אופקי לא חלק. מקדם החיכוך הקינטי שווה 0.5. מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 25 מטר לשנייה. על הגוף פועל כוח קבוע שגודלו 30 ניוטון. הכוח פועל בכיוון התנועה, ימינה. הגוף נע ימינה לאורך העתק של 40 מטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי ימינה. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף. 	**א.** גודל כוח החיכוך הקינטי הפועל על הגוף. $f_K = ?$ השתמש בביטוי כוח החיכוך הקינטי.	**דינמיקה** $f_K = \mu_K \cdot N$ $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$	$f_K = 100N$	כוח החיכוך תלוי בכוח הנורמל. כוח הנורמל יכול להשתנות כתוצאה מפעולתם של כוחות אחרים או כתוצאה מתנועתו של הגוף. במקרה זה, אין לכוח F רכיב כיוון ניצב למישור, לכן הוא לא משפיע על כוח הנורמל.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9614
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו. $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה	**קינמטיקה** $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 18.57\frac{m}{s}$	כוח החיכוך הקינטי גדול מהכוח החיצוני F. כיוון הכוח השקול הוא שמאלה, בכיוון ההפוך לכיוון הציר, הכוח השקול הוא שלילי ותאוצת הגוף היא שלילית, לכן מהירות הגוף קטנה.	
	ג. מהירות הגוף בסיום תנועתו. $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta E_K$	$V = 18.57\frac{m}{s}$	1. העבודה המופיעה במשפט העבודה אנרגיה היא של סכום כל הכוחות הפועלים על הגוף. 2.הכוח F עושה עבודה חיובית, וכוח החיכוך עושה עבודה שלילית. סכום העבודות הוא שלילי.	

4.2 - גוף שמסתו 20 ק"ג נע במורד מישור חלק הנטוי בזווית 60 מעלות. בנוסף לכוח הכובד, פועל על הגוף גם הכוח F. בכיוון מורד המישור גודלו 30 ניוטון. הגוף נע ממנוחה, במורד המישור, לאורך העתק של 40 מטר. נתייחס לתנועת הגוף ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף. 	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה הנחיה: יש לבצע הפרדה ישרה זווית לכוח הכובד, לכתוב את משוואות התנועה. ולבטא מהן את תאוצת הגוף.	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V_0^2 + 2a\Delta X$	$V = 28.51 \frac{m}{s}$	1. הגוף נע בתאוצה בכיוון מורד המישור. בכיוון הניצב למישור הגוף מתמיד בתנועתו. 2. רכיב כוח הכובד Wx והכוח F פועלים בכיוון מורד המישור, הם גורמים לתאוצת הגוף במורד המישור. 3. זווית נטיית המישור היא הזווית שבין כוח הכובד W לרכיב כוח הכובד WY.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9615
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$ הנחיה: בחישוב עבודת כוח הכובד ערך הזווית(בין כיוון התנועה לכיוון כוח הכובד) הוא 30 מעלות.	$V = 28.51 \frac{m}{s}$	שני הכוחות מבצעים עבודה חיובית. כדי לחשב את סכום העבודות יש לחשב את עבודת הכוח F בנפרד ואת עבודת כוח הכובד בנפרד ולאחר מכן לחשב את הסכום הסקלרי של העבודות. דרך נוספת היא למצוא את הכוח השקול ולחשב את עבודתו. דרך זו מצריכה ביצוע חיבור וקטורי של הכוחות.	

4.3 - גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק במהירות 35 מטר לשנייה במעלה מישור חלק הנטוי בזווית 60 מעלות. בנוסף לכוח הכובד, פועל על הגוף כוח F בכיוון מורד המישור, גודלו 30 ניוטון. הגוף נע במעלה המישור, לאורך העתק שגודלו 40 מטרים. נתייחס לתנועת הגוף ביחס לציר שכיוונו בכיוון מורד המישור. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף.  	**א.** מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה הנחיה: יש לבצע הפרדה ישרה זווית לכוח הכובד, לכתוב את משוואות התנועה. ולבטא מהן את תאוצת הגוף.	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = \pm 20.3\frac{m}{s}$	1. רכיב כוח הכובד WX והכוח F פועלים בכיוון מורד המישור, בכיוון ציר התנועה, לכן הגוף נע בתאוצה חיובית ומהירותו גדלה. הגוף נע בתחילת התנועה במעלה המישור, הוא נע נגד כיוון הציר, ומהירותו ההתחלתית שלילית. 2. העתק התנועה הוא שלילי. 3. הגוף חולף פעמיים בנקודה הנמצאת במרחק 40 מטרים במעלה המישור. בפעם הראשונה הגוף נע במעלה המישור ומהירותו שלילית, ובפעם השנייה הוא נע באותה מהירות במורד המישור ומהירותו חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9616
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$ __הנחיה:__ בחישוב עבודת כוח הכובד ערך הזווית(בין כיוון התנועה לכיוון כוח הכובד) הוא 150 מעלות.	$V = \pm 20.3\frac{m}{s}$	כאשר הגוף נע במורד המישור הזווית בביטוי העבודה היא 30 מעלות, וכאשר הגוף נע במעלה המישור ערך הזווית בביטוי העבודה הוא 150 מעלות.	

4.4- גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק במורד מישור נטוי לא חלק במהירות 35 מטר לשנייה. זווית נטיית המישור היא 60 מעלות. מקדם החיכוך הקינטי שווה 0.4. הגוף נע לאורך העתק שגודלו 40 מטר. על הגוף פועל כוח קבוע שגודלו 30 ניוטון בכיוון מורד המישור. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי בכיוון מורד המישור. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף. 	**א.** גודל כוח החיכוך הקינטי הפועל על הגוף. $f_K = ?$ השתמש בביטוי כוח החיכוך הקינטי.	**דינמיקה** $f_K = \mu_K \cdot N$ $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$	$f_K = 40N$	גודלו של כוח החיכוך הקינטי תלוי רק בשני גורמים: א. מקדם החיכוך הקינטי. ב. גודלו של הנורמל. במקרה זה הנורמל שווה לרכיב האנכי של כוח הכובד WY. גודלו של WY תלוי בזווית נטיית המישור,לכן החיכוך הקינטי תלוי בזווית נטיית המישור. ככל שזווית נטיית המישור גדולה יותר, כך הגוף פחות מעיק על המישור והחיכוך הקינטי קטן יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9617
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה	**קינמטיקה** $x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$V = 43.33\frac{m}{s}$	מתמטית לאחר פעולת השורש מתקבלות שתי תשובות (חיובית ושלילית) התשובה הנכונה היא החיובית , יש לפסול את התשובה השלילית.	
	ג. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $W = \Delta EK$	$V = 43.33\frac{m}{s}$	במשפט עבודה אנרגיה יש לחשב את סכום העבודות. עבודת כוח החיכוך הקינטי היא שלילית. עבודות כוח הכובד והכוח F הן חיוביות.	

4.5 גוף שמסתו 20 ק"ג נזרק במורד מישור נטוי לא חלק במהירות 35 מטר לשנייה. מקדם החיכוך הקינטי שווה 0.4 . הגוף נע לאורך העתק של 40 מטר. על הגוף פועל כוח קבוע שגודלו 30 ניוטון בכיוון אופקי. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר תנועה שכיוונו החיובי בכיוון מורד המישור. באיור הבא מופיעים חלק מהכוחות הפועלים על הגוף. 	**א.** גודל כוח החיכוך הקינטי הפועל על הגוף. $f_K = ?$ השתמש בביטוי כוח החיכוך הקינטי. הנחיה: יש לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח F. ולכוח W. לכתוב את משוואות התנועה. לבטא מהן את הנורמל. הזווית בין הכוח F למישור היא זווית נטיית המישור	**דינמיקה** $f_K = \mu_K \cdot N$ $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$f_K = 29.6N$	לכוח F יש רכיב בכיוון ניצב למישור (FY). רכיב זה מקטין את הנורמל, לכן כוח החיכוך הקינטי בסעיף זה קטן מכוח החיכוך הקינטי בסעיף 4.4 .	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4252&chapterid=9618
	ב. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש בעקרונות הדינמיקה קנמטיקה		$V = 43.12\frac{m}{s}$	לאחר ביצוע הפרדה ישרת זווית פועלים על הגוף שישה כוחות: **Fk ,N ,Wx ,Wy ,Fx ,Fy** יש לערוך תרשים גדול וברור. מומלץ להשתמש בכלי כתיבה בעלי צבעים שונים.	
	ג. מהירות הגוף בסיום תנועתו: $V = ?$ השתמש במשפט עבודה אנרגיה	**שיקולי אנרגיה** משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta EK$	$V = 43.12\frac{m}{s}$	בשימוש במשפט עבודה אנרגיה אין צורך לבצע הפרדה ישרת זווית לכוח , מספיק לדעת מה היא הזווית שבין הכוח לבין כיוון התנועה.	

פרקטיקות 2- עבודת כוחות לא משמרים

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

1. ביטוי עבודת כוחות לא משמרים עוסק בסכום עבודות הכוחות הלא משמרים.
כדי להשתמש בביטוי עבודת הכוחות הלא משמרים יש להתייחס לכל הכוחות הלא משמרים העושים עבודה.
2. ביטוי עבודת הכוחות המשמרים קובע שסכום עבודות הכוחות הלא משמרים שווה לשינוי באנרגיה המכנית (לא שווה לשינוי באנרגיה הקינטית)
3. אנרגיה פוטנציאלית היא סוג של אנרגיה מכנית, כוחות שעבודתם מתוארת בעזרת אנרגיה פוטנציאלית לא גורמים לשינוי באנרגיה המכנית.
לכוחות לא משמרים אין אנרגיה פוטנציאלית ועבודתם היא <u>לא סוג של אנרגיה מכנית</u>, כאשר פועלים כוחות לא משמרים האנרגיה המכנית משתנה.

דוגמה להמחשה: לילד יש הון בשווי 400 שקלים , ההון מורכב מ- 100 שקלים במזומן ואופניים ששווים 300 שקלים.
אם הילד ירכוש כדור ב- 20 שקלים יישארו לו 80 שקלים במזומן אך סך כל ההון של הילד יהיה עדיין 400 שקלים, אם הוא ימכור את האופניים ב 300 שקלים ההון של הילד לא ישתנה, הוא ישאר 400 שקלים.
אם הילד יקנה לאימו מכספו מתנת יום הולדת בשווי 70 שקלים מה יקרה?
לשמח את אימא זה לא כמו לקנות כדור, זה לא <u>סוג של הון</u> – לכן ההון משתנה. (שווה יותר מכל הון שבעולם 😊)
מידת שינוי ההון תהיה שווה לערך המתנה שרכש. הילד קנה מתנה ב 70 שקלים וההון שלו משתנה ב 70 שקלים, נשאר לו 330 שקלים.
באופן דומה כיוון שעבודת הכוח הלא משמר לא מתוארת כסוג של אנרגיה מכנית, כאשר מבוצעת עבודה של כוחות לא משמרים האנרגיה המכנית משתנה.

נושאי התרגול:

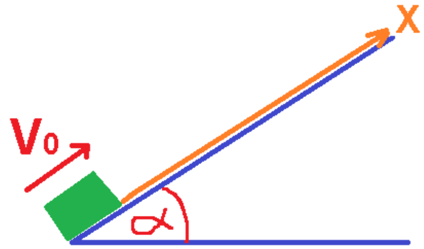
התרגול עוסק בשלושה מקרים בהם האנרגיה המכנית לא נשמרת (בכל אחד מהמקרים יש להשתמש בביטוי עבודת כוחות לא משמרים ובעקרונות נוספים).

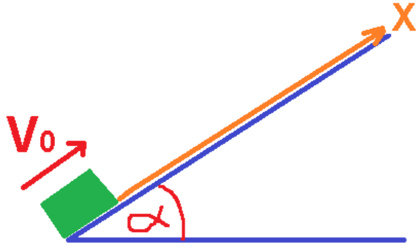
1- גוף נע על משטח אופקי לא חלק בהשפעת כוח החיכוך הקינטי בלבד.

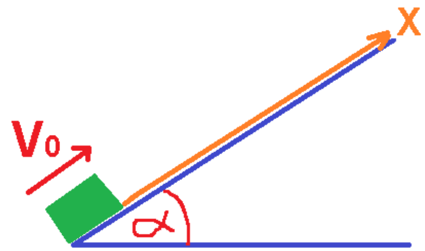
2- גוף נזרק במעלה מישור משופע לא חלק.

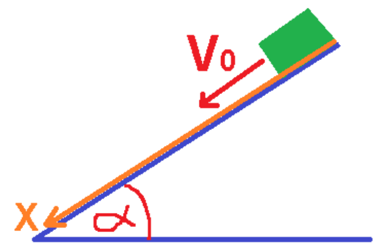
3- גוף נזרק במורד מישור משופע לא חלק.

תיאור התנועה	ביטוי\ערך נדרש	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1. גוף שמסתו 5 ק"ג נע על משטח אופקי לא חלק. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף למשטח שווה 0.8 . המהירות ההתחלתית של הגוף היא 20 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר שכיוונו ימינה.  **א.** העתק תנועת הגוף עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש בעקרונות הקינמטיקה דינמיקה.		**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$\Delta X = 25m$	1.העתק התנועה הוא חיובי מכיוון שהגוף נע בכיוון הציר. 2. למסת הגוף אין השפעה על העתק התנועה. 3. הכוח השקול שווה לכוח החיכוך הקינטי. כיוון הכוח השקול נגדי לכיוון הציר, לכן תאוצת הגוף היא שלילית. 4.אם נבחר ציר תנועה שכיוונו ככיוון כוח החיכוך הקינטי, נגדי לכיוון התנועה (מבלי לשנות את תנועת הגוף ואת הכוחות הפועלים עליו) תאוצת הגוף תהיה חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4254
ב. העתק תנועת הגוף עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש משפט עבודה אנרגיה		משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta E_K$	$\Delta X = 25m$	כוח הכובד וכוח הנורמל פועלים בניצב לתנועה, לכן הם לא מבצעים עבודה. סכום העבודות במקרה זה שווה רק לעבודת כוח החיכוך הקינטי.	
ג. העתק תנועת הגוף עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש ביטוי עבודת כוח לא משמר		ביטוי עבודת כוחות לא משמרים: $W = \Delta E$ כוחות לא משמרים = אנרגיה מכנית כוללת	$\Delta X = 25m$	הגובה של הגוף לא משתנה, השינוי באנרגיה המכנית הוא רק השינוי באנרגיה הקינטית. עבודת הכוחות הלא משמרים במקרה זה היא רק עבודת כוח החיכוך הקינטי. לכן, מביטוי זה תתקבל משוואה הזהה למשוואה המתקבלת ממשפט עבודה אנרגיה.	

2. גוף שמסתו 5 ק"ג נזרק במעלה משטח נטוי לא חלק. זווית נטיית המישור היא 30 מעלות. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף למשטח שווה 0.8 . מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 20 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר שכיוון החיובי הוא בכיוון מעלה המישור.  **א.** חשב את העתק תנועת הגוף, עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש בעקרונות הקינמטיקה דינמיקה. הנחיה: יש להתייחס לתנועת הגוף מרגע הזריקה ועד רגע העצירה.	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$\Delta X = 16.76m$	1. במקרה זה, בנוסף לכוח החיכוך הפועל בכיוון מורד המישור, פועל גם רכיב של כוח הכובד WX בכיוון מורד המישור(הפוך לכיוון הציר). הגוף נע בתאוצה שלילית יותר מהתאוצה בסעיף הקודם, לכן העתק התנועה במקרה זה קטן מהעתק התנועה במקרה הקודם. 2. הכוחות הפועלים על הגוף לא משתנים (מרגע תחילת התנועה ועד רגע העצירה). לכן, מהחוק השני של ניוטון ניתן לקבוע שהגוף נע בתאוצה קבועה. 3.אנחנו משתמשים בקינמטיקה כדי לנתח תנועה במהירות קבועה או תנועה בתאוצה קבועה בלבד! השימוש בשיקולי אנרגיה הוא פחות אינטואיטיבי, אך הוא מאפשר לנו לנתח גם תנועה בתאוצה משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4254&chapterid=9643
ב. חשב את העתק תנועת הגוף, עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש משפט עבודה אנרגיה	משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta E_K$	$\Delta X = 16.76m$	במקרה זה גם רכיב כוח הכובד מבצע עבודה שלילית (בנוסף לעבודתו השלילית של כוח החיכוך הקינטי). העתק התנועה קטן יותר מהעתק במקרה הקודם.	
ג. חשב את העתק תנועת הגוף, עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש ביטוי עבודה כוח לא משמר. הנחיה: בביטוי זה יש להשתמש באנרגיה הפוטנציאלית, לכן יש לבטא גיאומטרית את גובה הגוף כתלות בהעתק התנועה.	ביטוי עבודה כוחות לא משמרים: $\underbrace{W}_{\text{כוחות לא משמרים}} = \underbrace{\Delta E}_{\text{אנרגיה מכנית כוללת}}$	$\Delta X = 16.76m$	הכוח הלא משמר היחיד העושה עבודה הוא כוח החיכוך הקינטי. כוח החיכוך הוא נגדי לתנועה ערך הזווית בביטוי עבודת כוח החיכוך הוא 180 מעלות.	

3. גוף שמסתו 5 ק"ג נזרק במעלה משטח נטוי לא חלק. זווית נטיית המישור היא 30 מעלות. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף למשטח שווה 0.8 . מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 20 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר שכיוונו החיובי הוא בכיוון מעלה המישור.  **א.** חשב את הגובה אליו מגיע הגוף ברגע העצירה. $h' = ?$ השתמש בעקרונות הקינמטיקה דינמיקה. <u>הנחיה</u>: בהתאם להעתק התנועה עד לעצירה, ניתן לחשב גיאומטרית את גובה הגוף ברגע העצירה	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$h' = 8.38m$	אין בקינמטיקה התייחסות לגובה הגוף. בקינמטיקה, אין הבחנה בין גוף הנע בתאוצה קבועה לאורך מסלול אופקי ישר לבין גוף הנע לאורך מסלול נטוי. כדי להשתמש בקינמטיקה למציאת גובה הגוף ברגע העצירה, יש להיעזר בגיאומטריה. בדרך כלל כאשר נדרש למצוא גודל פיזיקלי מסוים שהעקרונות הפיזיקליים הרלוונטיים לא מתייחסים אליו, יש להשתמש בגיאומטריה כדי לקשר בין הגודל הדרוש לעקרונות הפיזיקליים הרלוונטיים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4254&chapterid=9644
ב. חשב את הגובה אליו מגיע הגוף ברגע העצירה . $h' = ?$ השתמש משפט עבודה אנרגיה	משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta E_K$	$h' = 8.38m$	גם במשפט עבודה אנרגיה אין התייחסות לגובה הגוף. לאחר חישוב ההעתק יש למצוא את הגובה באופן גיאומטרי.	
ג. חשב את הגובה אליו מגיע הגוף ברגע העצירה . $h' = ?$ השתמש ביטוי עבודת כוח לא משמר.	ביטוי עבודת כוחות לא משמרים: $\underset{\text{כוחות לא משמרים}}{W} = \underset{\text{אנרגיה מכנית כוללת}}{\Delta E}$	$h' = 8.38m$	ביטוי עבודות הכוחות הלא משמרים מכיל את האנרגיה הפוטנציאלית כובדית התלויה בגובה הגוף. ניתן לחשב מביטוי זה ישירות את גובה הגוף ברגע העצירה, ללא עזרה גיאומטרית.	

המשך שאלה 3  ד. חשב את כמות האנרגיה המכנית שהלכה לאיבוד במהלך תנועת הגוף(מנקודת הזריקה ועד לנקודת העצירה) $\Delta E = ?$ הנחיה: כמות האנרגיה המכנית שהלכה לאיבוד במהלך התנועה, שווה להפרש שבין האנרגיה המכנית שהייתה לגוף בסוף תנועתו, לאנרגיה המכנית שהייתה לגוף בתחילת תנועתו.	ביטוי אנרגיה שהלכה לאיבוד: $\underbrace{\Delta E}_{\text{אנרגיה מכנית כוללת}}$ = כמות אנרגיה שהלכה לאיבוד	$\Delta E = -580.58J$	1.לא קיימת נוסחה לחישוב כמות אנרגיה שהלכה לאיבוד. כדי לחשב את כמות האנרגיה שאבדה יש לבצע "חישוב מכולת" לחשב את ההפרש בין האנרגיה המכנית שנשארה בסיום התנועה(רק אנרגיה פוטנציאלית כובדית) לאנרגיה שהייתה בתחילת התנועה(רק אנרגיה קינטית). הפרש זה שווה לכמות האנרגיה שהלכה לאיבוד. 2. מתקבלת תשובה שלילית מכיוון שערך האנרגיה הסופי קטן יותר מערך האנרגיה ההתחלתי. כאשר אנרגיה מכנית הולכת לאיבוד השינוי באנרגיה המכנית הוא שלילי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4254&chapterid=9644
ה- חשב את כמות החום הנוצר בין הגוף למשטח במהלך תנועת הגוף. $\Delta E = ?$	ניתן להניח שכל האנרגיה המכנית שהלכה לאיבוד מומרת לחום.	$\Delta E = -580.58J$	במציאות, חלק קטן מהאנרגיה המכנית מומר לצורות נוספות של אנרגיה (מלבד חום), לדוגמה אנרגיית גלי הקול הנוצרת מתנועת הגוף במורד המישור. בקירוב, מקובל לומר שכל האנרגיה המכנית ההולכת לאיבוד מומרת לחום.	
ו- חשב את עבודת כוח החיכוך הקינטי. $\Delta E = ?$	ביטוי עבודת כוח החיכוך הקינטי: $W_{fk} = \|\Delta X\| \cdot \|fk\| \cdot \cos(\alpha)$	$W_{fk} = -580.58J$	כוח החיכוך הוא הסיבה לאיבוד אנרגיה מכנית, לכן גודלו כגודל השינוי באנרגיה המכנית. זה ההיגיון העומד אחרי ביטוי עבודת כוח לא משמר.	

4. גוף שמסתו 5 ק"ג נזרק במורד משטח נטוי לא חלק. זווית נטיית המישור היא 30 מעלות. מקדם החיכוך הקינטי בין הגוף למשטח שווה 0.8 . מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 20 מטר לשנייה. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר שכיוון החיובי הוא במורד המישור. (נניח שהמישור הוא ארוך מאוד)  **א.** חשב את העתק תנועת הגוף עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש בעקרונות הקינמטיקה דינמיקה. הנחיה: יש להתייחס לתנועת הגוף מרגע הזריקה ועד רגע העצירה. מקדם החיכוך הקינטי שווה ל 0.8	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ **קינמטיקה** הפונקציות הקינמטיות: $X = X_0 + V_0t + \frac{1}{2}at^2$ $V = V_0 + at$ $V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$	$\Delta X = 103.72m$	1. במקרה זה רכיב כוח הכובד פועל בכיוון התנועה, התאוצה פחות שלילית מהתאוצה בסעיף הקודם, לכן העתק התנועה יותר גדול. 2. במקרה זה, בהתאם לערך הזווית ולערך מקדם החיכוך הקינטי הגוף יכול לנוע במהירות הולכת וגדלה(תאוצה חיובית) או במהירות הולכת וקטנה(תאוצה שלילית) או במהירות קבועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4254&chapterid=9645
ב. חשב את העתק תנועת הגוף לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש משפט עבודה אנרגיה	משפט עבודה אנרגיה: $\Sigma W = \Delta E_K$	$\Delta X = 103.72m$	עבודת רכיב כוח הכובד Wx היא חיובית, היא ממתנת את עבודת כוח החיכוך השלילית, לכן העתק התנועה עד לעצירה הוא גדול יחסית למקרה בסעיף הקודם.	
ג. חשב את העתק תנועת הגוף עד לעצירה. $\Delta X = ?$ השתמש בביטוי עבודת כוח לא משמר. הנחיה: בביטוי זה יש להשתמש באנרגיה הפוטנציאלית, לכן יש לבטא גיאומטרית את גובה הגוף כתלות בהעתק התנועה.	ביטוי עבודת כוחות לא משמרים: $W = \Delta E$ כוחות לא משמרים — אנרגיה מכנית כוללת	$\Delta X = 103.72m$	הכוח הלא משמר היחיד העושה עבודה הוא כוח החיכוך הקינטי.	

פרקטיקות 3- שימור אנרגיה מסילות אנכיות

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

1. כאשר כל הכוחות הפועלים על הגוף הם כוחות משמרים - האנרגיה המכנית נשמרת.
   במקרים אלו הפתרון מתבסס על משוואת שימור האנרגיה.
2. בשאלות רבות, עקרונות האנרגיה הם עקרונות משלימים למשוואות התנועה מעקרונות הדינמיקה.

קובץ זה עוסק בשימור אנרגיה במסילה אנכית ובלולאה אנכית. במקרים כאלו יש להשתמש בשימור אנרגיה מכנית ובמשוואות התנועה.

נושאי התרגול:

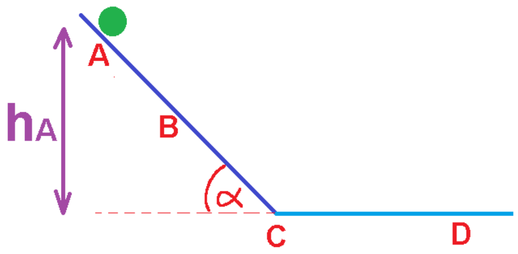
1- תנועה ממנוחה במורד מישור משופע חלק.

2- תנועה במורד מסילה מעגלית.

3- תנועה במסילה בעלת שני מסלולים מעגליים שונים.

4- תנועה בלולאה אנכית.

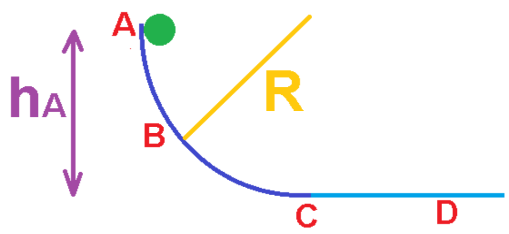
1- תנועה ממנוחה במורד מישור משופע חלק.

קישור לפתרון מלא	תשובה הערות חשובות	העקרונות הפיזיקליים	תיאור התנועה ביטוי נדרש
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256	$$V_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$ בקינמטיקה אנחנו עוסקים בהעתק התנועה ולא בגובה הגוף. כדי לבטא את מהירות הגוף בנקודה C כתלות בגובה הנקודה A, יש לבטא גיאומטרית את העתק התנועה כתלות בגובה השחרור.	דינמיקה $$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$ קינמטיקה הפונקציות הקינמטיות: $$X = X_0 + V_0 t + \frac{1}{2}at^2$$ $$V = V_0 + at$$ $$V^2 = V0^2 + 2a\Delta X$$	נתונה מסילה נטויה וחלקה המחוברת למסילה אופקית חלקה.  גוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A הנמצאת על המסילה הנטויה (בגובה hA מעל המסילה האופקית). בתנועתו חולף הגוף בנקודות: A,B,C,D. **1.1-** בטא את מהירות הגוף בנקודה C כתלות בגובה hA $$V_C(hA) = ?$$ השתמש בעקרונות הקינמטיקה דינמיקה.

1.2- בטא את מהירות הגוף בנקודה C כתלות בגובה hA $V_C(hA)=?$ השתמש בשימור אנרגיה מכנית	**שימור אנרגיה** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת: $E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot V^2$ $U=m\cdot g\cdot h$ $Ek_A+U_A=Ek_B+U_B$	$V_C=\sqrt{2\cdot g\cdot h_A}$ על הגוף פועלים רק שני כוחות, כוח הכובד וכוח הנורמל. כוח הנורמל פועל בניצב לתנועה. מהגדרת העבודה כוח הנורמל לא מבצע עבודה. $W_N=\|N\|\cdot\|\Delta X\|\cdot\cos(90)=0$ מכיוון שרק כוח הכובד עושה עבודה, האנרגיה המכנית נשמרת.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9651
1.3- בטא את גודלו של כוח הנורמל הפועל על הגוף כאשר הוא חולף בנקודה B. $N_B(m,g,\alpha)=?$ השתמש בעקרונות דינמיקה.	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$	$N_B=mg\cdot\cos(\alpha)$ במקרה זה כוח הנורמל לא תלוי במהירות הגוף. לכן, למרות שמהירות הגוף גדלה - כוח הנורמל לא משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9652
1.4-. בטא את גודלו של כוח הנורמל הפועל על הגוף בתנועתו במסילה האופקית. $N_D(m,g)=?$ השתמש בעקרונות דינמיקה.	**דינמיקה** $\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$	$N_D=mg$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9653

2-תנועה במורד מסילה מעגלית

נתונה מסילה אנכית חלקה, שצורתה רבע מעגל, ורדיוסה R. המסילה האנכית מחוברת למסילה אופקית חלקה



גוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A הנמצאת בגובה hA מעל המסילה האופקית.
הגובה hA שווה לרדיוס המסילה R.
הגוף נע במורד המסילה האנכית, בתנועתו חולף הגוף בנקודות: A, B, C, D .

2.1 - בטא את מהירות הגוף בנקודה C כתלות בגובה hA

$$V_C(hA)=?$$

השתמש בשיקולי אנרגיה

נסמן את זווית נטיית המישור מעל האופק בנקודה B באות β.

2.2 - בטא את כוח הנורמל הפועל על הגוף כאשר הוא חולף בנקודה B.

$$N_B(m,g,\beta,V_B)=?$$

השתמש בעקרונות הדינמיקה

שימור אנרגיה

במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת:

$$E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot V^2$$

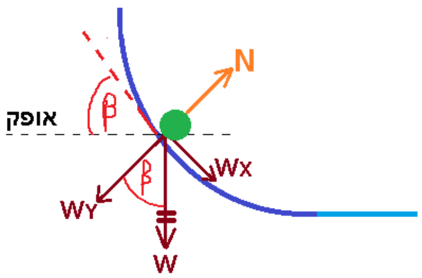
$$U=m\cdot g\cdot h$$

$$Ek_A+U_A=Ek_B+U_B$$

$$V_C=\sqrt{2\cdot g\cdot h_A}$$

עבודת כוח הכובד לא תלויה במסלול לאורכו פועל כוח הכובד.
לכן, ביטוי המהירות במקרה זה הוא זהה לביטוי המתקבל בסעיף 1.2 .

<u>הנחיה</u>: יש לערוך תרשים כוחות, לכתוב את משוואות התנועה המעגלית ולבטא את כוח הנורמל.



$$N_B=mg\cdot cos(\beta)+\frac{mV_B{}^2}{R}$$

1.מביטוי הנורמל במקרה זה ניתן לראות שככל שמהירות הגוף גדולה יותר, כך הוא "מעיק" יותר על המשטח.
לכן, ככל שהגוף נע במהירות גדולה יותר כך כוח הנורמל גדול יותר.

2. לרוב, בשאלות הבגרות יש למצוא את הזווית β גיאומטרית, בעזרת נתוני השאלה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9654

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9655

2.3 - בטא את כוח הנורמל הפועל על הגוף כאשר הוא חולף בנקודה B.

$$N_B(m, g, \beta) = ?$$

השתמש בעקרונות הדינמיקה, בשימור אנרגיה ובגיאומטריה.

שימור אנרגיה

במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת:

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

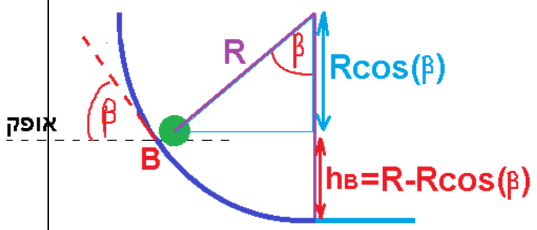
$$U = m \cdot g \cdot h$$

$$Ek_A + U_A = Ek_B + U_B$$

הנחיה:

במשוואת האנרגיה, יש לבטא באנרגיה הפוטנציאלית בנקודה B את הגובה hB כתלות בזווית β ורדיוס הסיבוב R.

הגובה hB מבוטא בתרשים הבא:



$$N_B = 3 \cdot mg \cdot \cos(\beta)$$

1. ביטוי הנורמל במקרה זה הוא לא מקרה כללי של גוף הנע במסילה ישרה. כך למשל, כאשר הגוף נע במסילה אופקית ערך הנורמל לא שווה : $3 \cdot mg$, הוא שווה: mg . הדינמיקה של תנועה מעגלית היא שונה מהדינמיקה של תנועה בקו ישר.

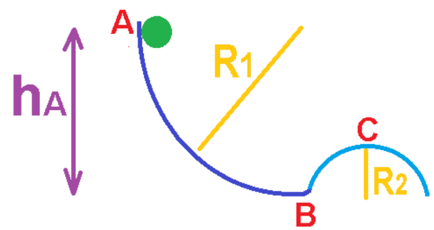
2. המהלך למציאת ביטוי הנורמל הוא ארוך יחסית מצריך שימוש בשימור אנרגיה, במשוואות תנועה, בגיאומטריה ובלא מעט אלגברה.

הפיתוחים הנדרשים בשאלות הבגרות הם הרבה יותר פשוטים.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9656

3-תנועה במסילה בעלת שני מסלולים מעגליים שונים.

נתונה מסילה אנכית חלקה שצורתה רבע מעגל ורדיוסה R1. למסילה זו מחוברת מסילה אנכית חלקה נוספת שצורתה חצי מעגל ורדיוסה R2.



נתון שרדיוס R1 גדול פי 2 מרדיוס R2.
גוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A הנמצאת בגובה hA (שווה לרדיוס R1)מעל הנקודה B.
הגוף נע במורד המסילה האנכית. בתנועתו חולף הגוף בנקודות:A , B ו- C .

3.1- בטא את מהירות הגוף בנקודה C כתלות ברדיוסי המסילות האנכיות R1 ו- R2 .

$$V_C(R_1,R_2)=?$$

השתמש בשיקולי אנרגיה

שימור אנרגיה

במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת:

$$E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot V^2$$

$$U=m\cdot g\cdot h$$

$$Ek_A+U_A=Ek_B+U_B$$

$$V_C=\sqrt{2\cdot g\cdot(R_1-R_2)}$$

למרות שבתנועת הגוף מנקודה A לנקודה C הגוף נע בתנועות מעגליות שונות,כל עוד רק כוח הכובד עושה עבודה - האנרגיה המכנית נשמרת.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9657

3.2 - בטא את כוח הנורמל הפועל על הגוף כאשר הוא חולף בנקודה C.

$$N_C(m,g,R_2)=?$$

השתמש בעקרונות הדינמיקה,

דינמיקה

$$\Sigma\vec{F}=m\vec{a}$$

<u>הנחיה</u>: יש לערוך תרשים כוחות, לכתוב את משוואות התנועה המעגלית ולבטא את כוח הנורמל.

$$N_C=mg-\frac{m\cdot {V_C}^2}{R2}$$

1.הגוף נמצא מעל המסילה. כוח הנורמל פועל כלפי מעלה, וכוח הכובד פועל כלפי מטה, אל נקודת מרכז הסיבוב.

2.בנקודה C הכוח הצנטריפטלי פועל אל נקודת מרכז הסיבוב - כלפי מטה.

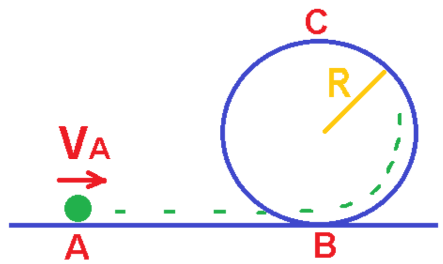
3. מהביטוי המתקבל בסעיף זה, ניתן לראות שככל שמהירות הגוף גדולה יותר כך כוח הנורמל קטן יותר. (בשונה מסעיפים 2.2 ו- 1.3).

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9658

3.3 - בטא את המהירות הקטנה ביותר בנקודה C, עבורו הגוף לא יעיק על המסילה בנקודה C. נסמן מהירות זו ב Vc'. $$V_C'(g, R_2) = ?$$	**דינמיקה** $$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$ **הנחיה:** יש למצוא את המהירות VC עבורה כוח הנורמל שווה לאפס.	$$V_C' = \sqrt{g \cdot R_2}$$ כאשר הגוף חולף בנקודה C ומהירותו שווה או גדולה מהמהירות VC', הגוף לא יעיק על המסילה ולא יפעל כוח נורמל על הגוף. אפשר להגיד שהגוף ינוע רגעית בנפילה חופשית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9659
3.4 – מצא את יחס הרדיוסים $\frac{R_1}{R_2}$ עבורו גוף המשוחרר ממנוחה מהנקודה A לא יעיק על המסילה בנקודה C. $$\frac{R_1}{R_2} = ?$$	**הנחיה:** יש לכתוב את משוואת שימור האנרגיה EA = EC למקרה שהמהירות בנקודה C היא VC' (המהירות עבורה כוח הנורמל בנקודה C שווה לאפס)	$$\frac{R_1}{R_2} = 1.5$$ התנאי היחיד לכך שהגוף לא יעיק על המסילה בנקודה C, הוא שרדיוס המסילה הגדולה יהיה גדול פי 1.5 מרדיוס המסילה הקטנה. תנאי זה נכון רק כאשר הגוף משוחרר ממנוחה, מגובה R1.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9660

4- תנועה בלולאה אנכית.

נתונה מסילה חלקה המורכבת ממסלול אופקי ולולאה אנכית שרדיוסה R.



גוף נזרק במהירות התחלתית VA מהנקודה A. הגוף נע לאורך קטע המסילה הישר עד לנקודה B ומשם עולה הגוף במעלה המסילה האנכית.

4.1 – בטא את כוח הנורמל הפועל על הגוף בנקודה C כתלות במהירות V_C (מהירותו של כאשר הוא חולף בנקודה C).

דינמיקה

$$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$$

$$N_C = \frac{m \cdot {V_C}^2}{R} - m \cdot g$$

כאשר הגוף חולף בנקודה C הוא נמצא מתחת למסילה. המסילה מפעילה עליו את כוח הנורמל כלפי מטה.

מהביטוי ניתן לראות שככל שמהירות הגוף בנקודה C גדולה יותר, כך הנורמל שמפעילה המסילה על הגוף בנקודה C הוא גדול יותר.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9661

4.2 – בטא את כוח הנורמל הפועל על הגוף בנקודה C כתלות במהירותו ההתחלתית VA.

שימור אנרגיה

במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת:

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$U = m \cdot g \cdot h$$

$$Ek_A + U_A = Ek_B + U_B$$

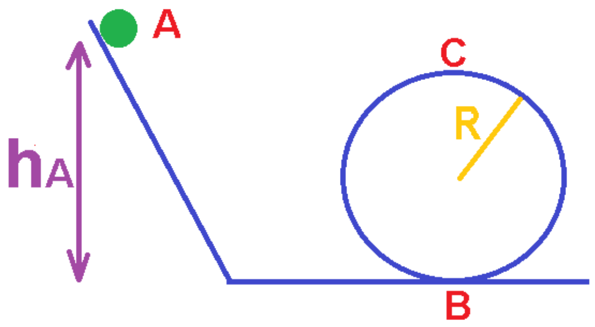
$$N_C = \frac{m \cdot {V_A}^2}{R} - 5m \cdot g$$

הנקודה C נמצאת בגובה 2R מעל גובה הנקודה A.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9662

4.3 – בטא את המהירות VC המינימלית עבורה הגוף ישלים הקפה שלמה בלולאה האנכית. **הנחיה**: מהירות VA המינימלית (עבורה הגוף משלים הקפה שלמה) היא המהירות שבה כוח הנורמל בנקודה C שווה לאפס.	**שימור אנרגיה** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת: $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ $U = m \cdot g \cdot h$ $Ek_A + U_A = Ek_B + U_B$	$V_C = \sqrt{g \cdot R}$ 1.אם הגוף מעיק על המסילה בנקודה C בעוצמה כלשהי, הגוף משלים את תנועתו. 2. בכל מהירות בנקודה C הגדולה מ $\sqrt{g \cdot R}$, הגוף מגיע לנקודה C, מעיק על המסילה, ומשלים את תנועתו במעגל האנכי. אם המהירות בנקודה C קטנה מ $\sqrt{g \cdot R}$, הגוף לא מגיע לנקודה C והוא לא משלים את תנועתו במעגל האנכי. במהירות השווה בדיוק ל $\sqrt{g \cdot R}$ הגוף מגיע לנקודה C, משלים את תנועתו. אך הוא לא מעיק על המסילה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9663
4.4 – בטא את המהירות VA המינימלית עבורה הגוף ישלים הקפה שלמה בלולאה האנכית. **הנחיה**: המהירות VA המינימלית (עבורה הגוף משלים הקפה שלמה) היא המהירות שבה כוח הנורמל בנקודה C שווה לאפס.		$V_A = \sqrt{5 \cdot g \cdot R}$ משימור אנרגיה, כדי שמהירות הגוף בנקודה C תהיה $\sqrt{g \cdot R}$, המהירות בנקודה A צריכה להיות $\sqrt{5 \cdot g \cdot R}$.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9664

המסלול הבא מורכב משלוש מסילות חלקות:
מסילה נטויה בזווית קבועה, מסילה אופקית
ולולאה אנכית שרדיוסה R.



גוף משוחרר ממנוחה מהנקודה A הנמצאת בגובה hA, ונע במורד המסילה הנטויה. כאשר הגוף מגיע לנקודה B הוא נע במעלה הלולאה האנכית.

4.5 – בטא את גובה hA המינימלי עבור הגוף ינוע לאורך הקפה שלמה בלולאה האנכית.

שימור אנרגיה

במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת:

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

$$U = m \cdot g \cdot h$$

$$Ek_A + U_A = Ek_B + U_B$$

$$h_A = 2.5 \cdot R$$

1.משימור אנרגיה, כדי שמהירות הגוף בנקודה C תהיה $\sqrt{g \cdot R}$, הגובה ממנו יש לשחרר את הגוף ממנוחה הוא: $2.5 \cdot R$.

2.אם הגוף הנע נזרק בתחילת תנועתו, משימור אנרגיה הגובה ההתחלתי ממנו יש לזרוק את הגוף כדי שישלים את תנועתו במעגל האנכי קטן מ 2.5R.

3. אם נשחרר את הגוף ממנוחה מגובה 2R הגוף לא יגיע לנקודה C במהירות אפס. הוא ינתק מהמסילה בגובה נמוך מגובה הנקודה C, ומהירותו לא תהיה אפס.

4.באופן תיאורטי יש מסלולים אפשריים רבים לתנועת הגוף באותה אנרגיה מכנית. הגוף יכול לנוע במהירות גדולה בגובה נמוך, או לנוע במהירות קטנה בגובה רב.

רק משוואות התנועה קובעות את מסלול תנועת הגוף, לא משוואת שימור האנרגיה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9665

4.6 – גוף נזרק במהירות V0 מהנקודה A. מה הוא הגובה המינמאלי של hA עבור הגוף ישלים הקפה שלמה בלולאה האנכית?

$$h_A = 2.5 \cdot R - \frac{0.5 \cdot {V_0}^2}{g}$$

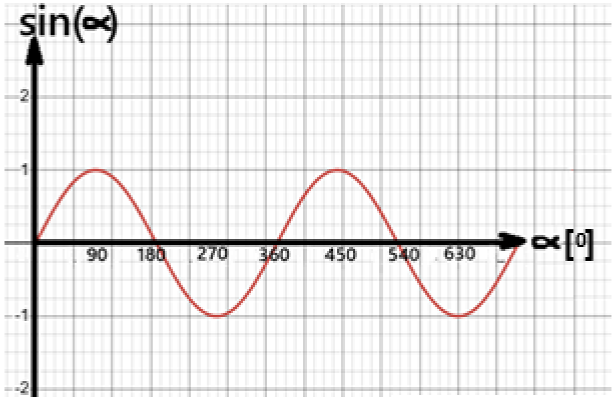
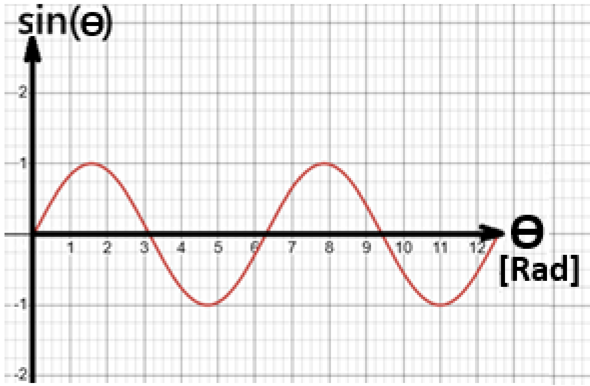
1. מהביטוי ניתן לראות שככל שמהירות הזריקה גדולה יותר כך ניתן לשחרר את הגוף מגובה נמוך יותר.

2.מקרה זה הוא מקרה כללי של המקרה הקודם.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4256&chapterid=9666

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות אנרגיה מכנית ושימורה

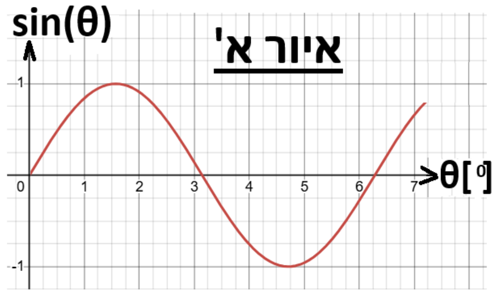
אנרגיה פוטנציאלית אלסטית

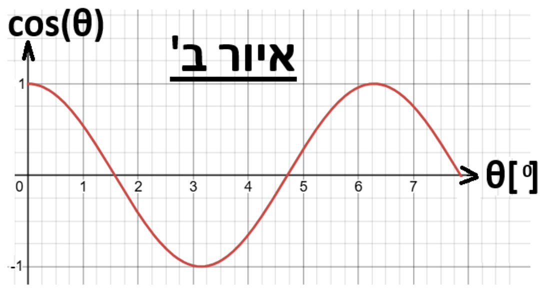
פונקציית סינוס	פונקציית הסינוס היא פונקציה גלית מחזורית המקבלת ערך זוויתי ומחזירה ערך חסר יחידות. היחידות של הזווית שפונקציית הסינוס מקבלת יכולה להיות במעלות או ברדיאן. האיור הימני מתאר את פונקציית הסינוס כתלות בזווית אלפא במעלות והאיור השמאלי מתאר את פונקציית הסינוס כתלות ב-θ ברדיאן:   1. כדי להימנע מבעיות ביחידות מידה נתאר את הזווית ביחידות הרדיאן. 2. ניתן להשתמש בפונקציית הסינוס לתיאור תופעות ותהליכים מחזוריים בתחומים רבים. 3. תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ) היא תנועה בתאוצה משתנה ולכן לא ניתן לתאר אותה בעזרת הפונקציות בקינמטיקה המשמשות לתנועה בתאוצה קבועה. ניתן לתאר תה"פ בעזרת פונקציית הסינוס.
מאפייני פונקציית הסינוס	משרעת הפונקציה – המשרעת היא הערך המקסימאלי המוחלט אליו מגיעה פונקציה המחזורית. בפונקציית הסינוס ערך המשרעת הוא 1 (ערך הפונקציה לא יכול להיות גדול מאחד ולא קטן ממינוס אחד). במכניקה המשרעת מסומנת על ידי A , יחידות המשרעת נקבעות בהתאם לגודל הפיזיקלי אותו היא מתארת. מחזוריות הפונקציה – פונקציית הסינוס חוזרת על עצמה כל 2π רדיאן (ערך 6.28 רדיאן) או 360 מעלות.
פונקציית	פונקציית הקוסינוס היא פונקציה גלית מחזורית המקבלת ערך זוויתי ומחזירה ערך חסר יחידות.

קוסינוס

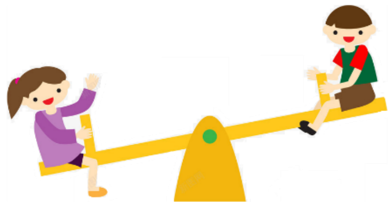
לפונקציית הקוסינוס ולפונקציית הסינוס יש מחזוריות זהה ומשרעת זהה .
ההבדל בין שתי הפונקציות הוא שפונקציית הקוסינוס מקדימה את פונקציית הסינוס ברבע מחזור. הבדל זה מוגדר "הפרש מופע".

באיורים הבאים מתוארות פונקציות הסינוס והקוסינוס כתלות בזווית ברדיאן.





נמחיש את ההבדל שבין פונקציית הסינוס לפונקציית הקוסינוס בעזרת משל קצר.
אח ואחות משחקים בנדנדה בגן שעשועים. הם נעים בתנודות בעלות משרעת זהה ומחזוריות זהה, אך הם מתחילים לנוע ממקומות שונים.
ברגע t=0s הילדה נמצאת בגובה אפס והילד נמצא בגובה 1 מטר.
הפרש המופע בתנועות הילד והילדה דומה להפרש המופע של פונקציות הסינוס והקוסינוס.



הזזת פונקציית הסינוס

מתמטית ניתן לבצע פעולת הזזה אופקית לפונקציית הסינוס על ידי פעולת חיבור או חיסור לזווית הסינוס.
כדי להזיז את הפונקציה שמאלה יש להוסיף את ערך התזוזה לזווית הסינוס וכדי להזיז את הפונקציה ימינה יש להחזיר מזווית הסינוס את ערך התזוזה.

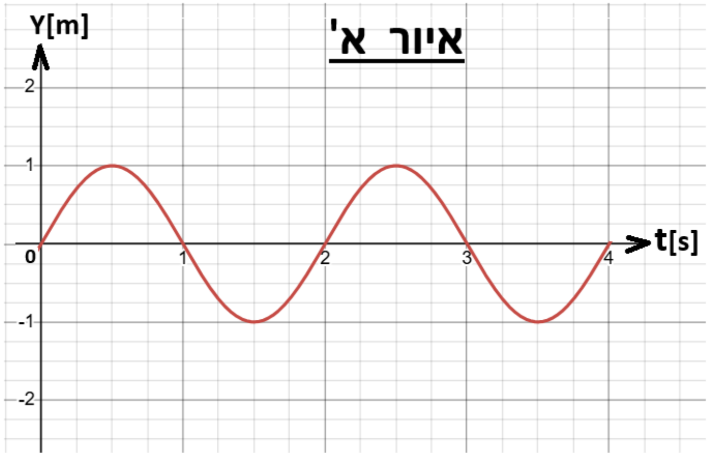
לדוגמה: פונקציית הקוסינוס היא פונקציית סינוס המוזזת שמאלה ברבע מחזור.

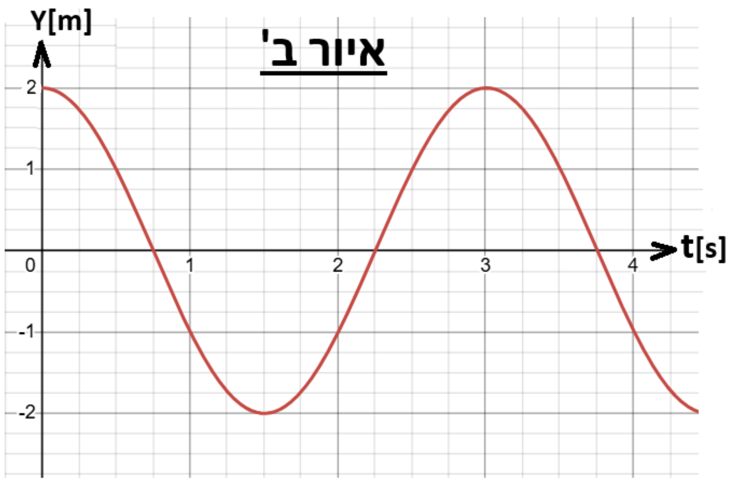
כדי להזיז את פונקציית הסינוס שמאלה יש להוסיף רבע מחזור ($\frac{2\pi}{4}$) לזווית הסינוס, ומתקיים: $\sin\left(\theta+\frac{\pi}{2}\right)=\cos(\theta)$

נמחיש את משמעות פעולת ההזזה בעזרת דוגמה מספרית, בפונקציה $\sin(\alpha)$ כאשר $\alpha=30^0$ ערך הפונקציה הוא 0.5 לעומת זאת בפונקציה $\sin(\alpha+20)$ ערך הפונקציה הוא 0.5 כבר כאשר $\alpha=10^0$.
לכן הוספת ערך זווית של 20 מעלות לזווית הסינוס גורמת להקדמת הפונקציה ב 20 מעלות.

גל סינוס כתלות בזמן	גל סינוס כתלות בזמן הוא גל שתבניתו מבוססת על תבנית פונקציית הסינוס, הוא מתאר ערך של תנודה מחזורית כתלות בזמן. פונקציית הסינוס מקבלת ערך זוויתי, כדי לתאר גל סינוס כתלות בזמן נשתמש בעקרונות התנועה המעגלית. נבטא את הזווית המרכזית כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה מעגלית קצובה, בעזרת הגדרת המהירות הזוויתית: $\omega=\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\Rightarrow\omega=\frac{\theta-\theta_0}{t}\Rightarrow\boxed{\theta=\omega\cdot t+\theta_0}$ נציב את ביטוי הזווית בפונקציית הסינוס ונקבל ביטוי של פונקציית הסינוס כתלות בזמן: $Y(t)=\sin(\omega\cdot t+\theta_0)$ כדי שנוכל לתאר את גל הסינוס בכל משרעת מבוקשת יש להכפיל את פונקציית הסינוס בערך משרעת הגל A. התיאור המתמטי של פונקציית גל הסינוס כתלות בזמן הוא: $\boxed{Y(t)=A\cdot\sin(\omega\cdot t+\theta_0)}$ 1. במחשבה ראשונה, נראה שאין קשר בין הזווית המרכזית של תנועה מעגלית קצובה לתנועה הרמונית פשוטה (תה"פ). בתנועה מעגלית קצובה רכיב התנועה האופקי (או האנכי) הוא תנועה הרמונית פשוטה לכן אנחנו משתמשים בעקרונות התנועה המעגלית בנושא התה"פ. 2. בתנועה מעגלית ω נקראת מהירות זוויתית, היא מתארת את קצב השינוי בזווית המרכזית של גוף הנע בתנועה מעגלית. בתנועה הרמונית פשוטה ω נקראת תדירות זוויתית, היא מתארת את קצב שינוי הפאזה. 3. מחזור פונקציית סינוס הוא 2π רדיאן, לכן מתקיים: $\sin(2\pi)=\sin(4\pi)=\sin(6\pi)$ ומתקיים גם $\sin(\pi)=\sin(3\pi)=\sin(5\pi)$ ביטוי התדירות הזוויתית הוא: $\omega=\frac{2\pi}{T}$ מהכפלת התדירות הזוויתית בזמן $2\pi\frac{t}{T}$ מתקבל מופע רגעי של הגל.

המשך גל סינוס כתלות בזמן





<u>דוגמה 1:</u> באיור א' נתון גל סינוס כתלות בזמן.
מהתרשים ניתן לראות שזמן המחזור של הגל הוא $T = 2s$,
ומשרעת הגל היא A=1m.
ברגע t=0s הגל מתחיל מערך Y=0m, כמו פונקציית סינוס.
אין לגל מופע התחלתי.

נחשב את התדירות הזוויתית:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{2} = 3.14 \frac{rad}{s}$$

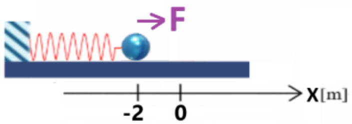
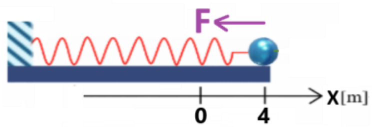
בהתאם לתיאור המתמטי הכללי של פונקציית הגל כתלות בזמן:
$Y = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \theta_0)$ ולנתוני הגל הנתונים
פונקציית הגל המתארת את הגל הנתון היא: $Y = \sin(3.14 \cdot t)$

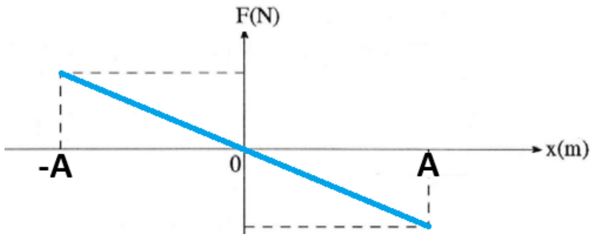
<u>דוגמה 2:</u> באיור ב' נתון גל סינוס נוסף כתלות בזמן.
זמן המחזור של הגל הוא $T = 3s$ משרעת הגל היא 2 מטרים.
ברגע t=0s הגל מתחיל מערך Y=2m. יש לגל מופע התחלתי .
הגל מוזז שמאלה ברבע מחזור, זווית המופע ההתחלתית היא $\frac{\pi}{2}$ + רדיאן

נחשב את התדירות הזוויתית:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{3} = 2.09 \frac{rad}{s}$$

בהתאם למשרעת הגל, התדירות הזווית והמופע ההתחלתי פונקציית
הגל היא: $Y = 2 \cdot \sin(2.09 \cdot t + \frac{\pi}{2})$. ניתן לתאר את הגל גם בעזרת קוסינוס: $Y = 2 \cdot \cos(2.09 \cdot t)$

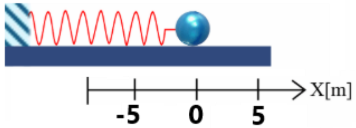
תנודה **(Cube 29)**	תנודה היא תנועה הלוך ושוב סביב נקודת שיווי משקל. דוגמה: כאשר פורטים במיתר של גיטרה הנקודות במיתר נעות בתנודות סביב נקודות שיווי משקל. 1. כדי שגוף ינוע בתנודות הכוח השקול הפועל עליו צריך להשתנות בגודלו ובכיוונו. 2. נקודת שיווי משקל היא נקודה שבה שקול הכוחות הפועלים על הגוף שווה לאפס. קיימים סוגים שונים של תנודות אנחנו נעסוק בתנודה מחזורית הנקראת תנועה הרמונית פשוטה.
כוח מחזיר **(Cube 29)**	כוח מחזיר הוא כוח הפועל להחזיר גוף המוסט מנקודת שיווי המשקל אל נקודת שיווי המשקל. ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל ביטוי הכוח המחזיר הוא: $F = -C \cdot X$ לדוגמה: גוף מחובר לקפיץ אופקי ונע בתנודות סביב נקודת שיווי המשקל, כוח הקפיץ פועל ככוח מחזיר. באיור א' הגוף נמצא מימין לנקודת שיווי המשקל הכוח המחזיר פועל שמאלה אל נקודת שיווי המשקל. באיור ב' הגוף נמצא משמאל לנקודת שיווי המשקל הכוח המחזיר פועל ימינה אל נקודת שיווי המשקל. איור ב'  איור א'  1. זהות הקבוע C נקבע בהתאם לסוג המערכת. בדוגמה המתוארת הקבוע C הוא קבוע הקפיץ. 2. גודל הכוח המחזיר תלוי ביחס ישר במרחק הגוף מנקודת שיווי המשקל. בדוגמה המתוארת באיור א' מרחק הגוף מנקודת שיווי המשקל גדול פי 2 ממרחק הגוף באיור ב' לכן הכוח המחזיר באיור א' גדול פי 2 מגודלו של הכוח המחזיר הפועל באיור ב'. 3. הכוח המחזיר פועל תמיד אל נקודת שיווי המשקל. (בדומה לכוח הצנטריפטלי הפועל תמיד אל נקודת מרכז הסיבוב). בדוגמה המתוארת באיור א' הגוף נמצא מימין לנקודת שיווי המשקל הכוח פועל שמאלה אל נקודת שיווי המשקל. בדוגמה המתוארת באיור ב' הגוף נמצא משמאל לנקודת שיווי המשקל הכוח המחזיר פועל ימינה אל נקודת שיווי המשקל. 4. כאשר מיקום הגוף חיובי הכוח שלילי (פועל נגד כיוון הציר) וכאשר מיקום הגוף שלילי הכוח חיובי (פועל בכיוון הציר). לכן, כדי ששני צידי המשוואה יהיו בעלי סימן זהה נוסף הסימן מינוס לביטוי הכוח המחזיר. כוח נחשב לכוח מחזיר רק אם הוא תלוי ביחס ישר במיקום הגוף.

תנועה הרמונית פשוטה (Cube 29)	תנועה הרמונית פשוטה היא תנועה מחזורית שבה הכוח השקול פועל על הגוף ככוח מחזיר ומתקיים: $\Sigma F = -C \cdot X$ 1. בהתאם לתוכנית הלימודים נעסוק רק בתה"פ של גוף המחובר לקפיץ ובתה"פ של מטוטלת פשוטה הנע בזוויות קטנות. 2. לכל תנועה הרמונית פשוטה יש ביטויים ופונקציות מתאימות. 3. בתנועה הרמונית פשוטה שבה רק כוח משמר מבצע עבודה ניתן להשתמש בשימור האנרגיה המכנית. 4. גרף המתאר את הכוח השקול כתלות במיקום של תה"פ הוא גרף ליניארי שלילי העובר דרך ראשית הצירים.  שיפוע הגרף שווה למינוס קבוע התנועה ההרמונית השטח התחום בגרף שווה לעבודת הכוח השקל. תנועתו של גוף נחשבת לתנועה הרמונית פשוטה רק אם הכוח השקול פועל על הגוף ככוח מחזיר, ומתקיים: $\Sigma F = -C \cdot X$

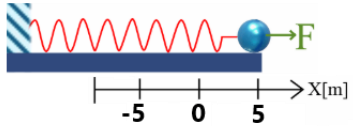
תנועה הרמונית פשוטה של גוף המחובר לקפיץ אופקי (Cube 29)

כאשר גוף המחובר לקפיץ אופקי נע על משטח אופקי חסר חיכוך, כוח הכובד וכוח הנורמל מתקזזים, הכוח השקול הפועל על הגוף הוא כוח הקפיץ. ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל מתקיים: $\Sigma F = -K \cdot X$ לכן תנועת הגוף היא תנועה הרמונית פשוטה.

דוגמה: נתון גוף שמסתו 2 ק"ג הנח על משטח אופקי חלק. הגוף מחובר לקפיץ אופקי רפוי, קבוע הקפיץ הוא 10 ניוטון למטר. נתאר את מיקום הגוף ביחס לציר שכיוונו ימינה וראשיתו בנקודה בה הגוף נמצא כאשר הקפיץ רפוי (נקודת שיווי המשקל), כמוראה באיור הבא:

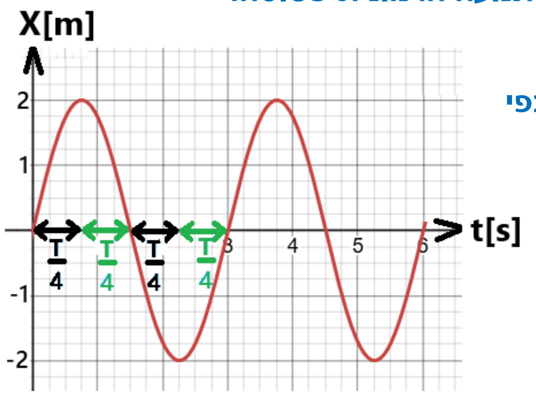


כוח F מסיט את הגוף מנקודת הראשית למיקום X=5m כמוראה באיור הבא:



לאחר הפסקת פעולת הכוח F הגוף נע בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודת ראשית הציר בין מיקום X=5m למיקום X=-5m.

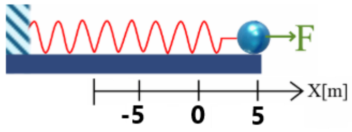
1. תנועה הרמונית פשוטה היא תנועה בתאוצה משתנה הביטויים שהכרנו בקינמטיקה לא עוסקים בתנועה בתאוצה משתנה.
2. לתיאור תנועה הרמונית פשוטה פותחו פונקציות $X(t), V(t), a(t)$ המיועדות במיוחד לתנועה הרמונית פשוטה. פונקציות אלו מבוססות על גל הסינוס.
3. ניתן לחלק את מחזור גל הסינוס לארבעה רבעי מחזור. באופן דומה ניתן לחלק את מחזור התנועה של גוף הנע בתה"פ לארבעה רבעי מחזור תנועה בעלי זמן תנועה זהה. כפי שניתן לראות באיור.



4. בתה"פ זמן תנועת הגוף ממיקום למיקום לא תלוי בכיוון התנועה. בדוגמה הנתונה זמן תנועת הגוף ממיקום X=3m למיקום X=5m זהה לזמן תנועת הגוף ממיקום X=5m למיקום X=3m.

ניתן לקבוע שתנועת הגוף היא הרמונית פשוטה רק אם המשטח הוא אופקי וחלק. (אחרת לא מתקיים $\Sigma F = -K \cdot X$)

תוכן	נושא
לתנועה הרמונית פשוטה של גוף המחובר לקפיץ אופקי יש מאפיינים דומים למאפייני גל הסינוס. בדוגמה הנתונה לאחר שחרור הגוף ממיקום X=5m הגוף נע בתנודות סביב נקודת שיווי המשקל.	**מאפייני תנועה הרמונית פשוטה של גוף המחובר לקפיץ אופקי (Cube 29)**



<u>נקודת שיווי המשקל</u>: נקודה במסלול התנועה בה שקול הכוחות שווה לאפס. (ביחס לציר נקודה זו נמצאת במיקום X=0m).

<u>A - משרעת התנודה</u>: המרחק בין נקודת שיווי המשקל לכל אחת משתי נקודות הקצה.
בדוגמה זו ערך המשרעת הוא 5 מטרים.

<u>T - זמן המחזור</u>: הזמן שעובר מרגע שהגוף מתחיל לנוע ועד שהוא חוזר לנקודת תחילת התנועה.
בתה"פ בקפיץ אופקי ביטוי זמן המחזור הוא:

$$\boxed{T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}}$$

<u>ניתן לפתח את ביטוי זמן המחזור ממשוואת התנועה המעגלית בעזרת פונקציית התאוצה כתלות בזמן.</u>

דוגמה: נחשב את זמן המחזור של תנועתו של הגוף בדוגמה הנתונה.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{2}{10}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{0.2} = 2.8s$$

זמן מחזור התנועה לא תלוי במשרעת התנועה.

<u>ω – תדירות זוויתית</u>: מתארת את תדירות התנועה. ככל שזמן המחזור קטן יותר כך התדירות הזוויתית גדולה יותר.
ביטוי התדירות הזוויתית היא:

$$\boxed{\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}}$$

דוגמה: נחשב את התדירות הזוויתית בדוגמה הנתונה.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}} = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{10}{2}} = 2.23H_z$$

פונקציית המקום כתלות בזמן לתנועה הרמונית פשוטה (Cube 29)	כאשר גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה פונקציית המיקום כתלות בזמן היא: $$\boxed{X(t) = A \cdot COS(\omega \cdot t + \theta_0)}$$ A - משרעת התנודה. ω - תדירות זווית, נקבעת בהתאם לזמן מחזור התנועה T. Θ_0 - זווית מופע התחלתית. אם ברגע תחילת התנועה הגוף נמצא בנקודת הקצה החיובית ערך הזווית התחלתית היא אפס. אם ברגע תחילת התנועה הגוף לא נמצא בנקודת הקצה החיובית בעזרת זווית המופע ההתחלתית ניתן להזיז מתמטית את פונקציית המקום זמן בציר הזמן כך שהפונקציה תתאים לתנועה. (יש מספר סימונים מקובלים לזווית ההתחלתית, בדפי הנוסחאות בבגרות היא מסומנת על ידי ϕ). ניתן לפתח את פונקציית המקום זמן מתנועה מעגלית קצובה. רכיב התנועה האופקית של תנועה מעגלית קצובה היא תה"פ. דוגמה: נחשב את מיקום הגוף בדוגמה כעבור 1.4 שניות (חצי זמן מחזור) מרגע תחילת התנועה. הגוף מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית לכן זווית המופע ההתחלתית שווה לאפס. $X(t) = A \cdot COS(\omega \cdot t + \theta_0)$ $X(t) = A \cdot COS(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + \theta_0)$ $\Rightarrow$ $X(1.4) = 5 \cdot COS(\frac{2 \cdot \pi}{2.8} \cdot 1.4 + 0) = 5 \cdot COS(\pi) = -5m$ כעבור מחצית זמן המחזור מרגע תחילת התנועה מיקום הגוף הוא X=-5m (הגוף מגיע לנקודת הקצה השלילית). 1. בתנועה הרמונית פשוטה הגוף נע בתנודות סביב נקודת שיווי המשקל, בין מיקום X=A למיקום X=-A פונקציית הקוסינוס עולה ויורדת סביב ערך אפס בין הערך 1 לערך 1-. כדי שפונקציית הקוסינוס תתאר את מיקומו של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה הפונקציה מוכפלת בערך המשרעת A. 2. מבחינה מתמטית המקדם של t קובע את מספר הפעמים שהפונקציה חוזרת על עצמה בשנייה לכן המקדם של t הוא התדירות. וערך האיבר החופשי בתוך הסוגריים מאפשר להזיז את הפונקציה בציר הזמן לכן הוא קובע את המופע ההתחלתי. 3. ערך הביטוי המופיע בתוך הקוסינוס הוא ביחידות של רדיאן ולא במעלות. ניתן להשתמש בפונקציית מקום זמן זו רק לתנועה הרמונית פשוטה (תנועה שבה הכוח השקול מקיים: $\Sigma F = -K \cdot X$).

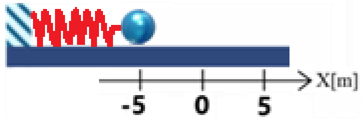
זווית המופע ההתחלתית (Cube 29)

פונקציית X(t) לתנועה הרמונית פשוטה מתוארת בעזרת פונקציית הקוסינוס.

פונקציית הקוסינוס מתחילה תמיד מערך מקסימאלי חיובי אך התנועה לא תמיד מתחילה מנקודת הקצה החיובית, לכן כדי שהפונקציה תתאר את התנועה בצורה נכונה יש להזיז את הפונקציה בציר הזמן, לשם כך הוגדרה בפונקציית המקום זמן זווית המופע ההתחלתית θ_0 . $X(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \Theta_0)$.

מתמטית ערך זווית המופע ההתחלתית גורמת לתזוזת פונקציית הקוסינוס בציר הזמן.

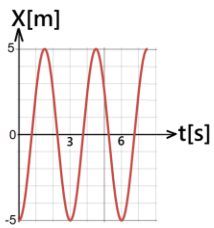
לדוגמה: גוף מחובר לקפיץ מכווץ ומוחזק במנוחה במקום X=-5m על משטח אופקי חלק, כמתואר באיור הבא:



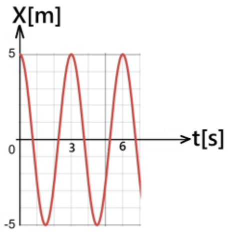
הגוף משוחרר ממנוחה ונע בתנועה הרמונית פשוטה בזמן מחזור של 3 שניות.
תנועת מיקום הגוף כתלות בזמן כפי שהוא נע במציאות מתוארת בגרף א'.

גרף ב' מתאר את הפונקציה התמטית $X(t) = 5 \cdot \cos(\frac{2\pi}{3}t)$ **(ללא זווית מופע מתאימה).**

גרף א'



גרף ב'

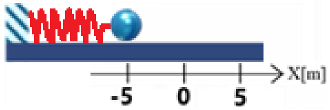


כדי שהפונקציה המתמטית תתאר את המציאות בצורה נכונה יש להזיז את הפונקציה חצי מחזור שמאלה בציר הזמן. כיוון שמחזור שלם שווה ל 2π זווית המופע ההתחלתית צריכה להיות π. לכן הביטוי המתמטי המתאים לתנועת הגוף במקרה זה הוא:

$$X(t) = 5 \cdot \cos(\frac{2\pi}{3}t + \pi)$$

המשך זווית המופע ההתחלתית (Cube 29)

נחשב את מיקום הגוף בעזרת הפונקציה המעודכנת (עם זווית המופע ההתחלתית) ברגעים שונים בזמן התנועה.



<u>בתחילת התנועה, ברגע t=0s:</u>

$$X(0) = 5 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{3}0 + \pi\right) = 5 \cdot \cos(\pi) = 5 \cdot (-1) = -5m$$

מהפונקציה ניתן לראות שברגע תחילת התנועה הגוף נמצא בנקודת הקצה השלילית.

<u>כעבור חצי זמן מחזור, ברגע t=1.5s.</u>

$$X(1.5) = 5 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{3}1.5 + \pi\right) = 5 \cdot 1 = 5m$$

כעבור מחצית זמן מחזור הגוף מגיע לנקודת הקצה החיובית.

1. הביטוי הכללי של פונקציית המקום כתלות בזמן הוא: $X(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \Theta_0)$
   נוח לתאר את הערך שמקבלת פונקציית הקוסינוס בעזרת π כיוון שביטוי התדירות הזוויתית הוא: $\omega = \frac{2\pi}{T}$
   וזווית המופע מתוארת כחלק ממחזור התנועה. כך למשל מחזור תנועה שלם שווה 2π ורבע מחזור שווה ל $\frac{\pi}{2}$.
2. הערך שפונקציית הקוסינוס מקבלת הוא ביחידות של רדיאן.
3. ערך שלילי של זווית המופע ההתחלתית מזיז את הפונקציה בכיוון ציר הזמן.
   וערך חיובי של זווית המופע ההתחלתית מזיז את הפונקציה בכיוון הפוך לכיוון ציר הזמן.
4. בשאלות בהן אנחנו עוסקים זווית המופע ההתחלתית היא לרוב בעלת ערך של רבע זמן מחזור או מחצית זמן מחזור.
5. כדי למצוא את ערך זווית המופע ההתחלתית נוח להתאים את הפונקציה לרגע t=0s . ערך זה לכל רגע אחר של התנועה.
6. זווית המופע הנדרשת לפונקציית המקום נדרשת גם לכל הפונקציות האחרות. כך למשל אם החלטנו להוסיף זווית מופע של רבע מחזור לפונקציית x(t) יש להוסיף את אותה זווית מופע התחלתית גם לפונקציות V(t) ו- a(t).
7. אם ברגע תחילת התנועה הגוף נמצא בנקודת הקצה החיובית. זווית המופע ההתחלתית היא אפס.
   בכל מקרה אחר (כאשר הגוף מתחיל לנוע מנקודת הקצה השלילית או מנקודת שיווי המשקל) יש להוסיף זווית מופע התחלתית מתאימה.

פונקציית המהירות כתלות בזמן לתנועה הרמונית פשוטה (Cube 29)	כאשר גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה פונקציית מהירות הגוף כתלות בזמן היא: $$\boxed{V(t) = -\omega A \cdot Sin(\omega \cdot t + \theta_0)}$$ מהגדרת המהירות, מגזירת פונקציית המקום כתלות בזמן מתקבלת פונקציית המהירות כתלות בזמן. דוגמה: נחשב את מהירות הגוף בדוגמה הנתונה כעבור 1.4 שניות (חצי זמן מחזור) מרגע תחילת התנועה. הגוף מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית לכן זווית המופע ההתחלתית שווה לאפס. $V(t) = -\omega \cdot A \cdot Sin(\omega \cdot t + \theta_0)$ $V(t) = -\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot A \cdot Sin(\frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot t + 0)$ $V(1.4) = -\frac{2 \cdot \pi}{2.8} \cdot 5 \cdot Sin(\frac{2 \cdot \pi}{2.8} \cdot 1.4) = -\frac{10 \cdot \pi}{2.8} \cdot Sin(\pi) = -\frac{31.41}{2.8} \cdot 0 = 0 \frac{m}{s}$ לכן, כעבור מחצית זמן המחזור הגוף נעצר רגעית בנקודת הקצה השלילית . 1. בהתאם לסימן המינוס בתחילת הפונקציה ולסימן הערך המתקבל מפונקציית הסינוס ערך המהירות יכול להיות חיובי או שלילי. לאחר חישוב המהירות חשוב לשים לב שסימן המהירות מתאים לכיוון תנועת הגוף ביחס לכיוון הציר הנבחר. 2. ערך הביטוי המופיע בתוך הקוסינוס הוא ביחידות של רדיאן ולא במעלות. ניתן להשתמש בפונקציית מהירות זמן זו רק לתנועה הרמונית פשוטה (תנועה שבה הכוח השקול מקיים: $\Sigma F = -K \cdot X$).

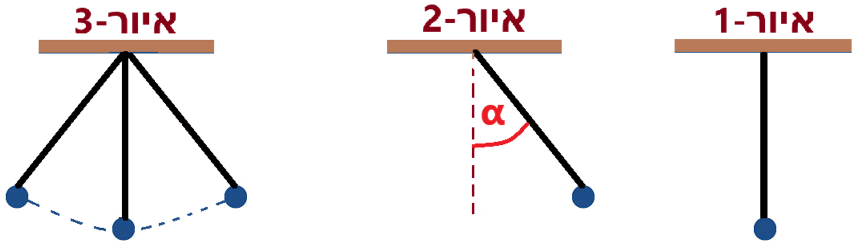
פונקציית המהירות כתלות במקום לתנועה הרמונית פשוטה (Cube 29)	**כאשר גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה פונקציית מהירות הגוף כתלות במקום היא:** $$\boxed{V(X) = \pm\omega\cdot\sqrt{A^2 - X^2}}$$ ניתן לפתח את פונקציית המהירות כתלות במקום משימור אנרגיה. **דוגמה: בדוגמה הנתונה הגוף מגיע לנקודת הקצה השלילית X=-5m כעבור 1.4 שניות מרגע תחילת התנועה.** **נחשב את מהירות הגוף כאשר הוא מגיע לנקודת הקצה השלילית:** $$V(x) = \pm\omega\cdot\sqrt{A^2 - X^2} = \pm\omega\cdot\sqrt{5^2 - (-5)^2} = 0\frac{m}{s}$$ 1. לא ניתן לקבוע מהביטוי את סימן המהירות, יש לקבוע את סימן המהירות בהתאם לכיוון תנועת הגוף ביחס לציר התנועה. 2. מהביטוי ניתן לראות שככל שמיקום הגוף רחוק מנקודות הקצה (קרוב יותר לראשית) מהירותו גדולה יותר. בנקודת הראשית מהירות הגוף היא מקסימאלית. 3. ביטוי המהירות לא תלוי בזמן התנועה, לכן הביטוי מתאים במיוחד למקרים בהם אין התייחסות לזמן התנועה. (בדומה לביטוי ריבוע המהירויות בקינמטיקה). 4. נוח לחשב את מהירות הגוף בעזרת פונקציית המהירות כתלות במיקום, קיימים מקרים בהם מיקום הגוף לא ידוע ונתון זמן התנועה, במקרה כזה יש להשתמש בפונקציית המהירות כתלות בזמן ולא בפונקציית המקום כתלות בזמן. ניתן להשתמש בפונקצייה זו רק לתנועה הרמונית פשוטה (תנועה שבה הכוח השקול מקיים: $\Sigma F = -K\cdot X$).

פונקציית התאוצה כתלות בזמן לתנועה הרמונית פשוטה (Cube 29)	כאשר גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה פונקציית תאוצת הגוף כתלות בזמן היא: $$\boxed{a(t) = -\omega^2 A\cos(\omega \cdot t + \theta_0)}$$ מהגדרת התאוצה, ניתן לקבל את פונקציית התאוצה כתלות בזמן מגזירת פונקציית המהירות כתלות בזמן. דוגמה: נחשב את תאוצת הגוף בדוגמה הנתונה כעבור 1.4 שניות (חצי זמן מחזור) מרגע תחילת התנועה. הגוף מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית, לכן זווית המופע ההתחלתית שווה לאפס. $$a(t) = -\omega^2 \cdot A \cdot \mathrm{Cos}(\omega \cdot t + \theta_0)$$ $$a(t) = -\left(\frac{2\cdot\pi}{T}\right)^2 \cdot A \cdot \mathrm{Cos}\left(\frac{2\cdot\pi}{T} \cdot t + 0\right)$$ $$a(1.4) = -\left(\frac{2\cdot\pi}{2.8}\right)^2 \cdot 5 \cdot \mathrm{Cos}\left(\frac{2\cdot\pi}{2.8} \cdot 1.4\right) = -(2.24)^2 \cdot 5 \cdot \mathrm{Cos}(\pi) = -25 \cdot (-1) = 25\,\frac{m}{s^2}$$ כעבור מחצית זמן המחזור מרגע תחילת תנועת הגוף, תאוצת הגוף היא 25 מטר לשנייה בריבוע. התאוצה חיובית הכוח פועל בכיוון הציר. 1. בהתאם לסימן המינוס בתחילת הפונקציה ולסימן הערך המתקבל מפונקציית הקוסינוס ערך התאוצה יכול להיות חיובי או שלילי. כאשר התאוצה חיובית, הכוח השקול הוא חיובי והוא פועל בכיוון החיובי של הציר. כאשר התאוצה שלילית הכוח השקול פועל נגד כיוון הציר. 2. לא קיים ביטוי לכוח השקול כתלות בזמן. בהתאם לחוק השני ניתן לבטא את הכוח השקול כתלות בזמן מהכפלת פונקציית המקום כתלות בזמן במסת הגוף. 3. אין צורך לפתח את פונקציות התנועה ההרמונית. (מקום-זמן, מהירות-זמן ותאוצה-זמן) שלושתן נתונות בדפי הנוסחאות. ניתן להשתמש בפונקציית $a(t)$ זו רק לתנועה הרמונית פשוטה (תנועה שבה הכוח השקול מקיים: $\Sigma F = -K \cdot X$)

פונקציית התאוצה כתלות במקום לתנועה הרמונית פשוטה (Cube 29)	כאשר גוף נע בתנועה הרמונית פשוטה ביטוי פונקציית תאוצת הגוף כתלות במקום הוא: $\boxed{a(x) = -\omega^2 \cdot X}$ ניתן לפתח את פונקציית התאוצה כתלות במקום מהצבת פונקציית המקום כתלות בזמן בפונקציית התאוצה כתלות בזמן. דוגמה: נחשב את תאוצת הגוף כאשר הוא נמצא בנקודת הקצה השלילית , במקום X=-5m. נשתמש בפונקציית התאוצה כתלות במיקום. $a(x) = -\omega^2 \cdot X = -\left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2 \cdot X = -\frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot X$ $a(-5) = -\frac{4 \cdot \pi^2}{2.8^2} \cdot (-5) = -5 \cdot (-5) = 25 \frac{m}{s^2}$ הגוף מגיע לנקודת הקצה השלילית למיקום X=-5m כעבור רבע זמן מחזור. מפונקציית המקום זמן ראינו שכעבור רבע זמן מחזור תאוצת הגוף היא 25 מטר לשנייה בריבוע. ניתן לחשב ערך זה של התאוצה ישירות בעזרת ביטוי תאוצת הגוף כתלות במקום. 1. מביטוי התאוצה כתלות במקום כאשר מיקום הגוף הוא חיובי התאוצה של הגוף שלילית וכאשר מיקום הגוף שלילי תאוצתו חיובית. 2. ביטוי התאוצה כתלות במיקום נמצא בדפי הנוסחאות. 3. נוח להשתמש בביטוי התאוצה כתלות במיקום במקרים בהם השאלה לא עוסקת בזמן התנועה בצורה מפורשת. (בדומה לביטוי ריבוע המהירויות). ניתן להשתמש בפונקציית a(x) זו רק לתנועה הרמונית פשוטה (תנועה שבה הכוח השקול מקיים: $\Sigma F = -K \cdot X$).

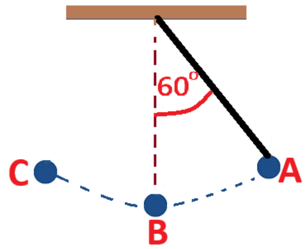
מטוטלת פשוטה

מטוטלת פשוטה שלא נעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)	מטוטלת פשוטה היא מערכת המורכבת מחוט המחובר בקצה אחד לתקרה ובקצהו השני לגוף נקודתי הנע בתנועה מחזורית בתנודות בין נקודות קצה. לדוגמה: נתון גוף התלוי על חוט המחובר לתקרה (איור 1). החוט מוסט בזווית α ביחס לאנך (איור 2) ולאחר מכן הגוף משוחרר ממנוחה ונע בתנודות מחזוריות (איור 3).



1. תנועת מטוטלת פשוטה היא תנועה מעגלית מחזורית בתאוצה משתנה.
2. נעסוק רק במקרים בהם תנועת הגוף מושפעת מכוח הכובד וכוח המתיחות בלבד (כל כוחות החיכוך זניחים).
3. כוח הכובד הפועל על הגוף הוא קבוע לעומת זאת כוח המתיחות משתנה בגודלו ובכיוונו.
בהתאם הכוח השקול הפועל על הגוף משתנה בגודלו ובכיוונו לכן הגוף נע בתאוצה משתנה בגודלה ובכיוונה.
4. כוח המתיחות פועל בניצב לתנועה הוא לא מבצע עבודה על הגוף, הכוח היחיד המבצע עבודה הוא כוח הכובד לכן האנרגיה המכנית נשמרת. כיוון שרק כוח הכובד מבצע עבודה ניתן להשתמש בתנועת מטוטלת פשוטה בשימור אנרגיה מכנית.

לדוגמה: נתון גוף נקודתי שמסתו 2 ק"ג המחובר לחוט שאורכו 1.5 מטר, הכדור מוסט בזווית 60 מעלות ומשוחרר ממנוחה, נסמן את נקודת שחרור הגוף באות A, את הנקודה התחתונה ביותר באות B ואת נקודת הקצה השמאלית ב C , כמוראה באיור.



מטוטלת פשוטה **שלא** נעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)	נחשב בעזרת שימור אנרגיה את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודה B. כיוון שרק כוח הכובד מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, נכתוב את משוואת שימור האנרגיה ונבטא ממנה את מהירות הגוף בנקודה B. (נבחר מישור ייחוס בגובה הנקודה B).

$$E_A = E_B$$

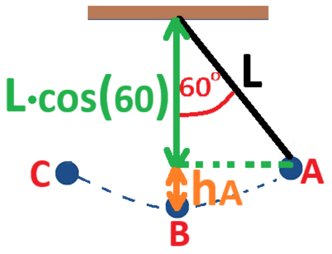
$$E_{K_A} + U_A = E_{K_B} + U_B$$

$$\cancel{E_{K_A}} + U_A = E_{K_B} + \cancel{U_B}$$

$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_B^2$$

$$V_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A}$$

נמצא גיאומטרית את h_A גובה הנקודה A מעל הנקודה B:
המרחק בין הנקודה B לתקרה שווה לאורך החוט L
המרחק בין הנקודה A לתקרה הוא $L \cdot cos(60)$ כמוראה באיור
נבטא את הגובה h_A :



$$L = h_A + L \cdot \cos(60)$$

$$h_A = L - L \cdot \cos(60)$$

נבטא בהתאם את מהירות הגוף בנקודה B ונחשב את גודלה:

מטוטלת פשוטה <u>שלא</u> נעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)	$L = h_A + L \cdot \cos(60)$ $h_A = L - L \cdot \cos(60)$ $V_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A} = \sqrt{2 \cdot g \cdot [L - L \cdot \cos(60)]}$ $V_B = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot [1.5 - 1.5 \cdot \cos(60)]} = \sqrt{20 \cdot 0.75} = \sqrt{15} = 3.87 \frac{m}{s}$

5. התאוצה הרדיאלית מתארת את קצב השינוי <u>בכיוון</u> תנועת הגוף.

בתנועת מטוטלת פשוטה ניתן לחשב את התאוצה הרדיאלית בעזרת ביטוי התאוצה הרדיאלית לתנועה מעגלית $a_R = \frac{V^2}{R}$.
(ביטוי התאוצה הרדיאלית מתאים גם לתנועה מעגלית לא קצובה).

לדוגמה: נחשב את התאוצה הרדיאלית של הגוף הנע בתנועת מטוטלת פשוטה, בדוגמה הנתונה, כאשר הגוף חולף בנקודה B:

$$a_{R_B} = \frac{{V_B}^2}{R} = \frac{3.87^2}{1.5} = \frac{15}{1.5} = 10 \frac{m}{s^2}$$

התאוצה הרדיאלית מקסימאלית בנקודה B, ושווה לאפס בנקודות הקצה A ו- C (בנקודות אלו הגוף עוצר רגעית).

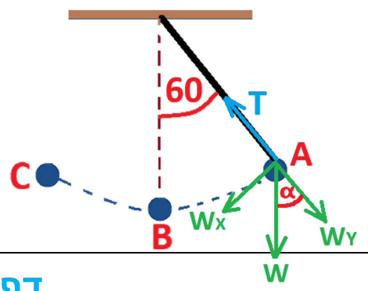
6. התאוצה המשיקית מתארת את קצב השינוי <u>בגודל</u> מהירות הגוף.

בתנועת מטוטלת פשוטה כוח המתיחות פועל בניצב לתנועה הוא לא משנה את גודל המהירות.
מהירות הגוף משתנה כתוצאה מרכיב כוח הכובד הפועל בכיוון המשיק למסלול תנועת הגוף. מהחוק השני של ניוטון היחס שבין רכיב זה של כוח הכובד למסת הגוף שווה לתאוצתו המשיקית של הגוף.

לדוגמה: נחשב את התאוצה המשיקית a_T של הגוף בנקודת השחרור A.

$$a_{T_A} = \frac{\Sigma F_T}{m} = \frac{Wx}{m} = \frac{mg \cdot \sin(60)}{m} = g \cdot \sin(60) = 8.66 \frac{m}{s^2}$$

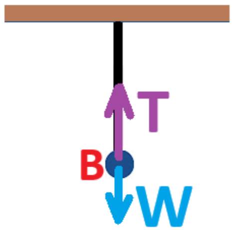
התאוצה המשיקית בנקודה B שווה לאפס, והיא מקסימאלית בנקודות הקצה A ו- C.



מטוטלת פשוטה <u>שלא</u> נעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)	7. תאוצת הגוף בכל נקודה שווה לסכום הווקטורי של התאוצה המשיקית והרדיאלית. כיוון ששני תאוצות אלו ניצבות זו לזו ניתן לחשב את גודל התאוצה בעזרת משפט פיתגורס ואת כיוונה בעזרת פונקציית הטגנס.

8. ניתן לחשב את כוח המתיחות בעזרת משוואת התנועה המעגלית , בכל נקודה בה הגוף נמצא כוח המתיחות פועל בכיוון רדיאלי.

לדוגמה: נחשב בעזרת משוואת התנועה המעגלית את גודל מתיחות החוט כאשר הגוף חולף בנקודה B.
נערוך תרשים כוחות לרגע בו הגוף חולף בנקודה B:



נכתוב את משוואת התנועה המעגלית:

$$\Sigma F_{R_B} = \frac{m \cdot V_B{}^2}{R}$$

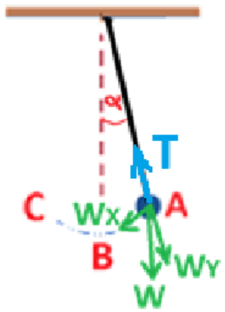
$$T - W = \frac{m \cdot V_B{}^2}{R}$$

נבטא מהמשוואה את כוח המתיחות ונחשב את ערכו:

$$T = \frac{m \cdot V_B{}^2}{R} + m \cdot g = \frac{2 \cdot 3.87^2}{1.5} + 2 \cdot 10 = 20 + 20 = 40N$$

9. באופן כללי הגוף נע בתנועה מחזורית בין נקודות קצה אך כיוון שהגוף לא נע רק בזוויות קטנות הגוף לא נע בקו ישר והכוח השקול לא מקיים $\Sigma F = -C \cdot X$. לכן לא ניתן להתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה

מטוטלת פשוטה הנעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)	כאשר מטוטלת מוסטת בזווית התחלתית קטנה (כמוראה באיור) בקירוב ניתן לומר שהגוף נע לאורך קו ישר בתנועה הרמונית פשוטה.



θ°	θRad	sin(θRad)
0	0	0
5.7	0.1	0.0998
11.45	0.2	0.1986
17.18	0.3	0.2955
22.9	0.4	0.3894
28.6	0.5	0.4794
34.3	0.6	0.5646
40.1	0.7	0.6442

הוכחה שתנועת מטוטלת פשוטה היא בקירוב תנועה הרמונית פשוטה.

1. רכיב כוח הכובד W_x פועל אל נקודת שיווי המשקל (B). וגודלו הוא $Wx = mg \cdot \sin(\alpha)$

2. בקירוב לזוויות קטנות ערך סינוס הזווית ברדיאן שווה לזווית. כפי שניתן לראות בטבלה, מקובל לומר שבזווית קטנה מ 30 מעלות מתקיים בקירוב :

$$\sin(\alpha) = \alpha$$

3. נבטא את זווית נטיית החוט ברדיאן כתלות באורך הקשת וברדיוס התנועה המעגלית. רדיוס התנועה המעגלית שווה לאורך החוט L .

$$\alpha = \frac{\Delta S}{R} = \frac{\Delta S}{L}$$

5. ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל אורך הקשת שווה למיקום הגוף ביחס לציר.

לכן: $\sin(\alpha) = \alpha = \frac{\Delta s}{L} = \frac{X}{L}$.

נכתוב בהתאם ביטוי לכוח השקול ככוח מחזיר ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל:

$$\Sigma F = -\frac{mg}{L} \cdot X$$

מביטוי הכוח השקול ניתן לקבוע שכאשר המטוטלת נעה בזוויות קטנות ניתן להתייחס לתנועת הגוף כאל תה"פ בקירוב.

ניתן להתייחס לתנועת מטוטלת פשוטה כתנועה הרמונית רק כאשר הגוף נע בזוויות קטנות וכל כוחות החיכוך זניחים.

מטוטלת פשוטה הנעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)

זמן המחזור של גוף הנע בתנועת מטוטלת פשוטה בזוויות קטנות תלוי רק באורך החוט ובקבוע הגרביטציה.

ביטוי זמן המחזור הוא: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$.

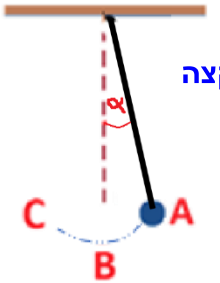
ניתן לפתח את ביטוי זמן המחזור לתנועת מטוטלת פשוטה בעזרת ביטוי זמן המחזור של תנועה הרמונית ובהתאם לקבוע התנועה הרמונית של מטוטלת פשוטה.

1. הצורה הכללית של הכוח השקול בתנועה הרמונית פשוטה הוא: $\Sigma F = -C \cdot X$ (המקדם C נקרא קבוע התנועה ההרמונית).
2. ביטוי הכוח השקול של מטוטלת פשוטה בקירוב לזוויות קטנות הוא: $\Sigma F = -\frac{mg}{L} \cdot X$.

לכן קבוע התנועה ההרמונית של מטוטלת פשוטה הוא $C = \frac{mg}{L}$.

נכתוב בהתאם ביטוי לזמן המחזור של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\frac{mg}{L}}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$



לדוגמה: נתון גוף נקודתי שמסתו 2 ק"ג המחובר לחוט שאורכו 1.5 מטר, הכדור מוסט בזווית 30 מעלות ומשוחרר ממנוחה, נסמן את נקודת שחרור הגוף באות A, את הנקודה התחתונה ביותר באות B ואת נקודת הקצה השמאלית ב C, כמוראה באיור.

נתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה, נחשב את זמן מחזור התנועה:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{1.5}{10}} = 2.43s$$

דוגמה נוספת נחשב את זמן תנועת הגוף מהנקודה A ועד שהגוף חולף בפעם הראשונה בנקודה B.
זמן זה שווה לרבע זמן מחזור.

$$t = \frac{T}{4} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}}{4} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{1.5}{10}}}{4} = 0.6s$$

ניתן להשתמש בביטוי זמן המחזור של תנועת מטוטלת פשוטה בקירוב רק אם כל זמן התנועה זווית נטיית החוט לא גדולה מ 30^0.

מטוטלת פשוטה הנעה רק בזוויות קטנות (Cube 29)	1. אנחנו מתייחסים לתנועת מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות בקירוב כאל תנועה הרמונית פשוטה. ניתן להשתמש בכל הביטויים והפונקציות של תנועה הרמונית פשוטה גם לתנועת מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות. 2. כמו בכל תנועה הרמונית פשוטה גם בתנועת מטוטלת אם ברגע תחילת התנועה הגוף לא נמצא בנקודת הקצה החיובית יש להשתמש בפונקציות התלויות בזמן בזווית מופע התחלתית . 3. ניתן לתאר גאומטרית את מיקום הגוף בעזרת זווית נטיית החוט ואורך החוט, בעזרת פונקציית הסינוס. 4. גם בתנועת מטוטלת פשוטה בזוויות קטנות כל עוד רק כוח הכובד מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת. ניתן לכתוב את משוואת שימור האנרגיה ולבטא את מהירות הגוף בכל מקום כתלות בגובה הגוף מעל מישור ייחוס נבחר. 5. ערך המהירות המתקבל משימור האנרגיה הוא מדויק יותר מהערך המתקבל משימוש בפונקציות המהירות של תה"פ. 6. כאשר זווית נטיית החוט היא גדולה, אנחנו לא משתמשים בפונקציות התה"פ גם לא לקטע התנועה שבו זווית נטיית החוט היא קטנה. אנחנו נתייחס לתנועת מטוטלת פשוטה כתה"פ רק במקרים שבהם הגוף מוסט בזווית קטנה ומשוחרר ממנוחה. בכל מקרה אחר של מטוטלת פשוטה (כל עוד רק כוח הכובד מבצע עבודה) ניתן להשתמש בשימור אנרגיה מכנית ולא בפונקציות התה"פ.

פרקטיקות 1- תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ) בקפיץ אופקי

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ) היא תנועה בה פועל על הגוף כוח שקול משתנה, ביחס לציר ומתקיים: $\Sigma F = -C \cdot X$. (C הוא קבוע התנועה ההרמונית).

גוף המחובר לקפיץ אופקי ונע על משטח אופקי חלק הכוח השקול הוא כוח הקפיץ, ומתקיים: $\Sigma F = -K \cdot X$ (קבוע התנועה ההרמונית הוא קבוע הקפיץ).

בנוסף לתה"פ של גוף המחובר לקפיץ נעסוק גם בתנועת מטוטלת הנעה בקירוב בתנועה הרמונית פשוטה.

תה"פ היא תנועה בתאוצה משתנה בגודלה ובכיוונה, הפונקציות שהכרנו בקינמטיקה מתאימות רק לתנועה בתאוצה קבועה, לתיאור תה"פ פותחו פונקציות וביטויים ייחודיים (בהתבסס על פונקציית הסינוס). הפונקציות והביטויים נתונים בדפי הנוסחאות:

זמן המחזור	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$
מטוטלת פשוטה (מתמטית)	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

מהירות	$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$
	$v = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - x^2}$
תאוצה	$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi) = -\omega^2 x$

שקול הכוחות בתנועה הרמונית	$\Sigma\vec{F} = -c\vec{x}$
	$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$
נוסחת מקום-זמן	$x = A\cos(\omega t + \phi)$

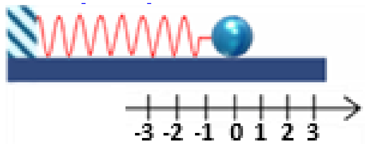
נושאי התרגול:

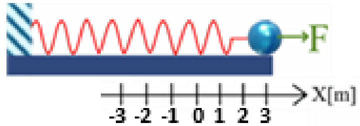
הגדרת התנועה ותרגול תה"פ במקרה בו זווית המופע ההתחלתית שווה לאפס.

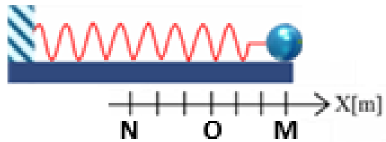
תרגול תה"פ במקרים בהם זווית המופע ההתחלתית שונה מאפס.

תרגול מסכם.

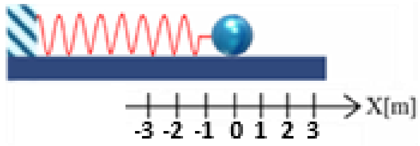
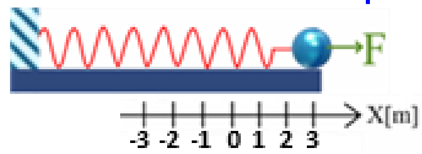
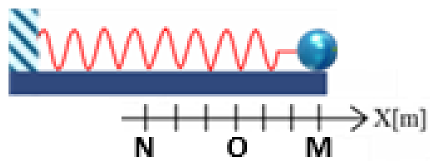
א. תנועה הרמונית פשוטה בקפיץ אופקי.

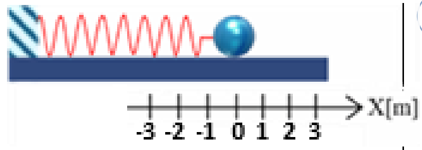
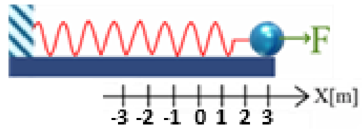
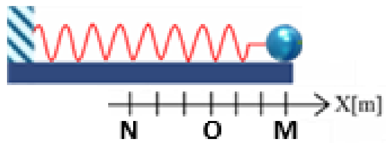
<table>
<tr><th>תיאור התנועה</th><th>חישוב נדרש</th><th>העקרונות הפיזיקליים</th><th>תשובה</th><th>הערות חשובות</th><th>פתרון מלא</th></tr>
<tr>
<td rowspan="3">1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי חלק.


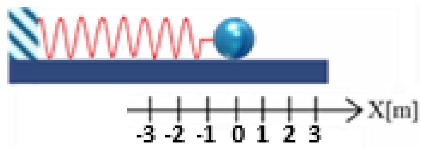
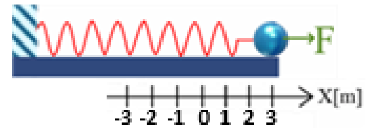
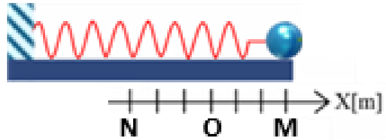
כוח חיצוני F מסיט את הגוף ימינה למיקום X=3m.


הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממנוחה בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודת ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית X=-3m באות N.


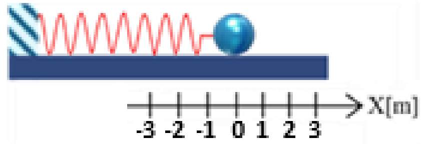
נחלק את תנועת הגוף לארבע קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .</td>
<td>1.1- מדוע תנועת הגוף היא תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ).</td>
<td rowspan="3"><u>כוח מחזיר</u>: כוח הפועל להחזיר גוף מוסט אל נקודת שיווי המשקל. הוא מוגדר ביחס לציר תנועה.
<u>תנועה הרמונית פשוטה</u>
תנועה שבה ביטוי הכוח השקול הוא : $\Sigma F = -C \cdot X$
<u>נקודת שיווי משקל:</u>
נקודה בה הכוח שקול שווה לאפס.
<u>משרעת התנועה - A:</u>
המרחק שבין נקודות הקצה לנקודת שיווי המשקל.</td>
<td>ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל ביטוי הכוח השקול הוא: $\Sigma F = -K \cdot X$ לכן הגוף נע בתנועה הרמונית פשוטה.</td>
<td>1. כל תנועה שבה מתקיים $\Sigma F = -C \cdot X$ היא תה"פ. C נקרא קבוע התנועה ההרמונית.
2. ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות והביטויים של תה"פ ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל.</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14426</td>
</tr>
<tr>
<td>1.2- מה היא משרעת התנועה?</td>
<td>$A = 3m$</td>
<td>כאשר גוף נע בתה"פ יש נקודת קצה חיובית ונקודת קצה שלילית. ערך משרעת התנועה הוא חיובי תמיד.</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14427</td>
</tr>
<tr>
<td>1.3- כיצד משתנה מהירות הגוף ותאוצתו ברבע מחזור התנועה הראשון מנקודה M לנקודה O.</td>
<td>בתנועה מנקודה M לנקודה O:
המהירות קטנה.
(לא גודל המהירות)
והתאוצה גדלה.
(לא גודל התאוצה)</td>
<td>1.השאלה עוסקת במהירות ובתאוצה ולא בגודל המהירות וגודל התאוצה.
2. כאשר גודל פיזיקלי משתנה מערך שלילי לערך יותר שלילי – הגודל הפיזיקלי קטן. לדוגמא אם הטמפרטורה משתנה ממינוס 20 מעלות למינוס 40 מעלות הטמפרטורה קטנה (למרות שבערכה המוחלט הטמפרטורה גדלה).</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14428</td>
</tr>
</table>

1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי חלק. 	**1.4-** כיצד משתנה גודל מהירות הגוף וגודל תאוצתו ברבע מחזור התנועה השני מנקודה O לנקודה N.	<u>כוח מחזיר</u>: כוח הפועל להחזיר גוף מוסט אל נקודת שיווי המשקל. הוא מוגדר ביחס לציר תנועה.	בתנועה מנקודה O לנקודה N: גודל המהירות קטן. וגודל התאוצה גדל.	3. כוח הקפיץ מתואר ביחס לציר, כאשר הכוח פועל בכיוון הציר הכוח חיובי. וכאשר הכוח פועל נגד כיוון הציר הכוח שלילי. 4. מהחוק השני של ניוטון כאשר הכוח שלילי גם התאוצה שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14429
כוח חיצוני F מסיט את הגוף ימינה למיקום X=3m. 	**1.5-** כיצד משתנה מהירות הגוף ותאוצתו ברבע מחזור התנועה השלישי מנקודה N לנקודה O.	<u>תנועה הרמונית פשוטה</u> תנועה שבה ביטוי הכוח השקול הוא : $$\Sigma F = -C \cdot X$$ <u>נקודת שיווי משקל:</u> נקודה בה הכוח שקול שווה לאפס.	בתנועה מנקודה N לנקודה O: המהירות גדלה. והתאוצה קטנה.	5. המהירות שלילית כאשר הגוף נע נגד כיוון הציר. 6. כל ארבעת רבעי התנועה הם לאורך מרחק זהה. גודל שינוי המהירות בכל אחד מרבעי התנועה הוא זהה, לכן כל ארבעת רבעי התנועה נמשכים פרק זמן זהה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14430
הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממנוחה בתנודות בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודת ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית x=-3m באות N. 	**1.6-** כיצד משתנה מהירות הגוף ותאוצתו ברבע מחזור התנועה הרביעי מנקודה O לנקודה M.	<u>משרעת התנועה-A:</u> המרחק שבין נקודות הקצה לנקודת שיווי המשקל.	בתנועה מנקודה O לנקודה M: המהירות קטנה. והתאוצה קטנה.	7. סכום זמני ארבעת רבעי התנועה שווה למחזור התנועה הרמונית T. 8. ביטוי זמן המחזור מופיע בדפי הנוסחאות. כתלות בקבוע התנועה ההרמונית C. בתה"פ בקפיץ C=K.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14431
נחלק את תנועת הגוף לארבעה קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .	**1.7-** קבע לכל אחד מרבעי מחזור התנועה את סימן המהירות ואת הסימן התאוצה .	<u>מחזור התנועה-T:</u> הזמן שעובר מרגע שהגוף מתחיל לנוע ועד שהוא משלים מחזור תנודה אחד.	<u>רבע א'</u>- תאוצה שלילית מהירות שלילית. <u>רבע ב'</u>- תאוצה חיובית מהירות שלילית. <u>רבע ג'</u>- תאוצה חיובית מהירות חיובית. <u>רבע ד'</u>- תאוצה שלילית מהירות חיובית.	סימן התאוצה נקבע בהתאם למיקום הגוף ביחס לציר (לא תלוי בכיוון התנועה). סימן המהירות נקבע בהתאם לכיוון התנועה ביחס לציר (לא תלוי במיקום הגוף).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14515

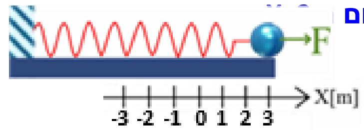
שאלה	סעיף	נוסחאות	פתרון	קישור
1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי  כוח חיצוני F מסיט את הגוף ימינה למיקום X=3m.  הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממונחה בתנודות בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודת ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית X=-3m באות N.  נחלק את תנועת הגוף לארבע קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .	**1.8 – חשב את זמן מחזור התנודה T.**	**זמן המחזור של תה"פ:** $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ **פונקציית X(t) לתה"פ:** $X(t) = A\cdot\cos(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית V(t) לתה"פ:** $V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית V(x) לתה"פ:** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ **פונקציית a(t) לתה"פ:** $a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית a(x) לתה"פ:** $a(X) = -\omega^2\cdot X$	$T = 3.973s$ 1. מביטוי זמן המחזור ניתן לראות שככל שמסת הגוף גדולה וככל שקבוע הקפיץ קטן כך זמן המחזור גדל. 2. ביטוי זמן המחזור של כל תנועה הרמונית פשוטה הוא $. T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{C}}$ מביטוי הכוח השקול הפועל על גוף המחובר לקפיץ אופקי ונע בתה"פ $\Sigma F = -K\cdot X$ קבוע התנועה ההרמונית C הוא קבוע הקפיץ *K*.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14432
	1.9 – חשב את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא מגיע לנקודה N.		$t = 1.987s$ תנועה הרמונית פשוטה מורכבת מארבעה רבעים של מחזור תנועה שלם. פרקי הזמן של ארבעת הרבעים הם זהים. הגוף נע מנקודת הקצה החיובית לנקודת הקצה השלילית במשך שני רבעי תנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14433
	-1.10 חשב את מיקום הגוף כעבור 1.985 שניות מרגע שחרורו. **השתמש בפונקציית X(t) לתה"פ.**		$X = -3m$ 1.הגוף מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית, זווית המופע היא אפס. 2. יחידות התדירות הזוויתית הן רדיאן לשנייה. מהכפלת התדירות הזוויתית בזמן מתקבל ערך ביחידות של רדיאן יש להשתמש בפונקציית הקוסינוס במחשבון ברדיאנים. 3. כעבור מחצית זמן המחזור הגוף מגיע לנקודת הקצה השלילית.(כפי שראינו בסעיף 1.8).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14435

1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי חלק.  כוח חיצוני F מסיט את הגוף ימינה למיקום X=3m.  הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממנוחה בתנודות בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודת ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית X=-3m באות N.  נחלק את תנועת הגוף לארבעה קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .	**1.11- ברבע המחזור הראשון הגוף נע ממיקום X=3m למיקום X=0m האם זמן תנועת הגוף ממיקום X=3m למיקום X=1.5m שווה לשמינית זמן מחזור?**	**זמן המחזור של תה"פ:** $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ **פונקציית X(t) לתה"פ:** $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ **פונקציית V(t) לתה"פ:** $V(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \Theta_0)$ **פונקציית V(x) לתה"פ:** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ **פונקציית a(t) לתה"פ:** $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ **פונקציית a(x) לתה"פ:** $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	**לא** **1.הגוף נע בכל רבע מחזור תנועה במהירות משתנה, זמן תנועת הגוף מנקודה X=3m לנקודה X=1.5m הוא גדול מזמן תנועת הגוף מנקודה X=1.5m לנקודה הראשית.** **2. ניתן למצוא את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו עד לכל נקודה בעזרת פונקציית x(t) לתה"פ.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14434
	1.12- חשב את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא מגיע למיקום X=1.5m בפעם הראשונה. **השתמש בפונקציית X(t) לתה"פ.**		$t = 0.66s$ **1. בעזרת פונקציית X(t) לתה"פ ניתן לחשב את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת התנועה ועד לכל נקודה אליה מגיע הגוף.** **2. הגוף נע לאורך שמינית מחזור התנועה, זמן תנועתו גדול משמינית המחזור) כפי שראינו בסעיף 1.9(.** **3. גם בביצוע פעולת shift cos במחשבון יש לוודא שהמחשבון פועל ב- rad ולא ב-deg.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14436

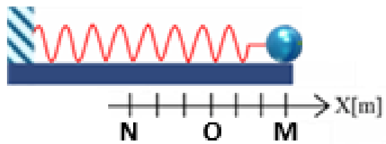
1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי חלק.



כוח חיצוני F מסיט את הגוף ימינה למיקום



הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממונחה בתנודות בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודת ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית x=-3m באות N.



נחלק את תנועת הגוף לארבעה קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .

1.13- חשב את זמן תנועת

הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא מגיע למיקום X=1.5m בפעם השנייה.

זמן המחזור של תה"פ:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

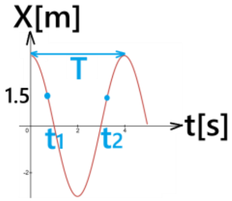
$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$

$$t = 3.31s$$

לפונקציית הקוסינוס יש שני ערכים זהים בכל מחזור. גם בתה"פ הגוף חולף במחזור אחד פעמיים בכל מקום.(למעט נקודות הקצה). כיוון שפונקציית הקוסינוס היא סימטרית מתקיים: $t_2 = T - t_1$



לכן הזמן שעובר מרגע תחילת התנועה ועד שהגוף מגיע למיקום x=1.5m בפעם השנייה שווה לזמן המחזור פחות הזמן שעובר מרגע תחילת התנועה ועד הפעם הראשונה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14437

1.14- חשב את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודת ראשית הציר בפעם הראשונה.

השתמש בפונקציית V(t) לתה"פ.

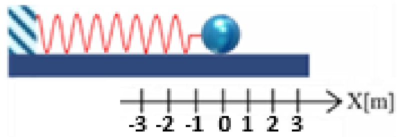
$$V = -4.74\frac{m}{s}$$

1. הגוף חולף בפעם הראשונה בנקודת ראשית הציר כעבור רבע זמן מחזור מרגע תחילת התנועה.

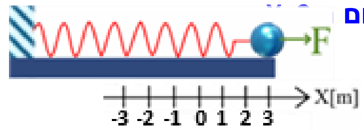
2.ערך המהירות המתקבל מהפונקציה הוא שלילי. בפעם הראשונה שהגוף חולף בראשית הוא נע נגד כיוון הציר, לכן מהירותו שלילית.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14438

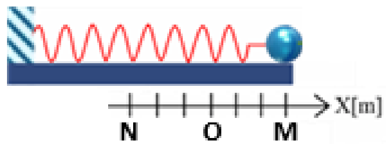
1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי חלק.



כוח חיצוני F מסיט את הגוף ימינה למיקום



הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממנוחה בתנודות בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודה ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית X=-3m באות N.



נחלק את תנועת הגוף לארבעה קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .

זמן המחזור של תה"פ:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$

1.15- חשב את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודת ראשית הציר בפעם השנייה.

השתמש בפונקציית V(X) לתה"פ.

$$V = 4.74\frac{m}{s}$$

משימוש בפונקציית המהירות כתלות במקום תמיד מתקבלות שתי תשובות, האחת חיובית והשנייה שלילית. יש לבחור את התשובה המתאימה בהתאם לכיוון תנועת הגוף ביחס לכיוון הציר. במקרה זה, בפעם השנייה שהגוף חולף בנקודת הראשית הגוף נע בכיוון הציר, לכן מהירותו חיובית.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14439

1.16- חשב את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודת ראשית הציר בפעם השלישית.

השתמש בשימור אנרגיה.

$$V = -4.74\frac{m}{s}$$

1. כוח הקפיץ הוא כוח משמר. כיוון שרק כוח הקפיץ מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת. ניתן למצוא את מהירות הגוף בכל מקום בו הגוף חולף משימור אנרגיה.
2. אנרגיה היא גודל חסר כיוון לא ניתן למצוא את כיוון התנועה או את סימן המהירות משימור אנרגיה.
3. בנקודת הראשית האנרגיה הפוטנציאלית שווה לאפס לכן מהירותו בנקודת הראשית היא מקסימאלית.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14440

1.17- חשב את תאוצת הגוף כאשר הוא חולף במיקום X=1.5m בפעם הראשונה.

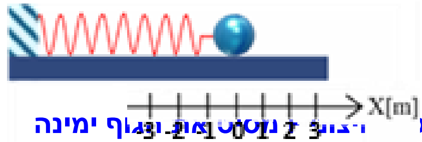
השתמש במשוואות הדינמיקה.

$$a = -3.75\frac{m}{s^2}$$

1. כאשר הכוח השקול הוא שלילי (פועל נגד כיוון הציר) מהחוק השני גם התאוצה היא שלילית.
2. ניתן להשתמש בחוק השני של ניוטון גם כאשר הגוף נע בתאוצה משתנה.

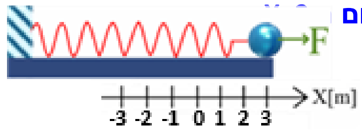
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14441

1. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. הגוף נח על משטח אופקי חלק.

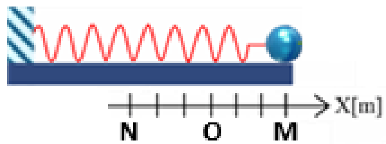


את הגוף ימינה

למיקום



הכוח מפסיק את פעולתו, והגוף נע ממנוחה בתנודות בתנועה הרמונית פשוטה סביב נקודה ראשית הציר. נסמן את נקודת הקצה החיובית X=3m באות M ואת נקודת הקצה השלילית X=-3m באות N.



נחלק את תנועת הגוף לארבעה קטעי תנועה: א- MO. ב- ON . ג-NO. ד-OM .

1.18- חשב את תאוצת הגוף כאשר הוא חולף במיקום X=1.5m בפעם השניה.

השתמש בפונקציית a(X)

לתה"פ.

1.19- חשב את תאוצת הגוף כאשר הוא חולף במיקום X=1.5m בפעם השלישית.

השתמש בפונקציית a(t)

לתה"פ.

הנחיה: בסעיף 1.11 ראינו שכעבור 0.66 שניות מרגע תחילת תנועת הגוף הוא מגיע למיקום x=1.5m בפעם הראשונה.

זמן המחזור של תה"פ:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$

$$a = -3.75\frac{m}{s^2}$$

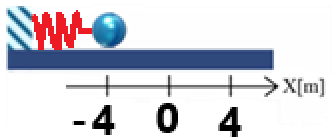
1. סימן התאוצה מתקבל מפונקציית a(x) בהתאם לסימן המיקום ולסימן המינוס המופיע בתחילת הביטוי.
2. כיוון הכוח השקול (והתאוצה) תלוי רק במיקום הגוף. כאשר מיקום הגוף הוא חיובי התאוצה שלילית וכאשר המיקום שלילי התאוצה חיובית. בכל פעם שהגוף חולף בנקודה x=1.5m תאוצתו שלילית.

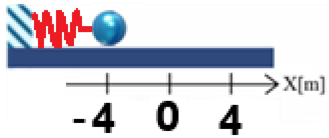
https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14443

$$a = -3.75\frac{m}{s^2}$$

1. כדי למצוא את תאוצת הגוף בנקודה מסוימת עדיף להשתמש בפונקציית התאוצה כתלות במיקום ולא בפונקציית התאוצה כתלות בזמן. כתרגול אנחנו משתמשים בפונקציות שונות לאותה השאלה.
2. הזמן שעובר בין הפעם הראשונה שהגוף חולף בנקודה מסוימת לפעם השלישית שהגוף חולף באותה הנקודה הוא זמן מחזור T.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14442

2. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי מכוון בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל. הגוף מוחזק במיקום X=-4m כמוראה באיור הבא:  לאחר שחרור הגוף הוא נע בתנועה הרמונית פשוטה, סביב נקודת שיווי המשקל.	**2.1-** חשב את זמן מחזור התנועה?	<u>זמן המחזור של תה"פ:</u> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ <u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u> $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u> $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u> $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ <u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u> $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u> $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$T = 1.985s$ זמן המחזור לא תלוי במשרעת התנועה, הוא תלוי רק בקבוע הקפיץ ובמסת הגוף הנע. לכן זמן המחזור במקרה זה שווה לזמן המחזור בסעיף 1.7.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14444
	2.2- חשב את מיקום הגוף ברגע t=0.2s?		$X = -3.8m$ 1. כאשר הגוף לא מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית ערך זווית המופע ההתחלתית שונה מאפס. יש למצוא את ערכו כדי להשתמש בפונקציות התלויות בזמן. 2. כדי למצוא את ערך זווית המופע ההתחלתית מומלץ לתאר את מיקום הגוף כתלות בזמן ובנפרד את פונקציית הקוסינוס ולחשוב כיצד להזיז את פונקציית הקוסינוס בציר הזמן כך שהפונקציה שתתאים לתנועת הגוף. הסבר מפורט קיים בפתרון המלא. במקרה זה $\Theta_0 = +\pi$. 3. לאחר קביעת ערך זווית המופע ההתחלתית כדאי לבצע בדיקה ולוודא שהערך של $X(0)$ המתקבל הוא נכון.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14446
	2.3- חשב את מהירות הגוף ברגע t=0.2s?		$V = 1.96\frac{m}{s}$ 1. יש להשתמש באותו ערך θ_0 בכל הפונקציות. 2. ברגע t=0.2s הגוף נע בכיוון הציר, לכן מהירותו חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14447
	2.4- חשב את תאוצת הגוף ברגע t=0.2s? השתמש ב <u>a(t)</u> לתה"פ.		$a = 9.5\frac{m}{s^2}$ ברגע t=0.2s הכוח השקול פועל ימינה, בכיוון הציר. לכן תאוצת הגוף היא חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14448

2. גוף שמסתו 2 ק"ג מחובר לקפיץ אופקי מכוון בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. תנועת הגוף מתוארת ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל. הגוף מוחזק במיקום X=-4m כמוראה באיור הבא:  לאחר שחרור הגוף הוא נע בתנועה הרמונית פשוטה, סביב נקודת שיווי המשקל.	**2.5-** חשב את תאוצת הגוף ברגע t=0.2? השתמש בפונקציית **a(X)** לתה"פ.	<u>זמן המחזור של תה"פ:</u> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ <u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u> $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u> $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u> $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ <u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u> $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u> $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$a = 9.5\frac{m}{s^2}$ 1. פונקציית התאוצה כתלות במקום לא תלויה בזווית המופע ההתחלתית. 2. מתמטית סימן המהירות המתקבל מפונקציית המהירות כתלות במקום הוא שלילי וגם חיובי, יש לקבוע את סימן המהירות בהתאם לכיוון תנועת הגוף ביחס לציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14449
	2.6- חשב את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא מגיע בפעם הראשונה למיקום X=3m.		$t = 1.53s$ 1. גם בביצוע פעולת shift cos במחשבון יש לוודא שהמחשבון פועל ב- rad ולא ב-deg. 2. בתה"פ זמן תנועת הגוף מנקודה לנקודה לא תלוי בכיוון התנועה, לכן ניתן להשתמש בזמן שלילי. 3.בפונקציית מקום זמן ניתן להציב $+\frac{\pi}{2}$ או $-\frac{\pi}{2}$ נקבל מיקום זהה. לאחר פעולת shift cos נקבל שני זמנים, שניהם נכונים, החולף באותו מקום בשני זמנים שונים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14450
	2.7- חשב את זמן תנועת הגוף ממיקום X=3m למיקום X=4m.		$t = 0.455s$ בסעיף הקודם חישבנו את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת תנועתו ועד שהוא חולף במיקום X=3m. זמן תנועת הגוף מתחילת התנועה ועד למיקום x=4m הוא חצי זמן מחזור. משני זמנים אלו ניתן לחשב את זמן תנועת הגוף ממיקום X=3m למיקום X=4m.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14451

שאלה	סעיף	נוסחאות	תשובה	קישור
3. גוף שמסתו 2 ק"ג נע שמאלה על משטח אופקי חלק במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה. הגוף נע לעבר קפיץ רפוי בעל קבוע קפיץ של 5 ניוטון מטר. הגוף מתנגש בקפיץ ומוחזר ממנו ימינה. באיור הבא מתואר מיקום הגוף ביחס לציר שכיוונו ימינה וראשיתו בנקודה בה נמצא הגוף ברגע הפגיעה. 	3.1- הסבר מדוע תנועת הגוף מרגע פגיעתו בקפיץ ועד שהוא ניתק מהקפיץ היא תנועה הרמונית פשוטה.	זמן המחזור של תה"פ: $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ פונקציית X(t) לתה"פ: $X(t) = A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ פונקציית V(t) לתה"פ: $V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t+\theta_0)$ פונקציית V(x) לתה"פ: $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2-X^2}$ פונקציית a(t) לתה"פ: $a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ פונקציית a(x) לתה"פ: $a(X) = -\omega^2\cdot X$ זמן המחזור של תה"פ:	ביחס לציר הנתון ביטוי הכוח השקול הוא: $\Sigma F = -K\cdot X$ לכן תנועת הגוף היא תנועה הרמונית פשוטה. יש לקבוע את סוג התנועה כתנועה הרמונית פשוטה כדי שניתן יהיה להשתמש בפונקציות התה"פ.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14452
	3.2.1- מה כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף בפעם הראשונה שהגוף חולף בנקודה X=-2m.		כיון הכוח הוא ימינה הגוף נמצא משמאל לנקודת שיווי המשקל, כיוון הכוח השקול הוא ימינה בכיוון הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14453
	3.2.2- מה כיוון הכוח השקול בפעם השנייה שהגוף חולף בנקודה X=-2m.		כיוון הכוח הוא ימינה 1. כיוון התנועה משתנה אך כיוון הכוח לא משתנה. 2. מביטוי התאוצה $a(X) = -\omega^2\cdot X$ סימן התאוצה נקבע בהתאם לסימן המיקום , לא תלוי בכיוון התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14516
	3.3- חשב את זמן תנועת הגוף מרגע תחילת התנועה ההרמונית ועד לסיומה.		$t = 1.98s$ בתנועה זו הגוף נע לאורך מחצית מחזור התנועה של תה"פ שלימה לכן זמן תנועתו שווה למחצית זמן המחזור.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14460

3. גוף שמסתו 2 ק"ג נע שמאלה על משטח אופקי חלק במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה. הגוף נע לעבר קפיץ רפוי בעל קבוע קפיץ של 5 ניוטון מטר. הגוף מתנגש בקפיץ ומוחזר ממנו ימינה.

באיור הבא מתואר מיקום הגוף ביחס לציר שכיוונו ימינה וראשיתו בנקודה בה נמצא הגוף ברגע הפגיעה.

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$

שימור אנרגיה מכנית

$$E_{K_A} + U_A = E_{K_{C2}} + U_C$$

$$U = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X^2$$

3.4- חשב את התדירות הזוויתית.	$\omega = 1.58\frac{rad}{s}$ התדירות הזוויתית תלויה בזמן מחזור שלם T ולא בזמן תנועת הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14517
3.5- חשב את ערך הכיווץ המירבי של הקפיץ.	$A = 5.05m$ 1.ערך הכיווץ המקסימאלי שווה לערך משרעת התנועה. 2. גודל מהירות הגוף ברגע ההתנגשות שווה לגודל המהירות המקסימאלית של התנועה הרמונית הפשוטה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14454
3.6- חשב את מיקום הגוף כעבור 0.253 שניות מרגע תחילת תנועתו.	$X = -2m$ ערך הזמן המחושב בסעיף הקודם הוא לא מדויק לחלוטין.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14456
3.7- חשב את זמן תנועת הגוף מרגע הפגיעה ועד לרגע שבו הגוף מגיע לראשונה למיקום X=-2m	$t = 0.253s$ ברגע תחילת התנועה הגוף לא נמצא בנקודה הקצה החיובית, לכן כדי להשתמש בפונקציות התה"פ התלויות בזמן יש צורך בזווית המופע התחלתית. (זווית המופע ההתחלתית היא פלוס חצי פאי. ראו פתרון מלא).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14455
3.8- חשב את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודה X=-2m בפעם הראשונה. השתמש בפונקציית V(t)	$V = -7.35\frac{m}{s}$ לכל פונקציות התה"פ התלויות בזמן המתארות את אותה התנועה יש את אותה זווית המופע ההתחלתית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14457

275

<table>
<tr>
<td rowspan="4">3. גוף שמסתו 2 ק"ג נע שמאלה על משטח אופקי חלק במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה.
הגוף נע לעבר קפיץ רפוי בעל קבוע קפיץ של 5 ניוטון מטר. הגוף מתנגש בקפיץ ומוחזר ממנו ימינה.

באיור הבא מתואר מיקום הגוף ביחס לציר שכיוונו ימינה וראשיתו בנקודה בה נמצא הגוף ברגע הפגיעה.
</td>
<td>3.9- חשב את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודה X=-2m בפעם הראשונה.
השתמש בפונקציית V(X)</td>
<td rowspan="4"><u>זמן המחזור של תה"פ:</u>
$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$
$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$
<u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u>
$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$
<u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u>
$V(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \Theta_0)$
<u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u>
$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$
<u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u>
$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$
<u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u>
$a(X) = -\omega^2 \cdot X$
<u>הגדרת העבודה:</u>
$W = \lvert F\rvert \cdot \lvert\Delta X\rvert \cdot \cos(\alpha)$
<u>הגדרת המתקף:</u>
$\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$
<u>הגדרת התנע:</u>
$P = m \cdot V$
<u>משפט תנע מתקף:</u>
$\vec{J} = \Delta P$</td>
<td>$V = -7.35\frac{m}{s}$
בפונקציית המהירות כתלות <u>במקום</u> <u>לא</u> קיימת זווית מופע התחלתית. יש לקבוע את סימן המהירות בהתאם לכיוון התנועה.</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14458</td>
</tr>
<tr>
<td>3.10- חשב את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודה X=-2m בפעם הראשונה.
השתמש בשימור אנרגיה.</td>
<td>$V = -7.35\frac{m}{s}$
במשוואת שימור האנרגיה לא קיימת זווית מופע. יש לקבוע את סימן המהירות בהתאם לכיוון התנועה.</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14459</td>
</tr>
<tr>
<td>3.11 – מחליפים את הקפיץ בקפיץ קשיח יותר. כיצד ישתנה גודל מהירות הגוף לאחר ניתוק ?</td>
<td>המהירות לא תשתנה בגודלה.
התנגשות הגוף בקפיץ היא התנגשות אלסטית לכן המהירות לא משתנה בגודלה רק בכיוונה.</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14461</td>
</tr>
<tr>
<td>3.12 – מחליפים את הקפיץ הנתון בקפיץ בעל קבוע קפיץ גדול פי 4. כיצד תשתנה משרעת התנועה (ביחס למשרעת התנועה בקפיץ המקורי בסעיף 3.5)? וכיצד ישתנה זמן תנועת הגוף בתה"פ (ביחס לזמן תנועת הגוף בקפיץ המקורי)?</td>
<td>משרעת התנועה תקטן פי 2.
1. יש להשתמש בביטוי המשרעת (פותח בסעיף 3.3)
2. ככל שקבוע הקפיץ גדול יותר הוא פחות גמיש לכן משרעת התנודה קטנה.
זמן תנועת הגוף בתה"פ יקטן פי 2.

מביטוי זמן המחזור ניתן לראות שזמן המחזור תלוי בקבוע הקפיץ ובמסה ולא תלוי במשרעת .</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14462</td>
</tr>
</table>

3. גוף שמסתו 2 ק"ג נע שמאלה על משטח אופקי חלק במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה.
הגוף נע לעבר קפיץ רפוי בעל קבוע קפיץ של 5 ניוטון מטר. הגוף מתנגש בקפיץ ומוחזר ממנו ימינה.

באיור הבא מתואר מיקום הגוף ביחס לציר שכיוונו ימינה וראשיתו בנקודה בה נמצא הגוף ברגע הפגיעה.

3.13 – מגדילים פי 4 את גודל מהירות פגיעת הגוף.
כיצד תשתנה משרעת התנועה?
כיצד ישתנה זמן תנועת הגוף בתה"פ?

משרעת התנועה תגדל פי 4.
מביטוי המשרעת ניתן לראות שהמשרעת תלויה ביחס ישר במהירות הגוף בנקודת שיווי המשקל.
זמן תנועת הגוף בתה"פ לא תלוי במהירות הגוף.
1. ניתן לנמק בעזרת ביטוי זמן המחזור.
2. ככל שהמשרעת גדולה יותר המרחק בין נקודות הקצה גדול יותר אך המהירות הממוצעת גדולה יותר וזמן התנועה בין נקודות הקצה לא משתנה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14463

3.14 – מגדילים את מסת הגוף פי 4.
כיצד תשתנה משרעת התנועה ?
כיצד ישתנה זמן תנועת הגוף בתה"פ?

משרעת התנועה תגדל פי 2.
מביטוי המשרעת ניתן לראות שהמשרעת תלויה ביחס ישר בשורש מסת הגוף.
האנרגיה הקינטית מומרת במלואה לאנרגיה פוטנציאלית השווי בתלות המשרעת במסה ובמהירות נקבע בהתאם לביטוי האנרגיה הקינטית.
זמן תנועת הגוף בתה"פ גדל פי 2.
ככל שמסת הגוף גדולה יותר קצב שינוי המהירות קטן, זמן מחזור התנועה גדל.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14464

3.15 – חשב את העבודה שכוח הקפיץ מבצע על הגוף, מרגע תחילת התנועה ההרמונית הפשוטה ועד לסיומה.

$$W = 0J$$

כוח הקפיץ משתנה בגודלו, אך העתק התנועה הוא אפס.
לכן ניתן לקבוע מהגדרת העבודה שעבודת כוח הקפיץ היא אפס. אין שינוי באנרגיה הקינטית של הגוף, ממשפט עבודה אנרגיה עבודת הקפיץ שווה לאפס.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14465

זמן המחזור של תה"פ:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A\cdot\cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t + \theta_0)$$

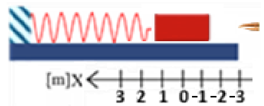
פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2\cdot X$$

278

3. גוף שמסתו 2 ק"ג נע שמאלה על משטח אופקי חלק במהירות קבועה שגודלה 8 מטר לשנייה. הגוף נע לעבר קפיץ רפוי בעל קבוע קפיץ של 5 ניוטון מטר. הגוף מתנגש בקפיץ ומוחזר ממנו ימינה. באיור הבא מתואר מיקום הגוף ביחס לציר שכיוונו ימינה וראשיתו בנקודה בה נמצא הגוף ברגע הפגיעה. 	**3.16** – חשב את המתקף שהפעיל הקפיץ על הגוף, מרגע תחילת התנועה ההרמונית הפשוטה ועד לסיומה.	**זמן המחזור של תה"פ:** $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$ **פונקציית X(t) לתה"פ:** $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית V(t) לתה"פ:** $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית V(x) לתה"פ:** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ **פונקציית a(t) לתה"פ:** $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית a(x) לתה"פ:** $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$J = 32N \cdot S$ 1. ניתן להשתמש במשפט תנע מתקף גם כאשר הכוח הגורם לשינוי התנע לא קבוע. 2. סימן העבודה נקבע בהתאם לכיוון הכוח הפועל על הגוף ביחס לכיוון התנועה, במחצית התנועה הראשונה הכוח פועל נגד כיוון התנועה – עבודתו שלילית. במחצית השנייה הכוח פועל בכיוון הציר עבודתו חיובית. לכן במקרה זה העבודה הכוללת שווה לאפס. לעומת זאת, סימן המתקף נקבע בהתאם לסימן הכוח, במקרה זה הכוח פועל כל זמן התנועה ימינה (בכיוון הציר), לכן הכוח חיובי והמתקף חיובי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14466
	3.17 – חשב את גודל הכוח הממוצע שהקפיץ מפעיל על הגוף.		$F = 16.16N$ 1.הכוח הממוצע שווה ליחס שבין שינוי התנע הכולל לזמן התנועה הכולל. 2. כוח הקפיץ משתנה בגודלו אך הוא לא משתנה בכיוונו, פועל כל זמן התנועה ימינה, לכן הכוח הממוצע חיובי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14467

4. נתונה תיבה שמסתה 45 ק"ג הנחה על משטח אופקי חלק. התיבה מחוברת לקפיץ אופקי רפוי. קליע שמסתו 5 גרם פוגע בתיבה וננעץ בתוכה. לאחר הפגיעה הקליע והתיבה נעים יחד כגוף אחד בתנועה הרמונית פשוטה. באיור מתואר הקליע רגע לפני פגיעתו בתיבה וציר התנועה, נזניח את כוחות החיכוך ואת איבוד האנרגיה הקינטית בזמן פגיעת הקליע בתיבה.



חוזרים על פעולת הירייה מספר פעמים עם קליעים זהים, ותיבה זהה (חדשה). בכל פעם משנים את מהירות הקליע ומודדים בעזרת חיישן את משרעת התנודה. נסמן את הקליע כגוף 1 ואת התיבה כגוף 2. בטבלה הבאה מרוכזים ערכי מהירויות הקליע לפני הפגיעה ומשרעת תנועת התיבה

$A[m]$	$V_1\,[\frac{m}{s}]$
0.29	800
0.33	900
0.37	1000
0.4	1100
0.44	1200

4.1 – פתח ביטוי המתאר את משרעת התנודה כתלות במהירות הקליע (גוף 1) לפני פגיעתו בתיבה (גוף 2).

השתמש בפונקציית V(t)

הנחיה: יש לבטא את מהירותם המשותפת של הגופים בעזרת משוואת שימור התנע.

$$A=\frac{m_1\cdot V_1}{\sqrt{K\cdot(m_1+m_2)}}$$

1. מסת הגוף הנע בתה"פ היא מסת התיבה ומסת הקליע.
2. הגוף לא מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית, לכן לפני שימוש בפונקציית המהירות כתלות בזמן יש לקבוע את ערך זווית המופע ההתחלתית.
3. הכיוון החיובי של ציר התנועה בסעיף זה הוא שמאלה, לכן זווית המופע ההתחלתית בשאלה זו שונה מזווית המופע ההתחלתית המתאימה לשאלה הקודמת.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14469

4.2 – פתח ביטוי המתאר את משרעת התנודה כתלות במהירות הקליע לפני פגיעתו בתיבה.

השתמש בפונקציית V(x)

$$A=\frac{m_1\cdot V_1}{\sqrt{K\cdot(m_1+m_2)}}$$

1. בשימוש בפונקציית מהירות כתלות במיקום אין צורך להתייחס לזווית המופע ההתחלתית.
2. ניתן לבטא את המשרעת גם בעזרת שימור האנרגיה המכנית לתנועת התיבה בתה"פ.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14470

4.3 – ערוך גרף המתאר את משרעת התנודה כתלות במהירות הקליע וחשב בעזרת הגרף את קבוע הקפיץ.

$$K=4.21\frac{N}{m}$$

1. מערך שיפוע הגרף ניתן לבטא את קבוע הקפיץ.
2. יש לערוך גרף כמותי, לקבוע את הישר המסתבר ביותר ולחשב את השיפוע על סמך שתי נקודות הנמצאות על הישר בלבד.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14471

זמן המחזור של תה"פ:

$$T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega=\frac{2\cdot\pi}{T}=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t)=A\cdot\cos(\omega t+\Theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t)=-\omega A\cdot sin(\omega t+\Theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

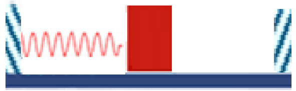
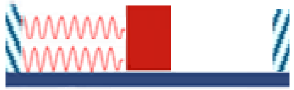
$$V(X)=\pm\omega\sqrt{A^2-X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t)=-\omega^2A\cdot\cos(\omega t+\Theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X)=-\omega^2\cdot X$$

שאלה זו עוסקת בחיבור קפיצים הנושא לא נכלל בתוכנית הלימודים החדשה. **5.** לרשותו של תלמיד תיבה שמסתה 60 ק"ג וקפיצים זהים בעלי קבוע קפיץ 10 ניוטון למטר. התלמיד משתמש בציוד זה כדי ליצור ארבע תנועות הרמוניות פשוטות בארבע מערכות שונות. בכל מערכת התלמיד יוצר תנועה הרמונית פשוטה בעזרת הסטת הגוף מנקודת שיווי המשקל. בכל מערכת מידת ההסטה שונה. הגופים נעים בתנועה הרמונית פשוטה במשרעת שונה. נניח שהמשטח עליו נעה התיבה הוא אופקי וחלק. נתאר את תנועת הגופים בכל הניסויים ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל וכיוונו ימינה.	**5.1-** במערכת הראשונה התלמיד משתמש בקפיץ אחד בצד אחד.  חשב את זמן המחזור של מערכת זו.	**זמן המחזור של תה"פ:** $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ **פונקציית X(t) לתה"פ:** $X(t) = A\cdot\cos(\omega t + \Theta_0)$ **פונקציית V(t) לתה"פ:** $V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t + \Theta_0)$ **פונקציית V(x) לתה"פ:** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$ **פונקציית a(t) לתה"פ:** $a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t + \Theta_0)$ **פונקציית a(x) לתה"פ:** $a(X) = -\omega^2\cdot X$ **זמן המחזור של תה"פ:**	$T = 15.39S$ בהתאם לביטוי זמן המחזור של גוף המחובר לקפיץ אופקי ונע בתנועה הרמונית פשוטה, זמן מחזור התנועה תלוי רק במסת הגוף ובקבוע הקפיץ. **זמן המחזור לא תלוי במשרעת התנודה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14491
	5.2- במערכת השנייה התלמיד חיבר את התיבה לשני קפיצים מקבילים המחוברים באותו צד.  חשב את זמן המחזור של מערכת זו.		$T = 10.88S$ 1. קבוע הקפיץ השקול של שני קפיצים המחוברים במקביל שווה לסכום קבועי הקפיצים הנתונים. $K_T = K_1 + K_2$ 2.בדפי הנוסחאות לא מופיעים נוסחאות לחישוב קבוע הקפיץ השקול של קפיצים המחוברים בטור ובמקביל. בהתאם לתוכנית הלימודים תלמיד צריך להכיר את הנוסחאות ולהבין אותם. (ב- cube-19 קיים פיתוח מלא עם דוגמאות ותרגול).	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14493

שאלה זו עוסקת בחיבור קפיצים הנושא לא נכלל בתוכנית הלימודים החדשה.

5. לרשותו של תלמיד תיבה שמסתה 60 ק"ג וקפיצים זהים בעלי קבוע קפיץ 10 ניוטון למטר.
התלמיד משתמש בציוד זה כדי ליצור ארבע תנועות הרמוניות פשוטות בארבע מערכות שונות.

בכל מערכת התלמיד יוצר תנועה הרמונית פשוטה בעזרת הסטת הגוף מנקודת שיווי המשקל. בכל מערכת מידת ההסטה שונה. הגופים נעים בתנועה הרמונית פשוטה במשרעת שונה.

נניח שהמשטח עליו נעה התיבה הוא אופקי וחלק.

נתאר את תנועת הגופים בכל הניסויים ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל וכיוונו ימינה.

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A\cdot\cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A\cdot \sin(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

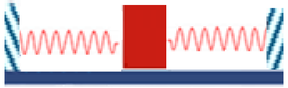
$$a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2\cdot X$$

זמן המחזור של תה"פ:

5.3- במערכת השלישית התלמיד משתמש בשני קפיצים, קפיץ אחד בכל צד.



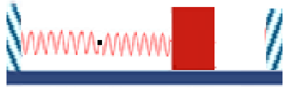
חשב את זמן המחזור של מערכת זו.

$$T = 10.88S$$

הקפיצים לא מחוברים בטור ולא במקביל אך הם מפעילים בכל רגע כוחות זהים בגודלם ובכיוונם, בדומה לקפצים המחוברים במקביל, לכן יש להתייחס לקפיצים כאל קפיצים המחוברים במקביל.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14494

5.4- במערכת הרביעית התלמיד חיבר את התיבה לשני קפיצים המחוברים בטור באותו צד.



חשב את זמן המחזור של מערכת זו.

$$T = 21.76S$$

1. הקפיצים מחוברים בטור. יש לחשב את קבוע הקפיץ השקול בהתאם לחיבור קפיצים בטור.
2. אם נחבר הרבה קפיצים במקביל יהיה קשה למתוח אותם. אם נחבר הרבה קפיצים בטור יהיה קל למתוח אותם. בחיבור מקבילי קבוע הקפיץ השקול גדול ובחיבור טורי קבוע הקפיץ השקול קטן.
3. ביטוי הקפיץ השקול של שני קפיצים המחוברים בטור הוא:

$$\frac{1}{K_T} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$$

4. בסעיף זה קבוע הקפיץ השקול הוא הקטן ביותר (החלש ביותר). המשרעת זהה בכל ארבעת המקרים לכן זמן המחזור במקרה זה הוא הגדול ביותר.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14495

שאלה זו עוסקת בחיבור קפיצים הנושא לא נכלל בתוכנית הלימודים החדשה. **5.** לרשותו של תלמיד תיבה שמסתה 60 ק"ג וקפיצים זהים בעלי קבוע קפיץ 10 ניוטון למטר. התלמיד משתמש בציוד זה כדי ליצור ארבע תנועות הרמוניות פשוטות בארבע מערכות שונות. בכל מערכת התלמיד יוצר תנועה הרמונית פשוטה בעזרת הסטת הגוף מנקודת שיווי המשקל. בכל מערכת מידת ההסטה שונה. הגופים נעים בתנועה הרמונית פשוטה במשרעת שונה. נניח שהמשטח עליו נעה התיבה הוא אופקי וחלק. נתאר את תנועת הגופים בכל הניסויים ביחס לציר שראשיתו בנקודת שיווי המשקל וכיוונו ימינה.	**5.5-** אם בכל ארבעת הניסויים משרעת התנודה הייתה זהה באיזה מערכת גודל מהירות הגוף בנקודת שיווי המשקל הוא הקטן ביותר?	$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ פונקציית X(t) לתה"פ: $X(t) = A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ פונקציית V(t) לתה"פ: $V(t) = -\omega A\cdot\sin(\omega t+\theta_0)$ פונקציית V(x) לתה"פ: $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2-X^2}$ פונקציית a(t) לתה"פ: $a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ פונקציית a(x) לתה"פ: $a(X) = -\omega^2\cdot X$	**במערכת הרביעית** 1. ניתן לבטא את מהירות הגוף בנקודת שיווי המשקל בעזרת פונקציית V(x). 2. בכל תנועה הרמונית פשוטה מהירות הגוף בנקודת שיווי המשקל היא המהירות הגדולה ביותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14496
	5.6- תלמיד מעוניין לתכנן את משרעת התנועה במערכת השלישית והרביעית כך שמהירות התיבה המקסימאלית תהיה זהה בשני המערכות. מה צריך להיות יחס המשרעות $\frac{A_4}{A_3}$?		$\frac{A_4}{A_3} = 2$ 1. זמן המחזור לא תלוי במשרעת התנודה אך המהירות המקסימאלית תלויה במשרעת התנועה. 2. כדי למצוא את יחס המשרעות יש לכתוב ביטוי למהירות המקסימאלית בכל מערכת, להשוות בין המהירויות ולבטא את יחס המשרעות. 3. במערכת הרביעית קבוע הקפיץ השקול קטן פי 4 כדי שהמהירויות המקסימאליות תהיינה זהות בגודלן משרעת המערכת הרביעית צריכה להיות גדולה פי 2, כיוון שיחס המשרעות הפוך ליחס שורשי קבועי הקפיץ.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14497

פרקטיקות 2- תנועה הרמונית פשוטה (תה"פ) במטוטלת פשוטה

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

בתנועת מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות (זווית מקסימאלית קטנה מ- 30 מעלות) ניתן בקירוב להתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה בקו ישר.

הכוח השקול הפועל על הגוף הוא בקירוב רכיב כוח הכובד WX הפועל ככוח מחזיר, בקירוב לזוויות קטנות מתקיים: $\sin(\alpha)=\alpha$ בהתאם להגדרת הזווית המרכזית ביטוי הכוח השקול הוא: $\Sigma F = -\frac{mg}{L}\cdot X$.

מביטוי הכוח השקול ניתן לראות שקבוע התנועה ההרמונית הוא: $C = \frac{mg}{L}$, באמצעות ביטוי זמן המחזור של גוף הנע בתה"פ בהתאם לקבוע התנועה ההרמונית ניתן לפתח את ביטוי זמן המחזור של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות.

זמן המחזור	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$
מטוטלת פשוטה (מתמטית)	$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

מהירות	$v = -\omega A\sin(\omega t+\phi)$
	$v = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - x^2}$
תאוצה	$a = -\omega^2 A\cos(\omega t+\phi) = -\omega^2 x$

שקול הכוחות בתנועה הרמונית	$\Sigma\vec{F} = -c\vec{x}$
	$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$
נוסחת מקום-זמן	$x = A\cos(\omega t+\phi)$

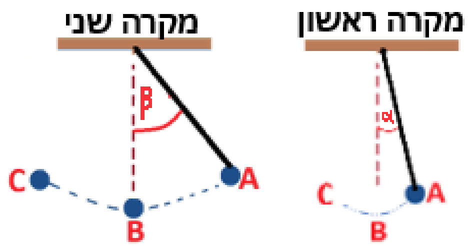
<u>נושאי התרגול:</u>

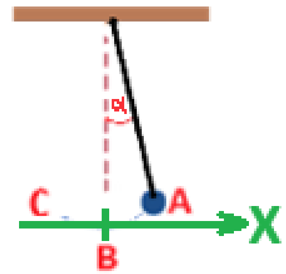
הגדרת התנועה ותרגול תה"פ במקרה בו זווית המופע ההתחלתית שווה לאפס.

תרגול תה"פ במקרים בהם זווית המופע ההתחלתית שונה מאפס.

תרגול מסכם.

תנועה הרמונית פשוטה במטוטלת פשוטה.

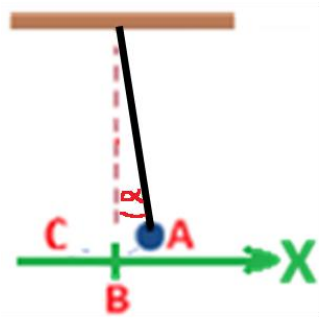
תיאור התנועה	שאלה	העקרונות הפיזיקליים	תשובה	הערות חשובות	פתרון מלא
6. תלמיד מבצע שני ניסויים עם גוף נקודתי. הגוף תלוי על חוט המחובר לתקרה ונח בנקודה B. במקרה הראשון הגוף מוסט מהנקודה B לנקודה A, בזווית הסטה α הקטנה מ- 30 מעלות. הגוף משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה. במקרה השני הגוף מוסט בזווית הסטה גדולה, משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה. שני המקרים מתוארים באיורים הבאים:  כל כוחות החיכוך זניחים.	**6.1-** באיזה מקרה מבין שני המקרים ניתן להשתמש בפונקציות התה"פ ?	<u>זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:</u> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ <u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u> $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ <u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u> $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ <u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u> $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - x^2}$ <u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u> $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ <u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u> $a(X) = -\omega^2 \cdot X$		רק במקרה הראשון ניתן להשתמש בפונקציות התה"פ. 1. כאשר זווית נטיית החוט היא קטנה הגוף נע בקירוב בקו ישר, וניתן להוכיח שהכוח השקול תלוי ביחס ישר במיקום הגוף. (הרחבה נמצאת בפתרון המלא) לכן ניתן לומר שהגוף נע בקירוב בתנועה הרמונית פשוטה. 2. הגוף הוא נקודתי לכן ניתן לקבוע שרדיוס המסלול שווה לאורך החוט.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14472
	6.2 – במקרה השני קיים פרק זמן קצר שבו הגוף נע בזוויות קטנות, בסמוך לנקודה B. האם ניתן להשתמש בפונקציות התה"פ רק לפרק זמן זה?			לא ניתן להשתמש בפונקציות התה"פ במקרה השני, גם לא לקטע תנועה קטן שבו זווית נטיית החוט היא קטנה. לכל תנועה הרמונית פשוטה קיימת משרעת. בהתאם לערך המשרעת נקבעות כל פונקציות התה"פ. לא ניתן להשתמש במשרעת של תנועה שאינה הרמונית פשוטה לתנועה הרמונית פשוטה.	**https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14473**

7. גוף נקודתי שמסתו 2 ק"ג תלוי על חוט שאורכו 3 מטרים המחובר לתקרה. הגוף נח בנקודה B. הגוף מוסט מהנקודה B לנקודה A, בזווית הסטה α השווה 30 מעלות. הגוף משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה. כיוון שכל זמן תנועת הגוף זווית נטיית החוט קטנה מ- 30 מעלות נתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה ביחס לציר שראשיתו בנקודה B וכיוונו ימינה כמוראה באיור הבא:  	**7.1-** חשב את זמן המחזור של תנועת הגוף.	<u>זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:</u> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ <u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u> $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ <u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u> $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ <u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u> $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ <u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u> $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ <u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u> $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	$T = 3.44s$ ביטוי זמן המחזור של תנועת מטוטלת פשוטה מופיע בדפי הנוסחאות. יש לזכור שהנוסחה מתאימה רק לתנועת מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14474
	7.2- חשב את משרעת התה"פ.		$A = 1.5m$ כיוון שהגוף נע בזוויות חוט קטנות , אנחנו מתייחסים לתנועת הגוף כאל תנועה בקו ישר. משרעת התנודה שווה למרחק האופקי שבין נקודת הקצה לנקודת ראשית הציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14475
	7.3- חשב את מהירות הגוף בנקודה B (בפעם הראשונה שהוא חולף בנקודה) השתמש בשימור אנרגיה.		$V_B = -2.83\frac{m}{s}$ 1. ניתן להשתמש בשימור האנרגיה המכנית גם במטוטלת שלא נעה בזוויות קטנות. 2. הערך המחושב בסעיף זה הוא מדויק.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14476
	7.4- חשב את מהירות הגוף בנקודה B. (בפעם הראשונה) השתמש בפונקציות התה"פ. V(t) ו- V(x).		$V_B = -2.73\frac{m}{s}$ הערך המתקבל משתי הפונקציות הוא זהה ושונה מעט מהערך המתקבל משימוש בשימור אנרגיה כיוון שבתנועת מטוטלת פשוטה בזוויות קטנות בקירוב הגוף נע בתה"פ , פונקציות התה"פ נכונות בתנועה זו נכונה רק בקירוב.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14477

8. חוזרים על המהלך בשאלה הקודמת הפעם מסיטים את הגוף מהנקודה B בזווית של 5 מעלות בלבד.

הגוף מוסט מהנקודה B לנקודה A, משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה.

נתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה ביחס לציר שראשיתו בנקודה B וכיוונו ימינה כמוראה באיור הבא:



זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A\cdot\cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

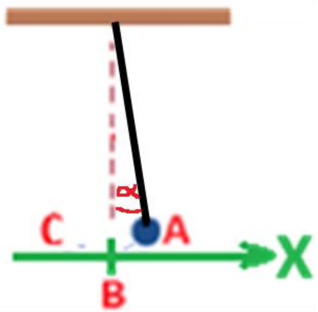
פונקציית a(t) לתה"פ:

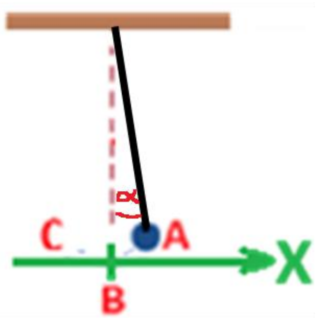
$$a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2\cdot X$$

8.1- כתוב ביטוי למהירות הגוף בנקודה B כתלות באורך החוט L וחשב את מהירות הגוף. **השתמש בשימור אנרגיה.**	$V_B = -0.4778\frac{m}{s}$ לאנרגיה אין כיוון, כאשר מחשבים את המהירות משיקולי אנרגיה מתקבלות שתי תשובות, תשובה אחת חיובית ותשובה נוספת שלילית. יש לקבוע את סימן המהירות הנכון בהתאם לכיוון התנועה ביחס לציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14478
8.2- כתוב ביטוי למהירות הגוף בנקודה B כתלות באורך החוט L וחשב את מהירות הגוף. **השתמש בפונקציות התה"פ V(t) ו- V(x).**	$V_B = -0.4765\frac{m}{s}$ 1. כיוון שהגוף נע בזוויות מאוד קטנות , הגוף נע בתנועה הרמונית פשוטה בקו ישר בקירוב טוב מאוד. לכן הערך המחושב מפונקציות התה"פ קרוב מאוד לערך המדויק המחושב משימור האנרגיה. 2. כדאי לזכור שהמהירות המקסימאלית בתנועה הרמונית פשוטה מתקבלת כאשר הגוף חולף בנקודת ראשית הציר וגודלה $\omega\cdot A$.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14479
8.3- כיצד ישתנה זמן המחזור במקרים הבאים: א- מקטינים את זווית ההסטה. ב-מקטינים את המסה. ג-מקצרים את החוט.	מביטוי זמן המחזור של מטוטלת פשוטה T לא תלוי בזווית ההסטה ולא במסת הגוף. כאשר L קטן גם T קטן (לא ביחס ישר). 1. בתנועה בזוויות גדולות הגוף לא נע בתה"פ, זמן המחזור גדל ככל שזווית ההסטה גדולה יותר. 2. בירח g יותר קטן, לכן זמן המחזור יהיה קטן יותר. 3.בכל תה"פ זמן המחזור לא תלוי במשרעת התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14480

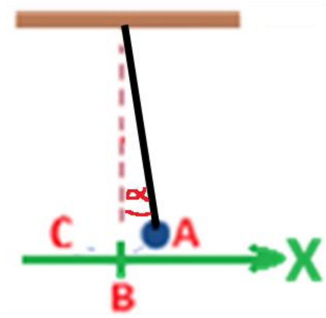
8. חוזרים על המהלך בשאלה הקודמת הפעם מסיטים את הגוף מהנקודה B בזווית של 5 מעלות בלבד. הגוף מוסט מהנקודה B לנקודה A, משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה. נתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה ביחס לציר שראשיתו בנקודה B וכיוונו ימינה כמורגה באיור הבא:  	8.4- חשב את מיקום הגוף ברגע t=2.8s.	**זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:** $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}}$ **פונקציית X(t) לתה"פ:** $X(t) = A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ **פונקציית V(t) לתה"פ:** $V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t+\theta_0)$ **פונקציית V(x) לתה"פ:** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2-X^2}$ **פונקציית a(t) לתה"פ:** $a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ **פונקציית a(x) לתה"פ:** $a(X) = -\omega^2\cdot X$	$X(2.8) = 0.1m$ 1. בחישוב המשרעת בעזרת פונקציית הסינוס יש להשתמש במחשבון במעלות (Deg). בחישוב ערך הקוסינוס בפונקציית המקום זמן יש להשתמש במחשבון ברדיאנים (Rad). מאוד קל לטעות. 2. כדאי לזכור שבתנועה הרמונית פשוטה מתקיים: $\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14481
8. חוזרים על המהלך בשאלה	8.5- חשב את מהירות הגוף ברגע t=2.8s.		$V(2.8) = 0.43\frac{m}{s}$ 1. זמן המחזור הוא 3.44 שניות, כעבור 2.8 שניות מרגע תחילת התנועה עובר קצת יותר משלושת רבעי זמן מחזור, אחרי הרבעון השלישי הגוף נמצא מעט אחרי ראשית הציר וכיוון תנועתו בכיוון הציר, מהירותו חיובית. 2. בסעיפים קודמים חשבנו את מהירות הגוף כאשר הוא חולף בנקודת ראשית הציר, מהירות זו היא המהירות המקסימאלית. כאשר הגוף עובר את נקודת הראשית מהירותו קטנה בגודלה. 3.משימוש בפונקציית V(t) המהירות חיובית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14482

הקודמת הפעם מסיטים את הגוף מהנקודה B בזווית של 5 מעלות בלבד. הגוף מוסט מהנקודה B לנקודה A, משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה. נתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה ביחס לציר שראשיתו בנקודה B וכיוונו ימינה כמוראה באיור הבא:  	‎-8.6 חשב את זווית נטיית החוט ברגע t=2.8s.	**זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:** $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ **פונקציית X(t) לתה"פ:** $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית V(t) לתה"פ:** $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית V(x) לתה"פ:** $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ **פונקציית a(t) לתה"פ:** $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ **פונקציית a(x) לתה"פ:** $a(X) = -\omega^2 \cdot X$ **זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה**	$\alpha = 1.91°$ ניתן לחשב את זווית נטיית החוט גאומטרית בהתאם למיקום הגוף ולאורך החוט.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14483
	‎-8.7 חשב את תאוצת המשיקית של הגוף ברגע t=2.8s.		$a_T = 0.333 \frac{m}{s^2}$ הגוף נע בתאוצה משיקית משתנה. הערך המחושב הוא של התאוצה המשיקית הרגעית ברגע t=2.8s	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14484
	‎-8.8 חשב את תאוצת הרדיאלית של הגוף ברגע t=2.8s.		$a_R = 0.061 \frac{m}{s^2}$ הגוף נע בתנועה מעגלית בתאוצה רדיאלית משתנה ניתן לחשב את תאוצת הרדיאלית בעזרת ביטוי התאוצה הרדיאלית המתאימה לתנועה מעגלית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14485

8. חוזרים על המהלך בשאלה הקודמת הפעם מסיטים את הגוף מהנקודה B בזווית של 5 מעלות בלבד.

הגוף מוסט מהנקודה B לנקודה A, משוחרר ממנוחה ונע בתנועת מטוטלת פשוטה.

נתייחס לתנועת הגוף כאל תנועה הרמונית פשוטה ביחס לציר שראשיתו בנקודה B וכיוונו ימינה כמוראה באיור הבא:



8.9- חשב את גודל וכיוון תאוצת הגוף ברגע $t=2.8s$.

השתמש בתאוצה הרדיאלית והמשיקית.

8.10- חשב את גודל וכיוון תאוצת הגוף ברגע $t=2.8s$.

השתמש בפונקציית a(t) של תה"פ.

בזוויות קטנות:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A\cdot\cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A\cdot \sin(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t + \Theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2\cdot X$$

זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה

תשובה 8.9:

$$a = 0.338\,\frac{m}{s^2}$$

כיוון וקטור התאוצה שמאלה 8.48 מעלות מעל לאופק.

1. וקטור התאוצה שווה לסכום הוקטורי של התאוצה הרדיאלית והתאוצה המשיקית.

2. לא השתמשנו בעקרונות התה"פ ערכים המחושבים מדויקים.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14486

תשובה 8.10:

$$a(2.8) = -0.338\,\frac{m}{s^2}$$

כיוון התאוצה הוא בכיוון השלילי של הציר, שמאלה.

1. הסעיף הקודם עוסק בנפרד בגודל ווקטור התאוצה ובכיוון התאוצה. בסעיף זה התאוצה מתוארת ביחס לציר(בהתאם לעקרונות התה"פ), לכן בסעיף זה ערכה שלילי.

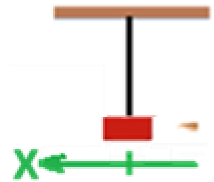
2. בסעיף הקודם מצאנו שכיוון ווקטור התאוצה הוא בזווית קטנה מתחת לאופק. בסעיף אין לכך התייחסות כיוון שאנחנו מניחים שהגוף נע בתה"פ בקו ישר ביחס לציר. כיוון התאוצה הוא לכיוון נקודת שיווי המשקל.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14487

9. נתונה תיבה שמסתה 4 ק"ג התלויה על חוט המחובר לתקרה.

קליע שמסתו 5 גרם פוגע בתיבה וננעץ בתוכה. לאחר הפגיעה הקליע והתיבה נעים יחד כגוף אחד בתנועת מטוטלת פשוטה.

באיור הבא מתואר הקליע רגע לפני פגיעתו בתיבה והציר ביחס אליו מתוארת התנועה.



חוזרים על פעולת הירייה מספר פעמים עם קליעים זהים, ותיבה זהה (חדשה). בכל פעם משנים את מהירות הקליע ומודדים בעזרת חיישן את משרעת התנודה. נסמן את הקליע כגוף 1 ואת התיבה כגוף 2.

בטבלה הבאה מרוכזים ערכי מהירויות הקליע לפני הפגיעה ומשרעת התנודה.

$A[m]$	$V_1\,[\frac{m}{s}]$
0.26	700
0.3	800
0.33	900
0.37	1000
0.4	1100

9.1- התייחס לתנועת התיבה והקליע בתוכה כאל תנועה הרמונית פשוטה ופתח ביטוי למשרעת התנודה כתלות במהירות הקליע .

$$A = \frac{m_1 \cdot V_1}{m_1 + m_2} \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

הגוף לא מתחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית, בפונקציות התה"פ יש צורך בזווית מופע התחלתית. במקרה זה כיוון שהביטוי עוסק בגודל המהירות המקסימאלית ניתן לכתוב את הביטוי ללא זווית המופע ההתחלתית (ראו פתרון מלא)

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14488

9.2- ערוך גרף המתאר את משרעת התנודה כתלות במהירות הקליע וחשב את בעזרת הגרף את אורך החוט.

$$L = 0.841m$$

1. אורך החוט מחושב בהתאם לתנועת הקליע ולתנועה הרמונית פשוטה של התיבה (והקליע בתוכה) אך אורך החוט לא תלוי בתנועת הקליע והתיבה.
2. בשאלות בהן מתואר גרף ונתון ביטוי הפונקציה המתוארת בגרף, לרוב התשובה נמצאת בשיפוע.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14489

9.3- האם ההתייחסות לתנועת התיבה עם הקליע בתוכה כתנועה הרמונית פשוטה הייתה מוצדקת?

זווית נטיית החוט בכל המקרים קטנה מ 30 מעלות, לכן ניתן להתייחס לתנועה כאל תנועה הרמונית פשוטה

אם מהירות פגיעת הקליע הית גדולה כך שזווית נטיית החוט הייתה יותר מ 30 מעלות לא ניתן היה להניח שהתיבה נעה בתה"פ. במקרה כזה ניתן להשתמש בשימור האנרגיה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14490

בזוויות קטנות:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$

10. תלמיד מעוניין להשתמש במטוטלת פשוטה כדי לערוך ניסוי לחישוב ערך תאוצת הכובד g.

התלמיד תלה גוף נקודתי על חוט המחובר לתקרה, הסיט את הגוף מנקודת שיווי המשקל עד לזווית נטיית חוט של 10 מעלות. ושחרר את הגוף ממנוחה, והגוף נע בתנועת מטוטלת פשוטה.

כדי למצוא את ערך תאוצת הכובד g התלמיד מדד עם שעון עצר את זמן התנועה של חמישה מחזורי תנועה וחישב בהתאם את ערך זמן המחזור הממוצע. לאחר מכן הוא שינה את אורך החוט וביצע שוב את אותן הפעולות.

בטבלה הבאה מרוכזים נתוני ריבוע זמן המחזור הממוצע ואורך החוט.

$T^2[s^2]$	$L[m]$
0.78	0.2
1.17	0.3
1.56	0.4
1.95	0.5
2.34	0.6

10.1- ערוך גרף המתאר את ריבוע זמן המחזור הממוצע כתלות באורך החוט.

10.2- כתוב ביטוי לריבוע זמן המחזור הממוצע כתלות באורך החוט.

10.3- חשב בהתאם לגרף את תאוצת הכובד g.

זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

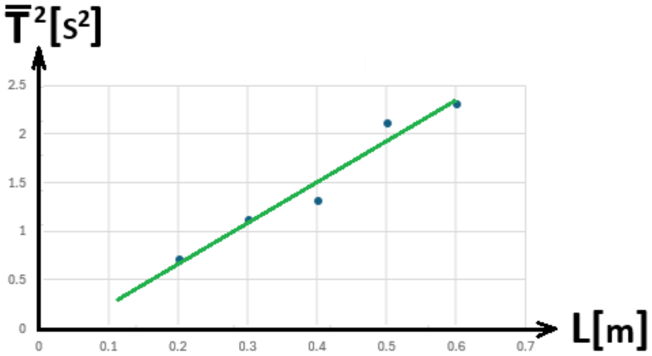
$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

$$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2 \cdot X$$



https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14498

$$T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \frac{L}{g}$$

כדי שנוכל להסיק מסקנה משיפוע הגרף אנחנו עוסקים בפונקציות ליניאריות, פונקציות בעלות שיפוע קבוע. במקרה של ביטוי לא ליניארי (כמו ביטוי זמן המחזור) יש לבצע פעולות מתמטיות כדי לקבל תלות ליניארית.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14499

$$g = 9.48\frac{m}{S^2}$$

1. בעקבות שגיאות מדידה לא כל הנקודות בגרף נמצאות על אותו ישר.

2. קביעת הישר המסתבר הנקודות לא ליניארי כיוון שקיימות שגיאות מדידה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14500

10. תלמיד מעוניין להשתמש במטוטלת פשוטה כדי לערוך ניסוי לחישוב ערך תאוצת הכובד g.

התלמיד תלה גוף נקודתי על חוט המחובר לתקרה, הסיט את הגוף מנקודת שיווי המשקל עד לזווית נטיית חוט של 10 מעלות. ושחרר את הגוף ממנוחה, והגוף נע בתנועת מטוטלת פשוטה.

כדי למצוא את ערך תאוצת הכובד g התלמיד מדד עם שעון עצר את זמן התנועה של חמישה מחזורי תנועה וחישב בהתאם את ערך זמן המחזור הממוצע. לאחר מכן הוא שינה את אורך החוט וביצע שוב את אותן הפעולות.

בטבלה הבאה מרוכזים נתוני ריבוע זמן המחזור הממוצע ואורך החוט.

$T^2[s^2]$	$L[m]$
0.78	0.2
1.17	0.3
1.56	0.4
1.95	0.5
2.34	0.6

10.4- מדוע התלמיד מדד חמישה זמני מחזור וחישב את ערכם הממוצע ולא מדד זמן מחזור אחד?

כדי לדיוק במדידת ערך זמן המחזור.

בכל מדידה עם שעון עצר יש שגיאת מדידה הנובעת מזמן התגובה של המודד.
שגיאת המדידה הקיימת במדידת חמישה מחזורים זהה לשגיאת המדידה הקיימת במחזור אחד.
לכן ממדידת זמן של חמישה מחזורים וחלוקה בחמש מתקבל זמן מחזור בודד עם שגיאת מדידה קטנה פי 5.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14501

10.5- חשב את הסטייה באחוזים בין הערך המתקבל בניסוי לערך הידוע של תאוצת הכובד (9.8 מטר לשנייה בריבוע).

סטייה = 3.2%

מקובל לחשב את הסטייה שבין הערך המתקבל בניסוי לערך הצפוי ביחס לערך הצפוי באחוזים.
לדוגמה: אם נניח משקולת של 10 ק"ג על מאזניים דיגיטליות והערך שהמאזניים יראו יהיה 8 ק"ג, הסטייה היא 20 אחוז.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14502

10.6- הצע דרכים לשיפור תוצאת הניסוי.

1. תנודות בזוויות קטנות. 2.אורך חוט גדול יותר. 3.להשתמש בגוף קטן בעל צורה אוירודינמית וצפיפות מסה גדולה. 4. הגדלת מספר המחזורים בכל מדידה.
ככל שהחיכוך עם האוויר משמעותי יותר כך לא ניתן להתייחס לתנועת הגוף כאל תה"פ. כדי להגדיל את כוח הכובד בלי להגדיל את נפח הגוף יש להשתמש בגוף בעל צפיפות מסה גדולה.

https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14503

זמן המחזור של תה"פ של מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}}$$

פונקציית X(t) לתה"פ:

$$X(t) = A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$$

פונקציית V(t) לתה"פ:

$$V(t) = -\omega A\cdot sin(\omega t+\theta_0)$$

פונקציית V(x) לתה"פ:

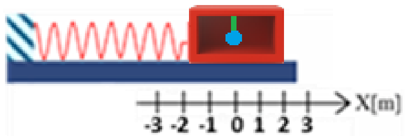
$$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2-X^2}$$

פונקציית a(t) לתה"פ:

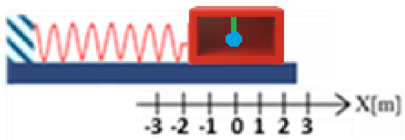
$$a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$$

פונקציית a(x) לתה"פ:

$$a(X) = -\omega^2\cdot X$$

11. תיבה שמסתה 45 ק"ג מחוברת לקפיץ אופקי רפוי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר. כדי למדוד את תאוצת התיבה נעשה שימוש בגוף תלוי הפועל כמד תאוצה. מסת הגוף התלוי זניחה ביחס למסת התיבה. לתיבה חלון צד שקוף והיא מונחת על משטח אופקי חלק בנקודת ראשית הציר, כמוראה באיור הבא:  התלמיד הסיט את התיבה מנקודת שיווי המשקל ימינה ושחרר את התיבה ממנוחה. לאחר שחרורה נעה התיבה בתה"פ וגם הגוף התלוי נע בתה"פ. **11.** תיבה שמסתה 45 ק"ג מחוברת	**11.1**- כתוב ביטוי לתאוצת התיבה כתלות בזווית נטיית החוט.	<u>T של מטוטלת פשוטה:</u> $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}}$ <u>T של גוף המחובר לקפיץ:</u> $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\tan(\alpha) = \frac{-\omega^2\cdot x}{g}$ <u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u> $X(t) = A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ <u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u> $V(t) = -\omega A\cdot \sin(\omega t+\theta_0)$ <u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u> $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2-X^2}$ <u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u> $a(t) = -\omega^2 A\cdot\cos(\omega t+\theta_0)$ <u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u>	$a = g\cdot\tan(\alpha)$ 1. זווית נטיית החוט תלויה רק בתאוצת הכוכב g ובתאוצת התיבה, זווית נטיית החוט לא תלויה במסת הגוף התלוי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14505
	11.2- כתוב ביטוי המתאר את הקשר שבין זווית נטיית החוט למיקום התיבה.		$\tan(\alpha) = \frac{-k\cdot x}{M\cdot g}$ 1. בכל מקום בו נמצא הגוף יש לחוט זווית נטייה מתאימה. 2.הביטוי מפותח בעזרת עקרונות תה"פ לכן הוא מתאים רק למקרה שבו זווית נטיית החוט היא קטנה, כדי שערכי המקום יהיו קטנים משרעת התנועה צריכה להיות קטנה 3. גוף תלוי יכול לשמש כמד תאוצה כאשר תאוצת הגוף היא קבועה או כאשר קצב שינוי התאוצה הוא קטן. התיבה נעה בתה"פ, בתנועה בתאוצה משתנה, כדי שזווית נטיית החוט תתאר בצורה טובה את תאוצת התיבה קצב שינוי תאוצת הגוף חייב להיות קטן. לכן בנוסף למשרעת הקטנה, מסת התיבה צריכה להיות גדולה, קבוע הקפיץ קטן. 4. באופן כללי הגוף התלוי משמש כמד תאוצה. במקרה זה, כיוון שבתה"פ התאוצה תלויה ביחס ישר במקום, ניתן לומר שהגוף התלוי משמש "מד מקום".	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14504

<table>
<tr>
<td rowspan="2">לקפיץ אופקי רפוי בעל קבוע קפיץ 5 ניוטון למטר.

כדי למדוד את תאוצת התיבה נעשה שימוש בגוף תלוי הפועל כמד תאוצה. מסת הגוף התלוי זניחה ביחס למסת התיבה. לתיבה חלון צד שקוף והיא מונחת על משטח אופקי חלק בנקודת ראשית הציר, כמוראה באיור הבא:


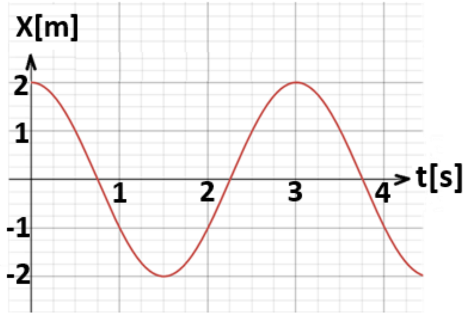
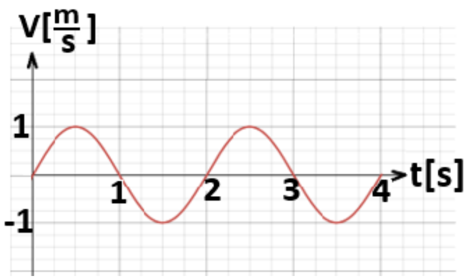
התלמיד הסיט את התיבה מנקודת שיווי המשקל שלושה מטרים ימינה ושחרר את התיבה ממנוחה.
לאחר שחרור התיבה היא נעה בתנועה הרמונית פשוטה בתאוצה משתנה, זווית נטיית החוט התלוי השתנתה בהתאם לתאוצת התיבה.

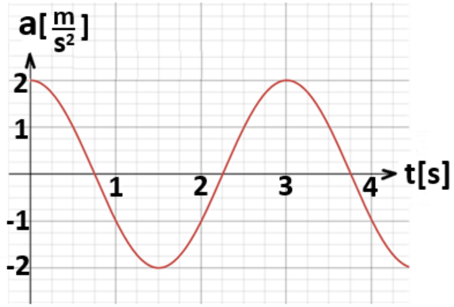
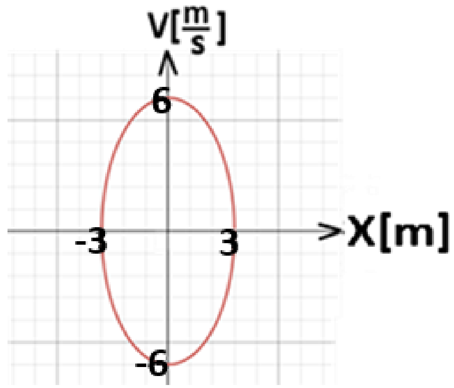
נתייחס לתיבה כאל גוף נקודתי הממוקם בנקודת מרכז התיבה.</td>
<td>11.3- כתוב ביטוי לקבוע התנועה ההרמונית של הגוף התלוי.</td>
<td rowspan="2"><u>T של מטוטלת פשוטה:</u>
$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$
<u>T של גוף המחובר לקפיץ:</u>
$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$
$\tan(\alpha) = \frac{-\omega^2 \cdot x}{g}$
<u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u>
$X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$
<u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u>
$V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$
<u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u>
$V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$
<u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u>
$a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$
<u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u>
$a(X) = -\omega^2 \cdot X$</td>
<td>$C = K \cdot \frac{m}{M}$
1. בכל תנועה הרמונית פשוטה ניתן למצוא את קבוע התנועה הרמונית C מביטוי הכוח השקול, קבוע התנועה ההרמונית הוא המקדם של מיקום הגוף
$\Sigma F = -C \cdot X$
2.הפיתוח לביטוי הכוח השקול מופיע בפתרון המלא.</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14506</td>
</tr>
<tr>
<td>11.4- הוכח שזמן המחזור של תנועת המטוטלת זהה לזמן המחזור של תנועת התיבה</td>
<td>מהצבת קבוע התנועה ההרמונית של הגוף התלוי, בביטוי זמן המחזור של תה"פ מתקבל ביטוי זמן מחזור הזהה לביטוי זמן המחזור של התיבה.

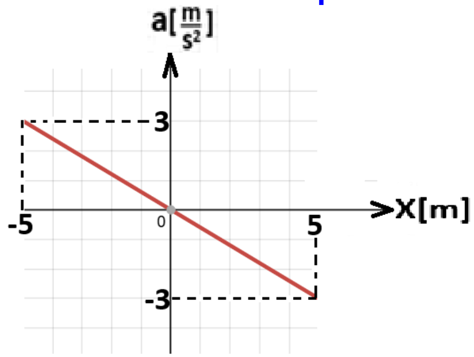
1. במערכת זו יש שני גופים הנעים בתנודות של תה"פ, הגוף התלוי הוא "מתנד מצומד" והתיבה היא "מתנד מניע". זמן מחזור התנודות הוא זהה.

2. נושא מערכת רב גופית שבה הגופים נעים בתה"פ הוא נושא רחב שלא נכלל מתוכנית הלימודים. בשאלה זו לא נעשה שימוש בעקרונות נוספים מעבר לעקרונות הנלמדים בתכנית הלימודים</td>
<td>https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14507</td>
</tr>
</table>

12. כדור קטן נע בתוך צינור חלול שצורתו חצי מעגל. הכדור נע בתנועה מעגלית, הלוך ושוב סביב נקודת תחתית הצינור, במרחק קטן מנקודת תחתית הצינור. באיור הבא מתואר הצינור עם הכדור בתוכו ורדיוס התנועה המעגלית R.  רדיוס התנועה המעגלית שווה 30 ס"מ. כל כוחות החיכוך זניחים.	**12.1 – הסבר** מדוע ניתן להתייחס לתנועת הכדור כאל תנועה הרמונית פשוטה.	T של מטוטלת פשוטה: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ T של גוף המחובר לקפיץ: $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\tan(\alpha) = \frac{-\omega^2 \cdot x}{g}$ פונקציית X(t) לתה"פ: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ פונקציית V(t) לתה"פ: $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \theta_0)$ פונקציית V(x) לתה"פ: $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ פונקציית a(t) לתה"פ: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ פונקציית a(x) לתה"פ: $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	בקירוב לזוויות קטנות ניתן לבטא את הכוח השקול ככוח מחזיר ביחס לציר כתלות במיקום בצורה הבאה: $\Sigma F = -C \cdot X$ לכן תנועת הגוף היא תנועה הרמונית פשוטה. 1. תנועת הגוף דומה לתנועת מטוטלת פשוטה הנעה בזוויות קטנות. הפעולות המבוצעות למציאת קבוע התנועה ההרמונית של תנועה זו דומה לפעולות המבוצעות למציאת קבוע התנועה ההרמונית של מטוטלת פשוטה. 2. פיתוח מלא נמצא בפתרון המלא.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14508
	12.2 – חשב את זמן מחזור התנועה.		$T = 1.08s$ 1. יש להכיר את פיתוח ביטויי זמן המחזור של תנועת מטוטלת פשוטה ותנועת גוף המחובר לקפיץ אופקי, ולדעת לפתח ביטויי לזמן המחזור גם במקרים דומים (כמו מקרה זה). 2. ניתן להשתמש בכל פונקציות התה"פ לתיאור תנועת הכדור .	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14509

13- גוף שמסתו 2 ק"ג נע בתנועה הרמונית פשוטה. הגרף הבא מתאר את מיקום הגוף כתלות בזמן:  	**חשב את הגדלים הבאים (בסדר שתבחר).** **א-משרעת התנועה.** **ב-קבוע הקפיץ.** **ג-זמן המחזור.** **ד-גודל המהירות מקסימאלית.** **ה-גודל התאוצה מקסימאלית.**	<u>T של מטוטלת פשוטה:</u> $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ <u>T של גוף המחובר לקפיץ:</u> $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\tan(\alpha) = \frac{-\omega^2 \cdot x}{g}$ <u>פונקציית X(t) לתה"פ:</u> $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$	**א- $A = 2m$** **ב- $K = 8.77\frac{N}{m}$** **ג- $T = 3S$** **ד- $V_{max} = 4.18\frac{m}{s}$** **ה- $a_{max} = 8.77\frac{m}{s^2}$** **זמן המחזור שווה לפרק הזמן הקצר ביותר שבו הפונקציה המתוארת בגרף חוזרת על עצמה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14510
14- במקרה אחר, גוף שמסתו 2 ק"ג נע בתנועה הרמונית פשוטה. הגרף הבא מתאר את מהירות הגוף כתלות בזמן:  	**חשב את הגדלים הבאים: (בסדר שתבחר).** **א-משרעת התנועה.** **ב-קבוע הקפיץ.** **ג-זמן המחזור.** **ד-גודל המהירות מקסימאלית.** **ה-גודל התאוצה מקסימאלית.**	<u>פונקציית V(t) לתה"פ:</u> $V(t) = -\omega A \cdot sin(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית V(x) לתה"פ:</u> $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ <u>פונקציית a(t) לתה"פ:</u> $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \Theta_0)$ <u>פונקציית a(x) לתה"פ:</u> $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	**א- $A = 0.318m$** **ב- $K = 19.73\frac{N}{m}$** **ג- $T = 2S$** **ד- $V_{max} = 1\frac{m}{s}$** **ה- $a_{max} = 3.13\frac{m}{s^2}$** **1.משרעת הגל המתואר שווה למהירות המקסימאלית משרעת הגל לא שווה למשרעת התנודה .** **2. מחזוריות תנועה מסויימת בגרף V(t) זהה למחזוריות אותה תנועה בגרף X(t) . לכן זמן המחזור בגרף V(t) שווה למחזור התנועה T.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14511

15- במקרה אחר, גוף שמסתו 2 ק"ג נע בתנועה הרמונית פשוטה. הגרף הבא מתאר את תאוצת הגוף כתלות בזמן:  	חשב את הגדלים הבאים (בסדר שתבחר). א-משרעת התנועה. ב-קבוע הקפיץ. ג-זמן המחזור. ד-גודל המהירות מקסימלית. ה-גודל התאוצה מקסימלית.	T של מטוטלת פשוטה: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ T של גוף המחובר לקפיץ: $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\tan(\alpha) = \frac{-\omega^2 \cdot x}{g}$ פונקציית X(t) לתה"פ: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ פונקציית V(t) לתה"פ: $V(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \theta_0)$ פונקציית V(x) לתה"פ: $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ פונקציית a(t) לתה"פ: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ פונקציית a(x) לתה"פ: $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	א- $A = 0.455m$ ב- $K = 8.77\frac{N}{m}$ ג- $T = 3S$ ד- $V_{max} = 0.952\frac{m}{s}$ ה- $a_{max} = 2\frac{m}{S^2}$ 1.משרעת הגל המתואר שווה לתאוצה המקסימאלית משרעת הגל לא שווה למשרעת התנודה . 2. מחזוריות תנועה מסוימת בגרף a(t) זהה למחזוריות אותה תנועה בגרף X(t) . לכן זמן המחזור בגרף a(t) שווה למחזור התנועה T.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14512
16- במקרה אחר, גוף שמסתו 2 ק"ג נע בתנועה הרמונית פשוטה. הגרף הבא מתאר את מהירות הגוף כתלות במיקומו:  	חשב את הגדלים הבאים (בסדר שתבחר). א-משרעת התנועה. ב-קבוע הקפיץ. ג-זמן המחזור. ד-גודל המהירות מקסימלית. ה-גודל התאוצה מקסימלית.		א- $A = 3m$ ב- $K = 8\frac{N}{m}$ ג- $T = 3.14S$ ד- $V_{max} = 6\frac{m}{s}$ ה- $a_{max} = 12\frac{m}{S^2}$ מגרף V(x) לא ניתן ללמוד על זמן המחזור . ניתן ללמוד רק על המשרעת והמהירות המקסימאלית, בהתאם למסף ניתן לחשב את כל שאר הגדלים.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14513

17- במקרה אחר, גוף שמסתו 2 ק"ג נע בתנועה הרמונית פשוטה. הגרף הבא מתאר את תאוצת הגוף כתלות במיקומו:  	חשב את הגדלים הבאים (בסדר שתבחר). א-משרעת התנועה. ב-קבוע הקפיץ. ג-זמן המחזור. ד-גודל המהירות מקסימאלית. ה-גודל התאוצה מקסימאלית.	T של מטוטלת פשוטה: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$ T של גוף המחובר לקפיץ: $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}}$ $\tan(\alpha) = \frac{-\omega^2 \cdot x}{g}$ פונקציית X(t) לתה"פ: $X(t) = A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ פונקציית V(t) לתה"פ: $V(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t + \theta_0)$ פונקציית V(x) לתה"פ: $V(X) = \pm\omega\sqrt{A^2 - X^2}$ פונקציית a(t) לתה"פ: $a(t) = -\omega^2 A \cdot \cos(\omega t + \theta_0)$ פונקציית a(x) לתה"פ: $a(X) = -\omega^2 \cdot X$	א- $A = 5m$ ב- $K = 1.2\frac{N}{m}$ ג- $T = 8.11S$ ד- $V_{max} = 3.87\frac{m}{s}$ ה- $a_{max} = 3\frac{m}{s^2}$ 1. מגרף a(x) לא ניתן ללמוד על זמן המחזור . ניתן ללמוד רק על המשרעת והתאוצה המקסימאלית, בהתאם למסה ניתן עם פונקציות התנועה ההרמונית את כל שאר הגדלים. 2. אם הגוף התחיל לנוע מנקודת הקצה החיובית ברגע תחילת התנועה מיקומו היה X=5m לאחר חצי זמן מחזור המגוף מגיע למיקום X=-5m ובמשך חצי זמן מחזור נוסף חוזר הגוף למיקום X=5m , בכך משלים מחזור תנועה אחד.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=5486&chapterid=14514

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות תנועה הרמונית פשוטה

קפיץ אופקי

2018,5- נתונה טבלת מקום וזמן המתארת את תנועתה של עגלה המשוחררת מקפיץ מכווץ.

2017,7- קרונית מחוברת לקפיץ אופקי, מוסטת מנקודת שיווי משקל ומשוחררת ממנוחה.

2002,5- עגלה מתנגשת אלסטית בקפיץ רפוי. ומוחזרת ממנו.

1989,4- נתון גרף של הכוח בתלות במיקום. של גוף הנע על מסילה ישרה.

1987,4- תה"פ בקפיץ אופקי , נתון זמן מחזור, ואנרגיה מכנית כוללת.

1986,2- מסיטים גוף המחובר לקפיץ אופקי מנקודת שיווי משקל.

1980,3- כוח קבוע פועל על קפיץ אופקי רפוי , לאחר התארכותו מצמידים אליו גוף ומשחררים.

קפיץ אנכי

2020,5- תה"פ בקפיץ אנכי.

2019,5- תה"פ אנכית למדידת מסה.

2007,5 – נתון גרף מהירות זמן של משקולת המתנודדת בקפיץ אנכי.

2005,5- קופץ בנג'י ,חלק מהזמן נע בנפילה חופשית , חלק מהזמן נע בתה"פ.

2003,4- שלושה כדורים נעים בשלוש תנועות מחזוריות שונות. אחד הכדורים נע בתה"פ.

2001,5- תה"פ למדידת מסה בלווין.

1996,4- לוח עץ מתנודד בחובר לקפיץ אנכי ונע בתה"פ , בלוח העץ פוגע קליע .

1994,4- תה"פ בקפיץ אנכי.

1993,5- תה"פ בקפיץ אנכי, נתון גרף מקום כתלות בזמן.

1992,3- תה"פ בקפיץ אנכי עם מסה משתנה.

1990,4- משקולת תלויה על קפיץ אנכי, מסיטים את המסה המסה נעה בתה"פ ניתקת ונעה בתנועה בליסטית.

1985,2- גוף מונח על שישה קפיצים ונע בתנועה הרמונית.

1983,3- קפיץ אנכי מחובר לשני גופים המחוברים ביניהם בחוט, מנתקים את החוט ומתחילה תה"פ.

מטוטלת פשוטה

2003,3- גוף התלוי על חוט מוסט מנקודת שיווי המשקל ונע בתנועת מטוטלת.

1998,4- מטוטלת פשוטה , משנים את אורך המטוטלת מודדים את זמן המחזור.

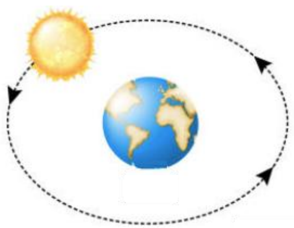
1993,3- גוף תלוי על חוט, קליע פוגע אופקית בגוף והגוף נע בתנועת מטוטלת פשוטה.

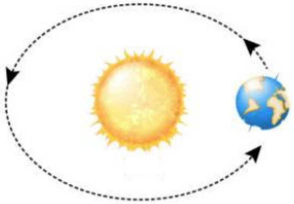
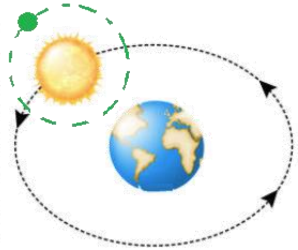
1988,4- חרוז מושחל על חישוק אנכי. השאלה עוסקת בשני סוגים של תנועות מעגליות.

1981,3- מטוטלת פשוטה בזוויות קטנות.

סיכום פסיפס כבידה

סיכום פסיפס כבידה – הגדרות, דגשים והערות דוגמאות תקפות ואיך הגענו

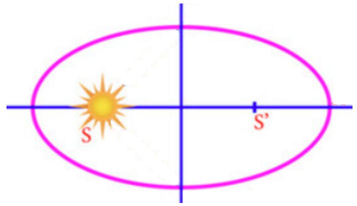
כוכב שבת (Cube-32)	בעת העתיקה הבחינו אנשי המדע בשני סוגים של כוכבים, כוכבי שבת וכוכבי לכת. כוכבי השבת הם כוכבים הנראים מקובעים במקומם (שובתים במקומם) ונעים בתנועה מעגלית סביב כדור הארץ כוכבים אל. (כוכבים השובתים במקומם). מכדור הארץ נראה שכוכבי השבת נעוצים ברקיע הנע סביב ציר סיבוב הנמצא בסמוך לכוכב הצפון. כל הכוכבים משלימים הקפה שלמה במשך 24 שעות. 1. המרחקים בין כוכבי השבת הם קבועים. 2. כיום אנחנו מבינים שכוכבי השבת הם כוכבים מאוד רחוקים, התנועה הנצפית מכדור הארץ מושפעת רק מתנועת כדור הארץ.
כוכב לכת (Cube-32)	כוכבי לכת הם כוכבים שנצפו נעים בתנועות לא סדירות, הם יכלו לנוע מזרחה ולחזור מערבה ושוב מזרחה (תופעת הנסיגה). 1. המרחקים בין כוכבי הלכת הם לא קבועים. 2. כיום אנחנו מבינים שכוכבי הלכת הם כוכבים קרובים לכדור הארץ. התנועה הנצפית מכדור הארץ מושפעת מתנועת כדור הארץ ומתנועת הכוכבים.
אריסטו (Cube-32)	אריסטו (384 לפנה"ס – 322 לפנה"ס) מכונה "הפילוסוף הגדול של העת העתיקה". רעיונותיו המרכזיים על העולם היו: 1. אריסטו טען שיש לחלק את העולם לשניים - <u>העולם התת ירחי</u> בו נמצאת הארץ <u>והעולם העל ירחי</u> בו נמצאים השמש והכוכבים. 2. כל הגופים בעולם התת ירחי (הארץ) עשויים מארבעה יסודות: אש, מים, אוויר ואדמה ותנועתם הטבעית היא תנועה בקו ישר. כל הגופים בעולם העל ירחי (השמש והכוכבים) עשויים חומר שנקרא "אתר", תנועתם הטבעית היא תנועה מעגלית. 3. רק בעולם התת ירחי יש הולדה ותמותה, בעולם העל ירחי אין הולדה ותמותה. 4. אריסטו הבחין בצללית הארץ על הירח לכן טען שצורת הארץ היא צורה של כדור עגול. למעט הטענה שכדור הארץ הוא כדורי, שאר הרעיונות של אריסטו אינם נכונים. הרעיונות של אריסטו הם הרקע ההיסטורי של התפתחות המדע, הם חלק מתוכנית הלימודים.
מודל גיאוצנטרי (Cube-32)	מודל לפיו כדור הארץ נמצא במנוחה וכוכבי השבת וכוכבי הלכת נעים סביבו. על פי המודל הגיאוצנטרי כוכבי הלכת: חמה, נוגה, <u>שמש</u>, מאדים, צדק, שבתאי. נעים סביב כדור הארץ. את המודל הגיאוצנטרי הגה ככל הנראה פיתגורס מסאמוס (570 לפנה"ס – 495 לפנה"ס) לפני כ- 2500 שנה (על שמו נקרא משפט פיתגורס בגיאומטריה). אריסטו תמך במודל הגיאוצנטרי, בהמשך גם הכנסייה אימצה את המודל הגיאוצנטרי . כדי להסביר את תנועת כוכבי הלכת בהתאם למודל הגיאוצנטרי אדוקסוס הגה את רעיון כדורי הענק, ותלמי טען שכוכבי הלכת נעים בשילוב של שתי תנועות מעגליות מעגל ראשי ומעגל משני. למרות ה"תיקונים" של אדוקסוס ותלמי המודל הגיאוצנטרי התקשה להסביר את תנועת כוכבי הלכת בצורה טובה. המודל הגיאוצנטרי הוא מודל לא נכון אך הוא חלק מהרקע ההיסטורי. 

מודל הליוצנטרי (Cube-32)	מודל לפיו השמש נחה במרכז וכל הכוכבים יחד עם <u>כדור הארץ</u> נעים סביב השמש. את המודל הגה ניקולאוס קופרניקוס (1543 – 1473) לפני כ- 500 שנה. כמאה 100 שנים לאחר מכן גליליאו גליליי (1642 – 1564) הצליח להרכיב טלסקופ, באמצעותו הוא התבונן בכוכבים והגיע למסקנה שהמודל ההליוצנטרי של קופרניקוס הוא המודל הנכון.  המודל הצליח להסביר בפשטות ובמדויק את תנועת כוכבי הלכת, אך למדענים באותה תקופה היה קשה לקבל את העובדה שכדור הארץ נע.
טיכו ברהה (Cube-32)	טיכו ברהה (1601 – 1546) היה אסטרונום דני, הוא ערך רישומים מדויקים על יותר מ 1000 כוכבים. תגליותיו של טיכו: 1. טיכו הבחין בכוכב בעל זנב מיוחד שחצה את כדורי הענק של אדוקסוס. (היום כוכב כזה נקרא כוכב שביט) 2. טיכו עקב אחר כוכב שבהירותו הלכה וגדלה וזמן קצר לאחר מכן הכוכב נעלם ולא נראה עוד, טיכו העריך שהכוכב מת (בניגוד לתפיסתו של אריסטו לפיה בעולם העל ירחי אין תמותה ולידה). 3. בהתאם לתנועת כוכבי הלכת טיכו קבע באופן חד משמעי שכל כוכבי הלכת נעים סביב השמש. <u>מודל הפשרה של טיכו ברהה</u> - אומנם טיכו ראה שכוכבי הלכת נעים סביב השמש אך הוא לא הסכים לקבל את העובדה שכדור הארץ נע , לכן לא קיבל את המודל ההליוצנטרי, הוא פיתח מודל חדש לפיו כוכבי הלכת נעים סביב השמש והשמש יחד עם כוכבי הלכת נעים סביב כדור הארץ, מודל זה של טיכו נקרא מודל הפשרה. באיור הבא מתואר כוכב לכת אחד הנע סביב השמש כשהשמש נע סביב כדור הארץ .  מודל הפשרה של טיכו לא היה מקובל על אנשי המדע וגם לא על אנשי הכנסייה, המחלוקת בין המודל הגיאוצנטרי למודל ההליוצנטרי נותרה בעינה.
גלילאו גליליי (Cube-32)	גליליאו גליליי (1642 – 1564) בנה את הטלסקופ הראשון והבין שכוכבי הלכת נראים נעים כי הם קרובים וכוכבי השבת נראים סטטיים רק בגלל שהם מאוד רחוקים. גליליאו היה תומך נלהב של המודל ההליוצנטרי. תגליותיו: 1. בירח יש הרים ועמקים כמו בכדור הארץ. 2. לכוכב צדק ארבעה ירחים. 3. שביל החלב הוא מצבור עצום של כוכבים. 4. לכוכב הלכת נוגה יש מופעים כמו לירח. הכנסייה אסרה את גליליאו במעצר בית עד יומו האחרון. הוא הספיק לפרסם ספר "דיאלוג על מערכות העולם העיקריות" בו הוא הסביר מדוע המודל ההליוצנטרי הוא המודל הנכון.

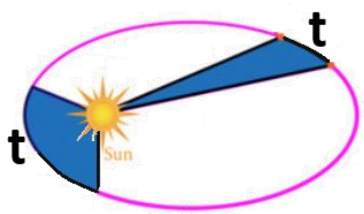
יוהנס קפלר
(Cube-32)

יוהנס קפלר (1630 – 1571) חי בתקופתו של גליליאו, הוא היה עוזרו של טיכו ברהה. לאחר מותו של טיכו, קפלר ניסח בעזרת הרישומים שהשאיר טיכו שלושה חוקים הנקראים "שלושת החוקים של קפלר" .

<u>חוק ראשון של קפלר:</u> כל כוכבי הלכת נעים סביב השמש במסלול אליפטי. לאליפסה יש שני מוקדים, והשמש נמצאת באחד משני המוקדים.



<u>חוק שני של קפלר:</u> חוק השטחים השווים - הקו המחבר את כוכב הלכת לשמש מכסה שטחים שווים בזמנים שווים. יוצא מזה שככל שכוכב הלכת קרוב יותר לשמש כך הוא נע מהר יותר.



<u>חוק שלישי של קפלר:</u> לכל כוכב לכת יש רדיוס מסלול שונה וזמן מחזור שונה. היחס בין ריבוע זמן המחזור לרדיוס המסלול בשלישית הוא קבוע לכל כוכבי הלכת.

$$\frac{T^2}{R^3} = CONST$$

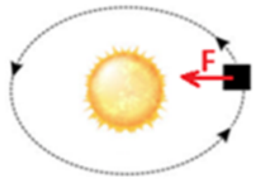
קפלר לא הבין מדוע מתקיים יחס זה לכול כוכבי הלכת הנעים סביב השמש, הוא גם לא הבין מה משמעותו של הקבוע.
בעזרת העקרונות שפיתח ניוטון במכניקה ומשוואות התנועה ניוטון הצליח להבין מדוע היחס מתקיים ומה משמעותו של הקבוע.

קפלר עסק בתנועת כוכבי הלכת סביב השמש בלבד. בעזרת העקרונות של ניוטון ניתן להבין את חוקי קפלר ולהשתמש בהם, בתנאים מסוימים גם בכוכבים אחרים ולוויינים שלא נעים סביב השמש.

אייזיק ניוטון (Cube-33)	אייזיק ניוטון (1727 – 1643) קידם תחומים רבים. במכניקה הוא הגדיר את הגדלים הפיזיקליים ופיתח את תחומי הקינמטיקה הדינמיקה התנע והכבידה. ניוטון הסביר את שלושת חוקי קפלר בעזרת עקרונות התנועה מעגלית, הוא הבין שניתן להתייחס לתנועת כוכבי הלכת כאל תנועה מעגלית בקירוב, הכוח הצנטריפטלי הפועל על כל כוכב לכת הוא כוח משיכה בין כוכב הלכת לשמש, כוח זה נקרא כוח הכבידה האוניברסלי. בעזרת משוואת התנועה המעגלית ניתן לפתח את החוק השלישי של קפלר. $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$ $\frac{G\cdot M_B\cdot m_S}{R^2} = m_S\cdot\omega^2\cdot R$ $\frac{G\cdot M_B\cdot \cancel{m_S}}{R^2} = \cancel{m_S}\cdot\left(\frac{2\cdot\pi}{T}\right)^2\cdot R \Rightarrow \boxed{\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot M_B}}$ מהביטוי המתקבל ניתן לראות שהיחס בין ריבוע זמן ההקפה לרדיוס המסלול בשלישית של כל כוכב לכת תלוי רק במסת השמש. לכן יחס זה הוא זהה לכל כוכבי הלכת הנעים סביב השמש.
חוק הכבידה האוניברסלי (Cube-33)	כל שני גופים נמשכים האחד לשני בהתאם למסתם ולמרחק ביניהם לפי: $\boxed{F = \frac{G\cdot m_1\cdot m_2}{r^2}}$ גודלו של קבוע הגרביטציה: $G = 6.67\cdot 10^{-11}\frac{N\cdot m^2}{Kg^2}$ בעזרת חוק הכבידה ומשוואות התנועה ניתן להסביר דברים רבים: **1. נחשב את תאוצת הכובד של גוף הנע על פני כדור הארץ בנפילה חופשית.** הכוח היחיד הפועל על גוף הנע בנפילה חופשית הוא כוח הכבידה האוניברסלי, נערוך תרשים כוחות ונכתוב את משוואת התנועה לתנועה בקו ישר: $F = m\cdot a$ $\frac{G\cdot M_E\cdot \cancel{m}}{r^2} = \cancel{m}\cdot a \Rightarrow g = \frac{G\cdot M_E}{r^2}$  המרחק בין הגוף לכדור הארץ שווה לרדיוס כדור הארץ. תאוצת הגוף היא תאוצת הנפילה החופשית g. $g = \frac{G\cdot M_E}{{R_E}^2} = \frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 5.974\cdot 10^{24}}{(6.38\cdot 10^6)^2} = \frac{3.98\cdot 10^{14}}{4.07\cdot 10^{13}} = 9.78\frac{m}{s^2}$ מביטוי תאוצת הכובד ניתן לראות שתאוצת הכובד לא תלויה במסת הגוף הנע.

2. נחשב את זמן הקפת כדור הארץ סביב השמש, זמן של שנה שלמה.

כדור הארץ נע סביב השמש בתנועה מעגלית, הכוח הצנטריפטלי בתנועת כדור הארץ הוא כוח הכבידה האוניברסלי שמפעילה השמש על כדור הארץ.
נערוך תרשים כוחות ונכתוב את משוואת התנועה המעגלית:



$$\Sigma F_R = M_E \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$\frac{G \cdot M_S \cdot M_E}{r^2} = M_E \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$\frac{G \cdot M_S \cdot M_E}{r^2} = M_E \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$$

$$r^3 = \frac{G \cdot M_S \cdot T^2}{4\pi^2}$$

$$T^2 = \frac{r^3 \cdot 4\pi^2}{G \cdot M_S} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{r^3 \cdot 4\pi^2}{G \cdot M_S}}$$

$$T = \sqrt{\frac{r^3 \cdot 4\pi^2}{G \cdot M_S}} = \sqrt{\frac{(149.6 \cdot 10^9)^3 \cdot 4\pi^2}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 1.99 \cdot 10^{30}}} = \sqrt{\frac{1.3217 \cdot 10^{35}}{1.32733 \cdot 10^{20}}} = 31.555 \cdot 10^6 S$$

בשעה יש 60 דקות, שהם 3600 שניות. ביממה יש 24 שעות שהם 86,400 שניות. נחשב את מספר היממות בשנה:

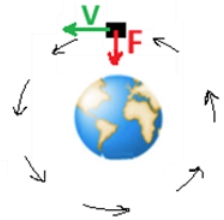
$$T = \frac{31.555 \cdot 10^6}{86,400} = 365.21 day$$

לכן שנה נמשכת כ 365 ימים.

<table>
<tr><td></td><td><u>3.תופעת גאות ושפל.</u>
הירח מפעיל כוח הכבידה על מי הים, כוח זה גורם לשינוי גובה מפלס המים בצורה מחזורית בהתאם לתנועת כדור הארץ.

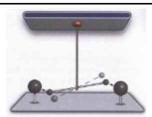
<u>4.גילוי כוכב הלכת נפטון</u> - לפני כ 230 המדענים גילו שכוכב הלכת אורנוס לא נע בהתאם למשוואת התנועה המעגלית. לכן העריכו המדענים שקיים כוכב לכת נוסף המשפיע על אורנוס בעזרת חישובים מתמטיים אותר כוכב לכת נוסף הנע סביב השמש ומשפיע על אורנוס , כוכב זה קיבל את השם נפטון הוא הכוכב השמיני במערכת השמש.</td></tr>
<tr><td>תנועת לוויינים (Cube-33)</td><td>ניוטון הבין שאם משגרים בכיוון אופקי ממקום מספיק גבוהה גוף במהירות קווית מתאימה - הגוף ינוע בנפילה חופשית בתנועה מעגלית (בדומה לתנועת הירח סביב כדור הארץ). תנועה מעגלית בנפילה חופשית סביב כוכב נקראת תנועה לוויינית

נפתח ממשוואת התנועה המעגלית ביטוי למהירות הדרושה לגוף כדי לנוע בתנועה לוויינית.
נערוך תרשים כוחות נכתוב את משוואת התנועה המעגלית ונבטא ממנה את מהירות הלוויין.



$$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R}$$
$$\frac{G \cdot M_E \cdot m}{R^2} = \frac{m \cdot V^2}{R} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{G \cdot M_E}{R}}$$

1. המרחק בין כדור הארץ ללוויין הוא המרחק בין נקודת מרכז כדור הארץ ללוויין, מרחק זה שווה לרדיוס מסלול תנועת הלוויין.
2. הלוויין נע בנפילה חופשית והאסטרונאוטים הנמצאים בתוך הלוויין נעים בנפילה חופשית, לכן אסטרונאוטים הנמצאים בתוך הלוויין מרחפים. (בדומה לאדם הנמצא בתוך מעלית הנעה בנפילה חופשית).

ביטוי זה מתאים רק לתנועת לוויין הנע בהשפעת כוח הכבידה בלבד.</td></tr>
<tr><td>הנרי קבנדיש (Cube-33)</td><td>כיוון שערכו של קבוע הכבידה G מאוד קטן, עד אחרון ימיו ניוטון לא הצליח לערוך ניסוי לחישוב ערכו של G.
ארבע שנים לאחר פטירת ניוטון נולד הנרי קבנדיש, קבנדיש השתמש בכוחות פיתול והצליח למצוא את ערכו של קבוע הכבידה G.
</td></tr>
</table>

אנרגיה פוטנציאלית כבידתית

(Cube-34)

השימוש באנרגיה הפוטנציאלית U= mgh מתאים לתנועה בתאוצת כובד קבועה.

כאשר גוף נע בתאוצת כובד משתנה (לדוגמה גוף הנע בנפילה חופשית מגובה רב ונע עד לפני כדור הארץ) לא ניתן להשתמש בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית mgh במשוואת שימור האנרגיה כיוון שבתנועת הגוף ערך תאוצת הכובד משתנה.

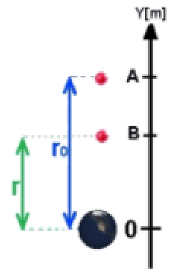
במקרים בהם גוף נע בתאוצת כובד משתנה יש להשתמש באנרגיה הפוטנציאלית הכבידתית.

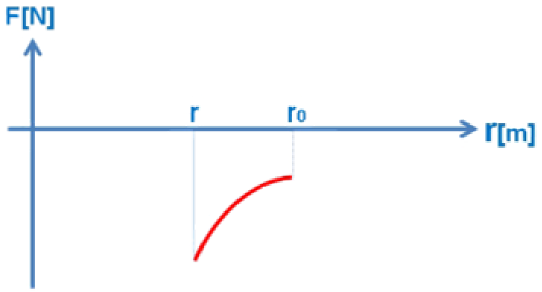
האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית היא אנרגיה פוטנציאלית של כוח הכובד שלא תלויה בתאוצת הכובד g. ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית הוא:

$$\boxed{U = -\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r}}$$

ניתן לפתח ביטוי לאנרגיה הפוטנציאלית כבידתית מגרף המתאר את כוח הכבידה האוניברסלי כתלות במרחק (ממרכז כדור הארץ) במקרה של גוף הנע בנפילה חופשית מגובה רב ממרחק r_0 למרחק r.

באיור הימני מתוארת תנועת הגוף ביחס לציר, הגרף מתואר באיור השמאלי.





השטח התחום בין הפונקציה לציר המרחק שווה לעבודת כוח הכבידה האוניברסלי , נחשב שטח זה בעזרת פעולת האינטגרל:

$$W_{A\to B} = \int_r^{r_0} F(r)\,dr = \int_r^{r_0} \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}\,dr$$

$$W_{A\to B} = G \cdot M \cdot m \int_r^{r_0} \frac{1}{r^2}\,dr$$

$$W_{A\to B} = G \cdot M \cdot m \int_r^{r_0} r^{-2}\,dr = G \cdot M \cdot m\left[-\frac{1}{r}\right]_r^{r_0} = \frac{G \cdot M \cdot m}{-r_0} - \frac{G \cdot M \cdot m}{-r}$$

$$\boxed{W_{A\to B} = \frac{G \cdot M \cdot m}{r} - \frac{G \cdot M \cdot m}{r_0}}$$

כיוון שעבודת הכוח המשמר שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית , ניתן לקבל מביטוי העבודה את ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית.

1. האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית היא שלילית מכיוון שאם נבצע עבודה חיובית על מסה הנמצאת בסמוך למסה אחרת ונביא את המסה למנוחה באין סוף האנרגיה הכוללת תהיה אפס. לכן לפני שבצענו את העבודה האנרגיה כוללת הייתה שלילית.
2. האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית מתוארת כתלות במרחק ממרכז כדור הארץ ולא כתלות בגובה הגוף מעל פני כדור הארץ.

ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית מתאים לכל מקרה שפועל כוח הכבידה האוניברסלי.

שימור אנרגיה מכנית
(Cube-34)

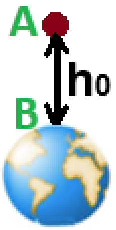
כאשר גוף נע בהשפעת כוח הכבידה האוניברסלי בלבד האנרגיה המכנית הכוללת נשמרת. סכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית כבידתית של הגוף הוא קבוע בכל רגע במהלך תנועת הגוף.
כאשר גוף נע מנקודה A לנקודה B בהשפעת כוח הכבידה האוניברסלי בלבד, מתקיים:

$$\boxed{\begin{gathered} EK_A + U_A = EK_B + U_B \\ \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_A^2 - \frac{G\cdot M_E\cdot m}{r_A} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_B^2 - \frac{G\cdot M_E\cdot m}{r_B} \end{gathered}}$$

בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית U=mgh הערך של הגובה h הוא ביחס למישור ייחוס נבחר.

בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית הערך של המרחק r שווה למרחק הגוף מנקודת מרכז כדור הארץ.

<u>דוגמה:</u> כדור שמסתו 100 ק"ג משוחרר ממנוחה מנקודה A הנמצאת בגובה 30,000km . הכדור נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד ופוגע בקרקע בנקודה B, כמוראה באיור הבא:



נחשב את מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקרקע.
כיוון שכל זמן תנועת הגוף פועל על הגוף רק כוח הכבידה האוניברסלי – האנרגיה המכנית נשמרת.
הגוף נע מגובה רב, הוא נע בתאוצת כובד משתנה נכתוב את משוואת שימור האנרגיה בעזרת ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית.

$$EK_A + U_A = EK_B + U_B$$

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot V_A^2 - \frac{G\cdot M_E\cdot m}{r_A} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot V_B^2 - \frac{G\cdot M_E\cdot m}{r_B}$$

$$\frac{1}{2}\cdot \cancel{m}\cdot V_B^2 = \frac{G\cdot M_E\cdot \cancel{m}}{R_E} - \frac{G\cdot M_E\cdot \cancel{m}}{R_E+h}$$

$$V_B = \sqrt{2\cdot G\cdot M_E\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_E+h}\right)}$$

$$V_B = \sqrt{2\cdot G\cdot M_E\left(\frac{1}{R_E} - \frac{1}{R_E+h}\right)} = \sqrt{2\cdot 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 5.974\cdot 10^{24}\cdot\left(\frac{1}{6.38\cdot 10^6} - \frac{1}{6.38\cdot 10^6 + 30\cdot 10^6}\right)} = 10.11\cdot 10^3\,\frac{m}{s}$$

ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה המכנית בכל מקרה שבו גוף נע בהשפעת כוח הכבידה האוניברסלי בלבד.

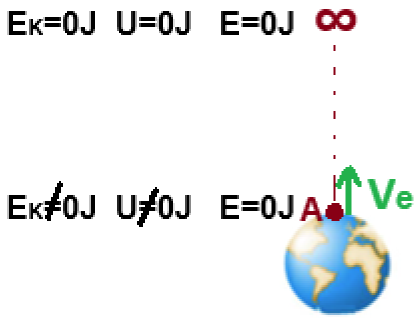
מהירות מילוט
(Cube-34)

מהירות המילוט היא המהירות הקטנה ביותר שבה ניתן לזרוק גוף מפני כוכב כלשהו מבלי שהגוף יחזור לכוכב.
מהירות המילוט תלויה במסת הכוכב וברדיוסו לפי:

$$\boxed{V_e = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}}$$

1. כאשר גוף נזרק בדיוק במהירות המילוט הוא נעצר באין סוף, שם אין לו אנרגיה קינטית ואין לו אנרגיה פוטנציאלית, האנרגיה המכנית שווה לאפס. כיוון שהאנרגיה המכנית נשמרת גם כאשר הגוף נזרק מפני הקרקע במהירות המילוט האנרגיה המכנית הכוללת שלו שווה לאפס.
2. מהביטוי ניתן לראות שלכוכב בעל מסה גדולה ורדיוס קטן (כוכב בעל צפיפות מסה גדולה) דרושה מהירות מילוט גדולה.
3. מהירות המילוט לא תלויה במסת הגוף הנזרק מפני הכוכב.
4. מהירות המילוט של גוף הנזרק מגובה רב (לא מפני הכוכב) היא המהירות שבה האנרגיה המכנית בנקודת הזריקה שווה לאפס.

ניתן לפתח את ביטוי מהירות המילוט בעזרת משוואת שימור האנרגיה במקרה שהגוף נזרק בדיוק במהירות המילוט ונעצר באין סוף.
נתייחס לתנועה שבה הגוף נזרק מפני הכוכב בנקודה A:



$$EK_A + U_A = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_A^2 + \left(-\frac{G \cdot M \cdot m}{R}\right) = 0$$

$$\frac{1}{2} V_A^2 = \frac{G \cdot M}{R}$$

$$V_A = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M}{R}}$$

דוגמה: נחשב את מהירות המילוט מכדור הארץ.

$$V_e = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_E}{R_E}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.974 \cdot 10^{24}}{6.38 \cdot 10^6}} = \sqrt{124,910,909} = 11,176 \frac{m}{s}$$

ביטוי מהירות המילוט מתאים רק לגוף הנזרק מפני הכוכב ונע בהשפעת כוכב הכבידה בלבד.

חורים שחורים (Cube-34)	המהירות הגדולה ביותר בטבע היא מהירות האור. גופים לא יכולים לנוע במהירות גדולה ממהירות האור. אם צפיפות הכוכב מאוד גדולה כך שמהירות המילוט גדולה מהירות האור, לא ניתן לזרוק גופים מפני הכוכב כך שימלטו מהכוכב. במקרה כזה הכוכב נקרא חור שחור מכיוון שגם אור לא יכול להימלט מהכוכב.
רדיוס שוורצשילד (Cube-34)	לכל כוכב בהתאם למסתו קיים רדיוס גדול ביותר בו הכוכב מוגדר כחור שחור, רדיוס זה נקרא רדיוס שוורצשילד. $\boxed{R = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}}$ ניתן לפתח את רדיוס שוורצשילד מביטוי מהירות המילוט כאשר מהירות המילוט שווה למהירות האור C. לדוגמה: נחשב באופן תיאורטי את הרדיוס המתאים למסת כדור הארץ שבו כדור הארץ יהיה חור שחור: $R = \frac{2 \cdot G \cdot M_E}{c^2} = \frac{2 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 5.974 \cdot 10^{24}}{(3 \cdot 10^8)^2} = \frac{7.96 \cdot 10^{14}}{9 \cdot 10^{16}} = 8.84 \cdot 10^{-3} m$ אם מסת כדור הארץ כולו יידחס לכדור שרדיוסו קטן מ- 9 מילימטר כדור הארץ יהיה חור שחור. בעבר מדענים העריכו שלא קיים גופים בעל צפיפות מסה של חור שחור. כיום אנחנו יודעים שקיימים חורים שחורים ביקום, אחד מהם נמצא במרכז הגלקסיה שלנו. ניתן להשתמש בביטוי רדיוס שוורצשילד לכל גוף בעל צורה כדורית.

לוויינים ושיקולי אנרגיה

(Cube-34)

לוויין הוא גוף מלאכותי הנע סביב כוכב בדומה לתנועת הירח סביב כדור הארץ.

ניתן לתאר את תנועת הלוויין בעזרת עקרונות התנועה המעגלית עם משוואת התנועה, ובעזרת עקרונות האנרגיה. הלוויין נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד לכן האנרגיה המכנית נשמרת.

1. משוואת התנועה המעגלית של לוויין שמסתו m הנע ברדיוס מסלול r סביב כוכב שמסתו M:

$$\boxed{\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r}$$

2. ביטוי האנרגיה הפוטנציאלית של הלוויין UG:

$$\boxed{U_G = -\frac{G \cdot M \cdot m}{r}}$$

3. ביטוי האנרגיה הקינטית של הלוויין כתלות ברדיוס המסלול EK:

$$\boxed{E_K = \frac{G \cdot M \cdot m}{2 \cdot r} = -U_G}$$

ניתן לפתח את ביטוי האנרגיה הקינטית ממשוואת התנועה:

$$\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{r}$$

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} = \frac{m \cdot V^2}{r} \Rightarrow \frac{G \cdot M \cdot m}{r} = m \cdot V^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{G \cdot M \cdot m}{r}$$

4. ביטוי האנרגיה המכנית הכוללת של הלוויין ET:

$$\boxed{E_T = -\frac{G \cdot M \cdot m}{2 \cdot r}}$$

ביטוי האנרגיה המכנית הכוללת מתקבל מסכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית:

$$E_T = E_K + U = \frac{G \cdot M \cdot m}{2 \cdot r} + \left(-\frac{G \cdot M \cdot m}{r}\right) = -\frac{G \cdot M \cdot m}{2 \cdot r}$$

כל ארבעת הביטויים מתאימים ללוויין(מלאכותי או אמיתי) הנע <u>רק</u> בהשפעת כוח הכבידה שמפעיל עליו הכוכב סביבו נע הלוויין.

לוויינים ושיקולי אנרגיה (Cube-34)	דוגמה: לווין אופק 10 שוגר מישראל והוא נע בגובה 600 ק"מ מעל פני כדור הארץ, מסתו 330 ק"ג.

רדיוס כדור הארץ הוא 6,380 ק"מ, בהתאם לגובה הלוויין ניתן לומר שהוא נע ברדיוס מסלול 6,980 ק"מ.

1. נחשב את האנרגיה הפוטנציאלית של הלוויין UG:

$$U_G = -\frac{G\cdot M_e\cdot m}{r} = -\frac{G\cdot M_E\cdot m}{R_E+h} = -\frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 5.974\cdot 10^{24}\cdot 330}{6.38\cdot 10^{6}+600\cdot 10^{3}} = -\frac{1.314\cdot 10^{17}}{6.98\cdot 10^{6}} = -18.82\cdot 10^{9}J$$

2. נחשב את האנרגיה הקינטית של הלוויין EK:

$$E_K = \frac{G\cdot M_E\cdot m}{2\cdot r} = \frac{G\cdot M_E\cdot m}{2(R_E+h)} = \frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 5.974\cdot 10^{24}\cdot 330}{2(6.38\cdot 10^{6}+600\cdot 10^{3})} = \frac{1.314\cdot 10^{17}}{13.96\cdot 10^{6}} = 9.41\cdot 10^{9}J$$

2. נחשב את האנרגיה המכנית של הלוויין ET :

$$E_T = -\frac{G\cdot M_E\cdot m}{2\cdot r} = -\frac{G\cdot M_E\cdot m}{2(R_E+h)} = -\frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 5.974\cdot 10^{24}\cdot 330}{2(6.38\cdot 10^{6}+600\cdot 10^{3})} = -\frac{1.314\cdot 10^{17}}{13.96\cdot 10^{6}} = -9.41\cdot 10^{9}J$$

1. בכל תנועה לוויינית קיימת רק מהירות אפשרית אחת לתנועת הלוויין שבה הלוויין נע סביב הכוכב במסלול קבוע בלי להתקרב או להתרחק מהכוכב. ממשוואת התנועה מהירות זו תלויה ברדיוס מסלול תנועת הלוויין, בהתאם לרדיוס המסלול נקבעת מהירות הלווין האנרגיה הקינטית של הלוויין.

2. בכל תנועה לוויינית ערך האנרגיה הקינטית שווה לערך המוחלט של האנרגיה המכנית הכוללת.

3. בכל תנועה לוויינית ערך האנרגיה הקינטית שווה למחצית גודל האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית.

שדה הכבידה
(Cube-34)

שדה כבידה הוא תכונה וקטורית של נקודה במרחב .
שדה הכבידה בנקודה מתאר את כוח הכבידה האוניברסלי הפועל גוף ליחידת מסה הממוקם בנקודה.
הגדרת שדה הכבידה:

$$\vec{g}^{\,*} = \frac{\vec{F}}{m}$$

לדוגמה: נתונה הנקודה A הסמוכה לכוכב לכת כלשהו.

נתון שאם נניח בנקודה A גוף שמסתו 2 ק"ג גודל כוח הכבידה שיפעל על הכדור יהיה 10 ניוטון נחשב את גודל שדה הכבידה בנקודה A:

$$g^*_A = \frac{F}{m} = \frac{10}{2} = 5\frac{N}{kg}$$

במילים פשוטות משמעות שדה הכבידה בנקודה A היא שלכל 1 ק"ג מסה שתמוקם בנקודה A יפעל כוח של 5 ניוטון.
אם נמקם בנקודה A גוף שמסתו 2 ק"ג יפעל כוח כבידה של 10 ניוטון, ואם נמקם בנקודה A גוף שמסתו 10 ק"ג יפעל על הגוף כוח שגודלו 50 ניוטון.

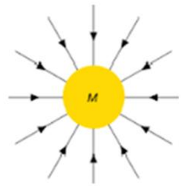
1. שדה הכבידה מתאר את היחס שבין הכח הפועל על הגוף למסתו לכן שדה הכבידה מתאר את תאוצת הגוף.
שדה הכבידה הוא למעשה תאוצת הכובד. לכן הוא מסומן על ידי האות g.
כיוון ששדה הכבידה לא עוסק רק בתאוצת הכובד על פני כדור הארץ הוא מסומן ב כוכבית.

2. מהגדרת שדה הכבידה כיוון וקטור השדה בכל נקודה הוא ככיוון כוח הכבידה הפועל על מסה המונחת בנקודה.
(בדוגמה המתוארת לעיל כיוון שדה הכבידה הוא שמאלה).

3. עוצמת שדה הכבידה תלוי ביחס ישר במסת הגוף היוצר את שדה הכבידה וביחס הפוך בריבוע מרחק הנקודה ממרכז הגוף היוצר את השדה:

$$g^* = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

ניתן להגיע לביטוי זה מהצבת כוח הכבידה האוניברסלי בהגדרת השדה.

מרחב וקטורי השדה	אוסף וקטורי שדה הכבידה סביב הגוף היוצר את שדה הכבידה נקרא "מרחב וקטורי השדה" . מרחב וקטורי לדוגמה מתואר באיור הבא: 
קווי שדה (Cube-34)	קווי השדה הם קווים רציפים שכיוונם בכל נקודה זהה לכיוון וקטורי השדה. באיור הבא מתוארים קווי השדה בסביבת גוף כדורי, קווי השדה הם קווים רציפים המגיעים מהאין סוף לגוף.  1. עוצמת השדה בכל נקודה נקבעת בהתאם לצפיפות קווי השדה באותה הנקודה, ככל שצפיפות קווי השדה גדולה יותר כך עוצמת השדה גדולה יותר. 2. בסביבתם של מספר גופים קווי השדה מתעקמים כך שצפיפותם שווה לעוצמת השדה בכל נקודה. 3. אנחנו נעסוק בנושא השדה בהרחבה בלימודי החשמל.
מאפייני שדה הכבידה (Cube-34)	שדה הכבידה הוא לא רק תיאור מתמטי של מרחב המסה, שדה הכבידה ממש קיים במרחב. 1. השדה הנוצר ע"י המסה לא מגיע לכל מקום באפס זמן. שדה הכבידה מתפשט במרחב במהירות האור. דוגמה מעשית לחשיבות השדה: קרני האור המגיעות אלינו מהשמש נעות במשך כשמונה דקות. אם השמש תחדל מלהתקיים ברגע מסוים , לכדור הארץ יגיע אור במשך שמונה דקות לאחר רגע זה.באופן דומה גם שדה הכבידה ימשיך להשפיע על כדור הארץ במשך שמונה דקות נוספות, בדקות אלו כדור הארץ ימשיך לנוע בתנועה מעגלית במסלולו הרגיל סביב המקום בו הייתה השמש, למרות שהיא לא נמצאת שם. 2. השדה מתפשט מהמסה לאין סוף(החוצה) אך כיוונו הוא מהאין סוף למסה (פנימה). (בדומה לאדם שרץ ימינה ומפעיל כוח שמאלה.)

הכוחות היסודיים בטבע (Cube-34)	בטבע פועלים ארבעה כוחות יסודיים: 1.כוח כבידה. 2.כוח אלקטרומגנטי. 3.כוח גרעיני חזק. 4.כוח גרעיני חלש. **כוחות אלו מסבירים כל תופעה המתרחשת בעולמינו בין אם מדובר בחלקיקים המרכיבים את האטום או בגלקסיות.** **כל כוח אחר אותו הכרנו הוא לא יותר מצורת תיאור פשוטה של אחד מארבעת הכוחות. כך למשל כוח החיכוך וכוח הנורמל הם כוחות חשמליים .** **מדענים רבים טוענים שכל ארבעת הכוחות הם צורת התגלמות שונה של כוח אחד בסיסי, היכול לתאר את כל ארבעת הכוחות. כשזה יקרה יהיה אולי רעיון אחד בו נשתמש להבנת כל תחומי הפיזיקה.**

פרקטיקות כבידה 1- שיקולי דינמיקה בכבידה

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

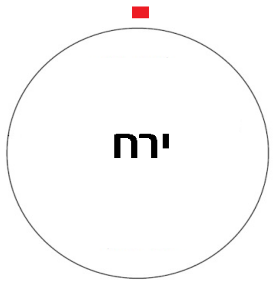
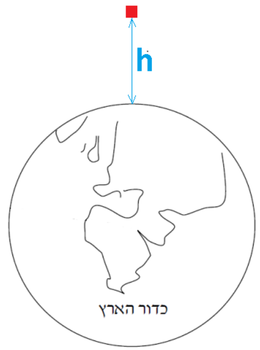
1. בפרק הכבידה אנחנו עוסקים רק בשני סוגים של תנועות: תנועה בקו ישר (כמו נפילה מגובה רב) ותנועה מעגלית(כמו תנועת לוויין).
2. לרוב הגוף נע בהשפעת כוח כבידה אחד בלבד. יש מקרים בודדים שבהם הגוף נע בהשפעת שני כוחות כבידה.
3. בהתאם לכוח הכבידה הפועל על הגוף יש לכתוב את משוואת התנועה המתאימה ולהפיק ממנה מסקנות וביטויים דרושים.
4. בפרק הכבידה אנחנו עוסקים בגופים מאוד גדולים (כמו כוכבי לכת). המרחק r המופיע במשוואת כוח הכבידה האוניברסלי הוא המרחק בין מרכזי הגופים.
5. נתוני תנועת כדור הארץ, השמש וכוכבי הלכת מופיעים בדפי הנוסחאות. יש להכיר היטב את דפי הנוסחאות.

נושאי התרגול:

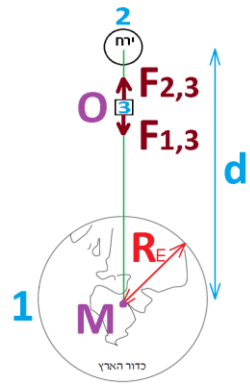
א. תנועה בקו ישר.
ב. תנועה לוויינית .

1. תנועה בקו ישר.

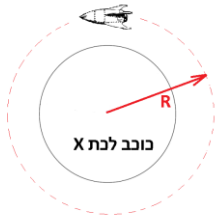
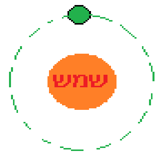
	פעולה נדרשת	העקרונות הפיזיקליים	הביטוי/הערך המבוקש	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1.1 - גוף נע בנפילה חופשית על פני כוכב לכת X כלשהו. 	**$g^*(M_X,R_X)$** פתח ביטוי לתאוצת הכובד על פני כוכב הלכת X, כתלות במסת הכוכב וברדיוס הכוכב. **הנחיות:** MX- מסת כוכב הלכת. RX- רדיוס כוכב הלכת.	משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר. $\sum\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$g^* = \frac{G\cdot M_X}{R_X^2}$	1.נפילה חופשית היא כל תנועה שבה הגוף נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד. דוגמאות לנפילה חופשית: גוף משוחרר ממנוחה, נזרק אופקית, נזרק בזווית. גם תנועה לוויינית היא תנועה בהשפעת כוח הכבידה בלבד, לכן היא נחשבת נפילה חופשית. 2.הסימון g משמש לסימון תאוצת הכובד על פני כדור הארץ בלבד. כל תאוצת כובד אחרת מסומנת על ידי *g. 3. תאוצת הכובד היא תאוצה של גוף הנע בנפילה חופשית. 4. הרדיוס המופיע בביטוי הוא רדיוס הכוכב ולא רדיוס מסלול תנועתו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426
1.2 - גוף נע בנפילה חופשית על פני כדור הארץ. 	חשב את ערך תאוצת הכובד על פני כדור הארץ. השתמש בביטוי תאוצת הכובד כתלות ברדיוס הכוכב ובמסתו	משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר. $\sum\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$g = 9.789\ \frac{m}{s^2}$	1. תאוצת הכובד בנקודה בסביבתו של כוכב, לא תלויה במסת הגוף הנע וגם לא בתנועתו. תאוצת הכובד תלויה רק במסת הכוכב הגורם לתאוצת הכובד ובמרחק בין מרכז הכוכב לנקודה. 2. נתוני רדיוס כדור הארץ ומסתו מופיעים בדפי הנוסחאות.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10255

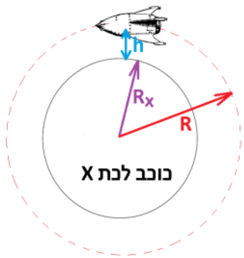
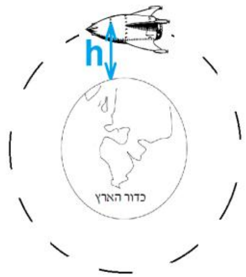
1.3 - גוף נע בנפילה חופשית על פני הירח. 	חשב את ערך תאוצת הכובד על פני הירח. **הנחיה:** נתוני רדיוס הירח ומסתו מופיעים בדפי הנוסחאות.	משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר. $\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$g^* = 1.6 \ \frac{m}{s^2}$	1. ביטוי כוח הכבידה האוניברסלי מתאר את הכוח הפועל בין כל שני גופים ביקום, בין אם מדובר על הכוח הפועל בין זבוב לציפור ובין אם מדובר על הכוח הפועל בין אסטרונאוט המקפץ על הירח לירח. 2. הביטוי לתאוצת הכובד על פני הכוכב לא נתון בדפי הנוסחאות, יש לפתח את הביטוי ממשוואת התנועה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10264
1.4 - גוף נע בנפילה חופשית, בגובה h מעל פני כדור הארץ. 	$g^*(h, M_E, R_E)$ פתח ביטוי לתאוצת הכובד בנקודה כתלות בגובה הנקודה h מעל פני כדור הארץ.	משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר. $\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$g^* = \frac{G \cdot M_E}{(R_E + h)^2}$	ככל שנקודה רחוקה יותר מכדור הארץ תאוצת הכובד בנקודה תהיה קטנה יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10256

1.5- גוף נע בנפילה חופשית על פני כוכב לכת X כלשהו. 	**$M_X(R_X,g^*)$** **פתח ביטוי המתאר את מסת כוכב הלכת כתלות ברדיוס ובתאוצת הכובד על פניו.** **<u>הנחיה:</u>** **Mx- מסת כוכב הלכת.** **Rx- רדיוס כוכב הלכת.**	**משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר.** $\Sigma\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$M_X = \frac{g^* \cdot R_X^2}{G}$	**1. הכוכב הוא גוף לא נקודתי. בחישוב כוח הכבידה האוניברסלי יש להתייחס למרחק שבין מרכז הכוכב לגוף. מרחק זה שווה לסכום של גובה הגוף ושל רדיוס הכוכב.** **במקרה זה: הגובה זניח, המרחק בין הגופים שווה בקירוב טוב לרדיוס הכוכב.** **2. הרדיוס המופיע בביטוי הוא רדיוס הכוכב ולא רדיוס מסלול תנועתו.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10258
1.6- גוף נע בנפילה חופשית על פני כדור הארץ. 	**חשב את ערך מסת כדור הארץ, בעזרת ביטוי מסת הכוכב ותאוצת הכובד על פניו.** **<u>הנחיה:</u>** **MX- מסת כוכב הלכת.** **RX- רדיוס כוכב הלכת.**	**משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר.** $\Sigma\vec{F} = m\cdot\vec{a}$	$M_E = 5.97\cdot10^{24}\,kg$	**בהתאם להנחיות בבגרות, גם בפרק הכבידה אנחנו מעגלים את ערך תאוצת הכובד על פני כדור הארץ ל- 10 מטר לשנייה בריבוע.** **בסעיף זה כדי לקבל ערך מדויק של מסת כדור הארץ, מסת כדור הארץ מחושבת בהתאם לתאוצת כובד שגודלה 9.789 מטר לשנייה בריבוע (בהתאם לסעיף 1.2).**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10265

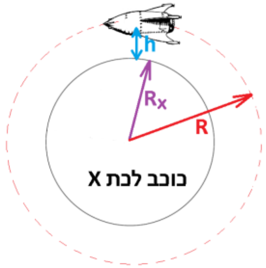
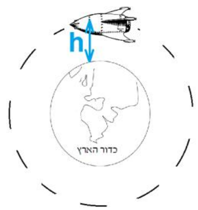
1.7- נקודה. "O" נמצאת בין הירח לכדור הארץ. בנקודה "O" שקול הכוחות שווה אפס. 	$OM\ (R_E)$ יש לבטא את מרחק הנקודה "O" מנקודת מרכז כדור הארץ, כתלות ברדיוס כדור הארץ. **<u>הנחיה:</u>** 1.נתון d=60RE. 2.אם נמקם גוף בנקודה "O" שקול כוחות הכבידה שיפעילו עליו הירח וכדוה"א יהיה שווה לאפס. 3.בהתאם לנתונים בדפי הנוסחאות, מסת כדור הארץ גדולה ממסת הירח פי 81.	משוואת התמדה לגוף הממוקם בנקודה "O" $\Sigma\vec{F} = 0$	$OM = 54 \cdot R_E$	1.גוף הנמצא בין הנקודה "O" לכדור הארץ נופל לכדור הארץ. גוף הנמצא בין הנקודה "O" לירח נופל לירח. גוף המשוחרר ממנוחה בדיוק בנקודה "O" לא נופל. (נשאר במנוחה). 2. שאלה זו הופיעה מספר פעמים בבגרויות בשנים עברו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10257

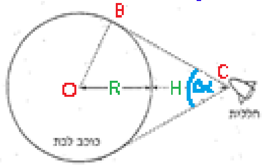
2. תנועה לוויינית.

2.1- לוויין נע בתנועה לוויינית סביב כוכב לכת X כלשהו. 	$T(R)$ יש לבטא את זמן המחזור T כתלות ברדיוס המסלול. **<u>הנחיה:</u>** T- זמן מחזור תנועת הלוויין סביב הכוכב.	על הגוף פועל רק כוח הכבידה האוניברסלי. כוח זה הוא הכוח הצנטריפטלי. משוואת התנועה המעגלית(מהירות זוויתית). $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$	$T = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3}{G \cdot M_X}}$	1.תנועה לוויינית היא כל תנועה מעגלית בהשפעת כוח הכבידה בלבד. דוגמאות לתנועה לוויניות: לוויין הנע סביב כדור הארץ. ירח הנע סביב כדור הארץ. כדור הארץ הנע סביב השמש. 2. מביטוי זמן המחזור ניתן לראות שלכל רדיוס מסלול מסוים קיים רק זמן מחזור מתאים אחד אפשרי לקיום התנועה המעגלית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10260
2.2 - כדור הארץ נע סביב השמש בתנועה לוויינית. 	חשב את זמן מחזור תנועת כדור הארץ סביב השמש (זמן של שנה).	על הגוף פועל רק כוח הכבידה האוניברסלי. כוח זה הוא הכוח הצנטריפטלי. משוואת התנועה המעגלית(מהירות זוויתית). $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$	$T = 31.55 \cdot 10^6 s$ $T = 365.16\ day$	1. נתוני כוכבי הלכת השמש והירח נתונים בדפי הנוסחאות. 2. יש להבחין בין רדיוס כדור הארץ לרדיוס מסלול. 3.בהתאם למשוואת התנועה, בביטוי זמן המחזור של תנועת כדור הארץ, מופיעה מסת השמש ולא מסת כדור הארץ.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10266
2.3 - ירח נע סביב כדור הארץ בתנועה לוויינית. 	חשב את זמן מחזור תנועת הירח סביב הכדור הארץ (זמן של חודש).	על הגוף פועל רק כוח הכבידה האוניברסלי. כוח זה הוא הכוח הצנטריפטלי. משוואת התנועה המעגלית(מהירות זוויתית).	$T = 2.36 \cdot 10^6 s$ $T = 27.38\ day$	1. יש להבחין בין רדיוס הירח לרדיוס מסלולו. 2.בהתאם למשוואת התנועה , בביטוי זמן המחזור של תנועת הירח סביב כדור הארץ, המסה המופיעה בביטוי היא של כדור הארץ	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10267

2.4 - לוויין נע סביב כוכב לכת X כלשהו.  	**$V(R)$** יש לבטא את מהירות הלוויין V כתלות ברדיוס המסלול R. **הנחיה:** MX- מסת הכוכב RX- רדיוס הכוכב R- רדיוס המסלול	על הגוף פועל רק כוח הכבידה האוניברסלי. משוואת התנועה המעגלית(מהירות קווית). $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R}$	$V = \sqrt{\frac{G \cdot M_X}{R}}$	1.רדיוס המסלול R שווה לסכום של גובה הלוויין h ורדיוס הכוכב Rx: R=Rx+h 2.מהירות הלוויין תלויה במסת הכוכב ולא תלויה במסת הלוויין.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10259
2.5- לוויין נע בגובה של 6,000km מעל כדור הארץ.  	חשב את מהירות הלוויין.	על הגוף פועל רק כוח הכבידה האוניברסלי. משוואת התנועה המעגלית(מהירות קווית). $\Sigma F_R = \frac{m \cdot V^2}{R}$	$V = 5.67 \cdot 10^3 \frac{m}{s}$	מביטוי מהירותו של הלוויין ניתן לראות שמהירות הלוויין הדרושה לתנועה לוויינית ברדיוס מסלול נתון תלויה רק במסת הכוכב סביבו הלוויין נע.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10268

323

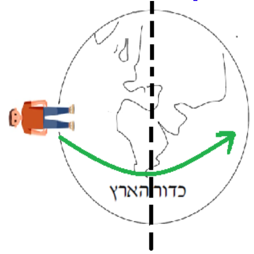
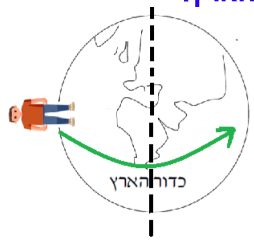
2.6 - לוויין נע סביב כוכב לכת X כלשהו. 	**$a_R(V,R)$** **כתיבת ביטוי לתאוצה הרדיאלית כתלות במהירות הלוויין V וברדיוס המסלול R.**	**ביטוי התאוצה הרדיאלית של גוף הנע בתנועה מעגלית קצובה, כתלות במהירות הקווית.** $a_R = \frac{V^2}{R}$	$a_R = \frac{V^2}{R}$	**התאוצה הרדיאלית מתארת את קצב השינוי בכיוון תנועת הגוף.** **ככל שרדיוס המסלול קטן יותר, וככל שמהירותו הקווית גדולה יותר, כך קצב השינוי בכיוון תנועת הגוף גדול יותר, והתאוצה גדולה יותר.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10261
2.7- לוויין נע בגובה של 6,000 ק"מ מעל פני כדור הארץ. 	**חשב את תאוצתו הרדיאלית של הלוויין כתלות במהירותו הקווית.** **<u>הנחיה</u>: מהירותו הקווית של הלוויין בגובה זה מחושבת בסעיף 6.ב.**	**ביטוי התאוצה הרדיאלית של גוף הנע בתנועה מעגלית קצובה.** $a_R = \frac{V^2}{R}$	$a_R = 2.59\ \frac{m}{s^2}$	**ערך התאוצה הרדיאלית בנקודה מסוימת זהה לערך תאוצתו של גוף הנע בקו ישר באותה נקודה.** **אם גוף ינוע בתנועה מעגלית על פני כדור הארץ. תאוצתו הרדיאלית תהיה 9.8 מטר לשנייה בריבוע.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10269
2.8 – גוף משוחרר ממנוחה בגובה 6000 ק"מ מעל פני כדור הארץ. 	**$g^*(M_X,R)$** **חשב את תאוצת הכובד בנקודת שחרור הגוף.**	**משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר.** $\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$g^* = 2.59\ \frac{m}{s^2}$	**התאוצה של כל גוף שווה ליחס בין הכוח השקול הפועל עליו למסת הגוף. יחס זה לא תלוי בתנועת הגוף.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10262

2.9- שימוש בזווית ראייה לתיאור גובה הלוויין. 	$H(R,\alpha)$ בטא את גובה הלוויין H, כתלות ברדיוס הכוכב R. נתון: α=60 **<u>הנחיה</u>: ניתן להתייחס למשולש OBC כאל משולש ישר זווית.**	**שימוש בפונקציית הסינוס.**	$H = R$	**1.סעיף זה עוסק רק בגיאומטריה, הוא מופיע מספר פעמים בשאלות הכבידה.** **2.כדאי לזכור שכאשר גובה הלוויין מעל פני הכוכב שווה לרדיוס הכוכב זווית הראייה שווה ל- 60 מעלות.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10270
2.10- אדם יושב בתוך לוויין הנע בתנועה לוויינית סביב כדור הארץ. 	**בטא את גודל כוח הנורמל שהכיסא מפעיל על האדם.**	**משוואת התנועה המעגלית(מהירות זוויתית).** $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$	$N = 0$	**1.כל גוף הנמצא בתוך לוויין הנע בתנועה לוויינית מרחף בתוך הלוויין. עובדה זו לא תלויה במסת הגוף.** **2. הלוויין נע בתנועה לוויינית, והאדם נע בתנועה לוויינית זהה.** **גם אם הלוויין "יעלם פתאום", האדם ימשיך לנוע בדיוק באותה תנועה לוויינית.** **לכן האדם "מרחף" בתוך הלוויין.** **(דומה לאדם הנמצא בתוך מעלית הנעה בנפילה חופשית).**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10271

325

2.11-מכונית נחה על פני כוכב שלא נע סביב צירו. 	$N(R,m,M_X)$ בטא את גודל כוח הנורמל שהכוכב מפעיל על המכונית הנחה. הנחיה: נסמן את מסת המכונית ב m. ואת מסת הכוכב ב MX.	משוואת התמדה.	$N=\frac{G\cdot M_X\cdot m}{R_X^2}$	1.כוח הכבידה האוניברסלי הפועל על הגוף הוא משקל הגוף. 2.המכונית מתמידה בתנועתה, כוח הנורמל שווה לכוח הכבידה האוניברסלי הפועל על המכונית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10272
2.12- מכונית נוסעת על פני כוכב שלא נע סביב צירו. 	$N(R_X,m,M_X,V)$ בטא את גודל כוח הנורמל שהכוכב מפעיל על המכונית הנעה. הנחיה: יש להתייחס לכוכב כאל גוף בעל צורה כדורית. ולהניח שהכוכב לא מסתובב סביב צירו.	משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הקווית). $\Sigma F_R=\frac{m\cdot V^2}{R}$	$N=\frac{G\cdot M_X\cdot m}{R_X^2}-\frac{m\cdot V^2}{R_X}$	1. המכונית נעה בתנועה מעגלית, כוח הנורמל קטן מכוח הכבידה האוניברסלי. 2. כוח הכבידה האוניברסלי (משקל הגוף) לא משתנה. כוח הנורמל משתנה בהתאם למשוואת התנועה המעגלית, ככל שמהירות המכונית גדולה יותר כוח הנורמל יהיה קטן יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10273

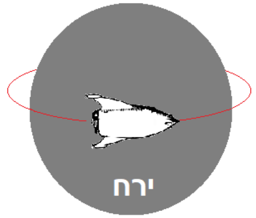
2.13- מכונית נוסעת במהירות גדולה על פני כוכב שלא נע סביב צירו. 	$V'(R_X, M)$ בטא את גודל המהירות 'V שבו כוח הנורמל מתאפס. __הנחיה:__ 'V היא מהירות ספציפית המתאימה למקרה ספציפי, שבו ערך הנורמל שווה לאפס .	משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הקווית). $\Sigma F_R = \frac{m\cdot v^2}{R}$	$V' = \sqrt{\frac{G\cdot M_X}{R_X}}$	1. כאשר מהירות המכונית היא גדולה כך שערך הנורמל שווה לאפס, ניתן לומר שהמכונית נעה בהשפעת כוח הכבידה בלבד, היא נעה בנפילה חופשית, בתנועה לוויינית. 2. ביטוי המהירות המתקבל בסעיף זה זהה לביטוי מהירותו של גוף הנע בתנועה לוויינית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10274
2.14-מכונית נוסעת במהירות גדולה על פני כדור הארץ.(נזניח את תנועת כדור הארץ סביב צירו). 	חשב את מהירות המכונית על פני כדור הארץ שבו ערך הנורמל שהארץ מפעילה על המכונית שווה לאפס. (המכונית נעה בתנועה לוויינית)	יש להשתמש בביטוי המהירות מהסעיף הקודם.	$V = 7,898.25\frac{m}{s}$	אנחנו מתייחסים לגוף הנע במסלול מעגלי מושלם, ומתעלמים מתנועת כדור הארץ סביב צירו.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10275

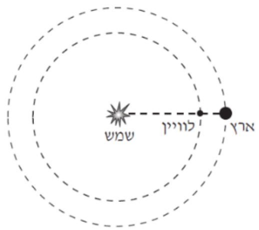
2.15- אדם עומד על נקודה הנמצאת על קו המשווה של כדור הארץ. כדור הארץ משלים הקפה שלמה במשך 24 שעות. 	**פתח ביטוי לכוח הנורמל כתלות במסתו של האדם.** **<u>הנחיה:</u> מכיוון שהאדם נע בתנועה מעגלית כוח הנורמל הפועל עליו יהיה קטן ממשקלו.**	**משוואת התנועה המעגלית(עם המהירות הזוויתית).** $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$	$N = mg - 0.03m$	**1. בניתוח תנועת גופים על פני כדור הארץ אנחנו לא מתייחסים לתנועתו הסיבובית של כדור הארץ, (כשם שאנחנו לא מתייחסים לכוח החיכוך עם האוויר). קיימת מעט השפעה לתנועת כדור הארץ סביב צירו על כוח הנורמל שכדור הארץ מפעיל.** **2. אדם העולה על משקל הנמצא על קו המשווה מסתו האמיתית תהיה גדולה בשלושה אחוזים מהמסה הנמדדת.** **3. משקל הגוף mg הוא כוח הכבידה האוניברסלי Fg.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10278
2.16- אדם עומד על נקודה הנמצאת על קו המשווה של כדור הארץ. 	**אם ניתן היה לשנות את זמן המחזור של תנועת כדור הארץ, מה הוא זמן הקפה של כדור הארץ T* עבורו האדם "ירחף" על פני כדור הארץ.** **<u>הנחיה:</u> במצב זה גודלו של כוח הנורמל הוא אפס.**	**משוואת התנועה המעגלית(עם המהירות הזוויתית).** $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$	$T^* = 5{,}071.55S$	**1.אם כדור הארץ יסתובב בזמן מחזור של כשעה וחצי (במקום 24 שעות) אדם הנמצא בקו המשווה "ירחף" על פני כדור הארץ. (ינוע בתנועה לוויינית)** **2.רק כאשר האדם נמצא בקו המשווה - כוח הכבידה האוניברסלי פועל אל נקודת מרכז הסיבוב. וניתן להתייחס אליו כאל כוח צנטריפטלי.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10277

2.17 - אדם יושב על עמוד מאוד גבוה. העמוד ניצב על כוכב <u>שלא</u> מסתובב סביב צירו.  	$N(R_X,h,m,M_X)$ כתוב ביטוי לכוח הנורמל הפועל על האדם. <u>הנחיה:</u> m- מסת האדם. MX- מסת הכוכב. RX- רדיוס הכוכב. h- גובה העמוד	משוואת התמדה.	$N=\frac{G\cdot M_X\cdot m}{(R_X+h)^2}$	האדם מתמיד בתנועתו, כוח הנורמל שווה בגודלו לכוח הכבידה האוניברסלי הפועל על האדם. מהביטוי המפותח ניתן לראות שכאשר גובה הבניין הוא אין סופי גודל כוח הנורמל יהיה אפסי.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10279
2.18- אדם יושב על עמוד גבוה הניצב על כוכב המסתובב סביב צירו.  	$N(R_X,h,m,M_X,V)$ כתוב ביטוי לכוח הנורמל הפועל על האדם.	משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הקווית). $\Sigma F_R=\frac{m\cdot V^2}{R}$	$N=\frac{G\cdot M_X\cdot m}{(R_X+h)^2}-\frac{m\cdot V^2}{R_X+h}$	האדם נע בתנועה מעגלית. מהביטוי ניתן לראות שככל שהמהירות גדולה יותר כך כוח הנורמל הפועל על האדם יהיה קטן יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10280

2.19 - אדם יושב על עמוד גבוה הניצב על כוכב המסתובב סביב ציר. 	$T(R_X,h,M_X)$ כתוב ביטוי לזמן המחזור כאשר גודל הנורמל הפועל על האדם שווה לאפס. <u>הנחיה</u>: יש לכתוב את משוואת התנועה המעגלית ולבטא ממנה את זמן המחזור כאשר ערך הנורמל שווה לאפס.	משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הזוויתית). $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$	$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(R_X + h)^3}{G \cdot M_X}}$	במקרה זה כאשר האדם נע בתנועה מעגלית בהשפעת כוח הכבידה בלבד (לא פועל כוח הנורמל) ניתן לומר שהאדם נע בתנועה לוויינית. גם אם העמוד ייפול האדם ימשיך לנוע בדיוק באותה התנועה המעגלית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10276
2.20 - לוויין תקשורת נע סביב כוכב לכת כלשהו, מעל לנקודה קבועה. 	$R(M_S, T)$ כתוב ביטוי לרדיוס מסלול תנועת הלוויין כתלות בזמן המחזור ובמסת הכוכב.	משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הזוויתית). $\Sigma F_R = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ולבטא את רדיוס המסלול.	$R = \left(\frac{G \cdot M_X \cdot T^2}{4 \cdot \pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$	1.לווייני תקשורת הם לוויינים הנעים מעל לנקודה קבועה. 2. זמן המחזור של תנועת הלוויין שווה לזמן מחזור תנועת הכוכב סביב ציר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10282

2.21 - לוויין **תקשורת נע בתנועה לוויינית מעל לנקודה קבועה הנמצאת על כדור הארץ** 	**מה הוא זמן מחזור תנועת הלוויין?**	**ידע כללי, כדור הארץ נע סביב צירו, יש לדעת מה הוא זמן המחזור של תנועת כדור הארץ סביב צירו.**	$T=24h$	**כל לווייני התקשורת הנעים סביב כדור הארץ נעים בזמן מחזור של 24 שעות.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10281
2.22 - לוויין **תקשורת נע בתנועה לוויינית מעל לנקודה קבועה הנמצאת על כדור הארץ.** 	**חשב את הגובה של לווייני התקשורת הנעים סביב כדור הארץ.** **<u>הנחיה:</u> רדיוס המסלול שווה לסכום של גובה הלוויין מעל הכוכב h ורדיוס הכוכב Rx.**	**נשתמש בביטוי רדיוס המסלול מהסעיף הקודם, עבור כדור הארץ. נבטא ממנו את גובה לווייני התקשורת.** **ביטוי הגובה המתקבל:** $h=\left(\frac{G\cdot M_E\cdot T^2}{4\cdot\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}-R_E$	$h=35.8\cdot 10^6 m$	**ממשוואת התנועה המעגלית, קיים רק רדיוס מסלול אפשרי אחד המתאים לזמן המחזור של תנועת לוויין התקשורת סביב כדור הארץ.** **לכן כל לווייני התקשורת הנעים סביב כדור הארץ נעים בגובה זהה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10283

2.23- לוויין תקשורת נע בתנועה לוויינית מעל לנקודה קבועה הנמצאת על כדור הארץ. 	**הסבר מדוע הנקודה מעליה נע הלוויין חייבת להימצא מעל בקו המשווה.**	**הבנת עקרונות התנועה המעגלית והכרת כוח הכבידה האוניברסלי**	**רק אם הנקודה A נמצאת על קו המשווה, נקודת מרכז הסיבוב של התנועה המעגלית היא נקודת מרכז כדור הארץ, ורק אז כוח הכבידה יכול לפעול ככוח צנטריפטלי.**	**1. אם נמקם לוויין מעל נקודה שלא נמצאת על קו המשווה, כוח הכבידה האוניברסלי יפעל לכיוון נקודת מרכז כדור הארץ, אך הוא לא יפעל לכיוון נקודת מרכז הסיבוב.** **2. גוף יכול לנוע בתנועה לוויינית מעל כל נקודה, אך הוא יכול להישאר כל הזמן מעל הנקודה רק אם הנקודה נמצאת בקו המשווה. הסבר מפורט קיים בקישור הפתרון המלא.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10284
2.24 - לוויין תקשורת נע בתנועה לוויינית מעל לנקודה קבועה <u>בירח</u>. 	**כתוב ביטוי לרדיוס המסלול של לוויין התקשורת וחשב את ערכו.**	**משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הזוויתית).** $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$	$R = \left(\frac{G\cdot M_m\cdot T_m^2}{4\cdot\pi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$ $R = 88.39\cdot 10^3 m$	**1. הסעיף עוסק בירח ולא בכדור הארץ.** **2. זמן תנועת הירח סביב כדור הארץ שווה לזמן סיבוב הירח סביב צירו. זמן זה נתון בדפי הנוסחאות.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10285

2.25 - חוק שלישי של קפלר.	פתח את ביטוי החוק השלישי של קפלר עבור כוכבי לכת הנעים סביב השמש. הנחיה: יש להראות שהיחס שבין ריבוע זמן המחזור לרדיוס המסלול בשלישית הוא קבוע התלוי במסת השמש בלבד. לכן, יחס זה זהה לכל כוכבי הלכת הנעים סביב השמש.	משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות זוויתית). $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$	$\frac{T^2}{R^3}=\frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot M_S}=$קבוע	1.צורה נוספת של החוק השלישי של קפלר: $\frac{T_1^{\ 2}}{R_1^{\ 3}}=\frac{T_2^{\ 2}}{R_2^{\ 3}}$ 2.קפלר גילה את החוק השלישי מתנועת כוכבי הלכת סביב השמש, ניתן להשתמש בחוק השלישי של קפלר גם לגופים הנעים סביב כל גרם שמיים אחר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10286
2.26 - לוויין נע סביב השמש במהירות זוויתית הזהה למהירות הזוויתית של כדור הארץ. (הלוויין וכדור הארץ נמצאים על אותו קו רדיאלי כל זמן תנועתם). 	במקרה זה החוק השלישי של קפלר לא מתקיים עבור הלוויין וכדור הארץ. למרות ששניהם נעים סביב השמש. הסבר מדוע החוק השלישי לא מתקיים במקרה זה.	יש לכתוב משוואת התנועה המעגלית (עם מהירות זוויתית). $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$ ולבטא מהמשוואה את היחס שבין ריבוע זמן המחזור לרדיוס המסלול בשלישית	אם נכתוב את משוואת התנועה במקרה זה נראה שהיחס T^2/R^3 הוא לא קבוע, והוא תלוי במסת השמש בלבד. לכן החוק השלישי לא מתקיים במקרה זה .	החוק השלישי של קפלר עוסק בגופים הנעים בתנועה לוויינית ומתקיים לגביהם שני התנאים הבאים: א-שני הגופים נעים סביב אותו כוכב. ב- כל אחד מהגופים נע בהשפעת כוח הכבידה שמפעיל עליו הכוכב שסביבו הם נעים <u>בלבד</u>! במקרה זה הלוויין נע בהשפעת השמש ובהשפעת כדור הארץ.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10287

2.27 - לוויין נע בתנועה לוויינית סביב כוכב לכת כלשהו. 	$M_x(R, T)$ **יש לכתוב ביטוי למסת הכוכב כתלות בזמן המחזור ורדיוס המסלול.**	**משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הזוויתית).** $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$ **ביטוי מסת הכוכב.**	$M_x = \frac{4\cdot\pi^2\cdot R^3}{T^2\cdot G}$	**1. בעזרת משוואת התנועה המעגלית, ניתן ללמוד מתנועתו המעגלית של הלוויין על מסת הכוכב סביבו הלוויין נע.** **2. אומנם ניתן לבטא מתמטית את מסת הכוכב כתלות ברדיוס המסלול ובזמן ההקפה, אך מסת הכוכב לא תלויה ברדיוס המסלול גם לא בזמן ההקפה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10288
2.28 - הירח נע בתנועה לוויינית סביב כדור הארץ 	**יש לחשב את מסת כדור הארץ בהתאם לתנועת הירח.**	**משוואת התנועה המעגלית (עם המהירות הזוויתית).** $\Sigma F_R = m\cdot\omega^2\cdot R$	$M_E = 6\cdot10^{24}\,kg$	**נתוני הירח מופיעים בדפי הנוסחאות מדויקים בשתי ספרות בלבד אחרי הנקודה העשרונית, לכן ערך מסת כדור הארץ המתקבל מהחישוב הוא לא מדויק.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4426&chapterid=10289

פרקטיקות כבידה 2- שיקולי אנרגיה בכבידה

תרגולי הפרקטיקות הם תרגולים מקיפים המיועדים לפיתוח המיומנות ולחזרה על העקרונות הפיזיקליים.

בכל שורה בדף הפרקטיקות קיימות שש עמודות:

תיאור של אירוע, חישוב נדרש, העקרונות הפיזיקליים, תשובה סופית , הערות חשובות, קישור לתשובה מלאה.

לביצוע הפרקטיקות יש לכתוב פתרון מלא ומסודר לכל שורה, לקרוא היטב את ההערות החשובות, במידת הצורך ניתן לראות את הפתרון המלא בקישור המופיע בעמודה השמאלית.

דגשים חשובים לפני התרגול:

1. האנרגיה המכנית הכוללת שווה לסכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית כבידתית.

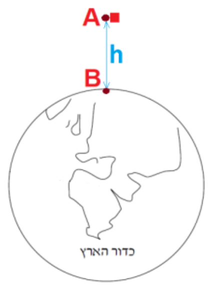
$$E_{\text{כוללת}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 - \frac{G \cdot M \cdot m}{R}$$

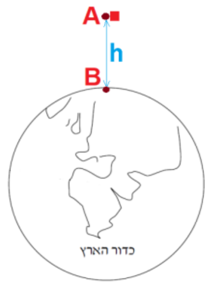
2. במקרים בהם רק כוח הכובד מבצע עבודה האנרגיה המכנית נשמרת, יש לכתוב את משוואת שימור האנרגיה עם האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית (לא כובדית).
3. אם מבוצעת עבודה של כוח לא משמר האנרגיה המכנית לא נשמרת, עבודת הכוח הלא משמר שווה לשינוי באנרגיה המכנית הכוללת.
4. קיימים שני סוגים של תנועות בהן אנחנו עוסקים בשיקולי אנרגיה:
   א- תנועה בקו ישר בתאוצת כובד משתנה.
   ב- תנועה לוויינית.

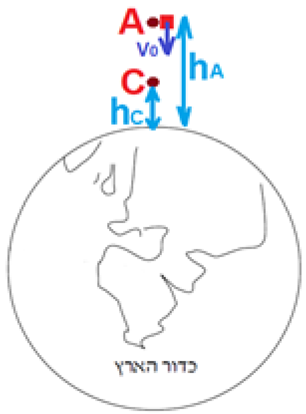
נושאי התרגול:

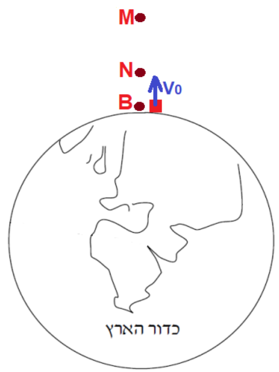
ג. שיקולי אנרגיה בכבידה - תנועה בקו ישר.
ד. שיקולי אנרגיה בכבידה - תנועה לוויינית .

שיקולי אנרגיה בכבידה- תנועה בקו ישר

	פעולה נדרשת	העקרונות הפיזיקליים	הביטוי/הערך המבוקש	הערות חשובות	קישור לפתרון מלא
1- גוף שמסתו 70 ק"ג משוחרר ממנוחה מהנקודה A הנמצאת בגובה 6,000 ק"מ מעל פני כדור הארץ. הגוף נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד. בסיום תנועתו פוגע הגוף בנקודה B הנמצאת על פני כדור הארץ.  	**1.1** - ערך תאוצת הכובד על פני כדור הארץ הוא: $g = 10\frac{m}{s^2}$ חשב את ערך תאוצת הכובד בנקודת שחרור הגוף. **הנחיות:** ME- מסת כדוה"א. RE- רדיוס כדוה"א.	משוואת תנועה לגוף הנע בקו ישר. $\Sigma\vec{F} = m \cdot \vec{a}$	$g^* = 2.6\frac{m}{s^2}$	פיתוח מלא מופיע בקישור לפתרון המלא. מהביטוי ניתן לראות שככל שהגוף רחוק מפני כדור הארץ כך תאוצת הגוף קטנה יותר.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543
	1.2 חשב את ערך הממוצע החשבוני של תאוצת הגוף בנקודה A ובנקודה B. ערך זה הוא קירוב של התאוצה הממוצעת. **הנחיה:** ממוצע חשבוני פשוט שווה לסכום התאוצות חלקי 2.		$\bar{g}^* = 6.3\frac{m}{s^2}$	1. בזמן תנועת הגוף המרחק בין הגוף לנקודת מרכז כדור הארץ הולך וקטן לכן כוח הכבידה האוניברסלי הפועל על הגוף הולך וגדל. הגוף נע בתאוצה משתנה הולכת וגדלה בקצב לא קבוע. 2. כיוון שהתאוצה לא משתנה בקצב קבוע חישוב התאוצה הממוצעת בעזרת ממוצע חשבוני פשוט הוא קירוב לא מדויק.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10671

<u>המשך סעיף 1.</u> גוף שמסתו 70 ק"ג משוחרר ממנוחה, מהנקודה A הנמצאת בגובה 6,000 ק"מ מעל פני כדור הארץ. הגוף נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד. בסיום תנועתו פוגע הגוף בנקודה B הנמצאת על פני כדור הארץ.  	1.3 - חשב את מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקרקע(בנקודה B) **השתמש בערך התאוצה הממוצעת המחושב בסעיף 1.2.** <u>הנחיה:</u> השתמש בעקרונות הקינמטיקה.	ניתן לתאר את התנועה בעזרת הפונקציות: V(t) ו- X(t) $X(t)=X_0+V_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ $V(t)=V_0+a\cdot t$ ובעזרת ביטוי ריבוי המהירויות: $V^2=V_0^2+2\cdot a\cdot\Delta X$	$V_B=8,694.82\frac{m}{s}$	בסעיף זה מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקרקע מחושבת בעזרת התאוצה המקורבת מהסעיף הקודם, לכן ערך המהירות המחושב בסעיף זה הוא לא מדויק.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10672
	1.4 - חשב את מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקרקע(בנקודה B) **השתמש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית.** <u>הנחיה:</u> יש להשתמש במשוואת שימור האנרגיה.	**<u>שימור אנרגיה</u>** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת: ביטוי אנרגיה פוטנציאלית כבידתית: $U=-\frac{G\cdot m_1\cdot m_2}{r}$ ביטוי האנרגיה הקינטית הקינטית: $E_K=\frac{1}{2}\cdot m\cdot V^2$ ביטוי האנרגיה המכנית: $E=E_K+U$	$V_B=8,694.82\frac{m}{s}$	1. משימוש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית $U=-\frac{G\cdot M_1\cdot M_2}{R}$ במשוואת שימור האנרגיה ניתן לחשב את מהירות הגוף בכל נקודה במסלול תנועת הגוף <u>במדויק</u>. 2. בביטוי האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית המרחק r הוא המרחק בין מרכזי הגופים. מרחק הנקודה A מכדור הארץ הוא: h+RE. מרחק הנקודה B מכדור הארץ הוא: RE . 3. האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית בפני הקרקע שונה מאפס.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10673

שאלה	סעיף	שימור אנרגיה	תשובה	הסבר	קישור
2- גוף שמסתו 70 ק"ג נזרק במהירות 50 מטר לשנייה כלפי מטה מנקודה A הנמצאת בגובה 6,000 ק"מ מעל פני כדור הארץ. הגוף נע בהשפעת כוח הכבידה בלבד. במהלך תנועתו חולף הגוף בנקודה C הנמצאת בגובה 2,000 ק"מ מעל פני כדור הארץ.  	**2.1** - חשב את האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף בנקודת זריקתו, בנקודה A.	**שימור אנרגיה** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת. ביטוי אנרגיה פוטנציאלית כבידתית: $U = -\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r}$ ביטוי האנרגיה הקינטית: $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ ביטוי האנרגיה המכנית: $E = E_K + U$	$E_A = -2.25 \cdot 10^{-9} J$	הגוף נע בתאוצת כובד משתנה אך האנרגיה המכנית הכוללת לא משתנה.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10676
	2.2 - חשב את האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף ברגע שהוא חולף בנקודה B.		$E_B = -2.25 \cdot 10^{-9} J$	כל זמן תנועת הגוף האנרגיה הקינטית גדלה והאנרגיה הפוטנציאלית כבידתית קטנה (יותר ויותר שלילית). סכום האנרגיה הקינטית והפוטנציאלי כבידתית הוא קבוע.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10678
	2.3 - חשב את האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף ברגע שהוא פוגע בקרקע, נקודה C.		$E_C = -2.25 \cdot 10^{-9} J$	אנרגיה קינטית היא תמיד חיובית. אנרגיה פוטנציאלית כבידתית היא תמיד שלילית. אנרגיה מכנית כוללת יכולה להיות חיובית או שלילית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10677
	2.4 - חשב את מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקרקע. <u>הנחיה:</u> יש להשתמש במשוואת שימור האנרגיה.		$V_B = 7{,}779.04 \frac{m}{s}$	1. לפני שימוש במשוואת שימור האנרגיה יש לציין שרק כוח הכובד עושה עבודה לכן האנרגיה המכנית נשמרת. 2. המרחק בין נקודת הפגיעה למרכז כדור הארץ שווה לרדיוס כדור הארץ.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10674
	2.5 - חשב את מהירות הגוף ברגע בו הוא חולף בנקודה C.		$V_C = 5{,}541.35 \frac{m}{s}$	כיוון שהגוף נע בתאוצת כובד משתנה לא ניתן להשתמש במשוואת שימור האנרגיה באנרגיה פוטנציאלית כובדית, יש להשתמש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10675

3- גוף שמסתו 70 ק"ג נזרק כלפי מעלה מנקודה B הנמצאת בקרקע. מהירות זריקת הגוף היא 8,000 מטר לשנייה. הגוף נעצר רגעית בנקודה M ולאחר מכן הוא נע כלפי מטה, חוזר אל הקרקע. בתנועתו חולף הגוף בנקודה N הנמצאת בגובה 1,000 ק"מ מעל פני כדור הארץ. 	**3.1 - חשב את האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף כאשר הוא מגיע לנקודה M וכאשר הוא חולף בנקודה N.**	**שימור אנרגיה** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת: **בתנועה בתאוצת כובד משתנה, בביטוי שימור האנרגיה, יש להשתמש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית:** $U = -\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r}$ **ביטוי האנרגיה הקינטית:** $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ **ביטוי האנרגיה המכנית:** $E = E_K + U$	$E_M = -2.1 \cdot 10^{-9} J$ $E_N = -2.1 \cdot 10^{-9} J$	**כיוון זריקת הגוף לא משפיע על העובדה שכל זמן תנועת הגוף רק כוח הכבידה מבצע עבודה, לכן גם במקרה זה האנרגיה המכנית נשמרת.** **בכל נקודה בה הגוף חולף האנרגיה המכנית לא משתנה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10681
	3.2 - חשב את הגובה המקסימלי אליו מגיע הגוף לאחר זריקתו. (גובה הנקודה M) __הנחיה:__ יש להשתמש במשוואת שימור האנרגיה.		$h_M = 6.72 \cdot 10^6 m$	**בכתיבת משוואת שימור האנרגיה ניתן להשוות בין האנרגיה המכנית בנקודה M לאנרגיה המכנית בנקודה B.** **או בין האנרגיה המכנית בנקודה M לאנרגיה המכנית בנקודה N.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10679
	3.3 - חשב את מהירות הגוף ברגע בו הוא חולף בנקודה N.		$V_N = 6{,}831.83 \frac{m}{s}$	**1. האנרגיה היא גודל סקלרי, משימוש במשוואת שימור האנרגיה ניתן למצוא רק את גודל המהירות. לא ניתן למצוא את סימן המהירות ממשוואת שימור האנרגיה.** **2. בתנועת הגוף מנקודה B לנקודה M הגוף חולף בכל נקודה פעמיים, פעם אחת בהלוך ופעם נוספת בחזור. גודל מהירות הגוף בנקודה כלשהי בהלוך זהה לגודל מהירות הגוף באותה הנקודה בחזור.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10680

4-גוף נזרק אנכית כלפי מעלה מפני כדור הארץ במהירות המילוט.

מהירות המילוט היא מהירות הזריקה הקטנה ביותר שבה הגוף הנזרק לא יחזור לכדוה"א.

4.1 - מה היא מהירותו של הגוף כאשר הוא מגיע לאין סוף? __**הנחיה:**__ אין סוף הוא מקום בו כוח הכבידה האוניברסלי שמפעיל כדור הארץ על הגוף הוא זניח.	**שימור אנרגיה** **במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת:** **בתנועה בתאוצת כובד משתנה, בביטוי שימור האנרגיה, יש להשתמש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית:** $U = -\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r}$ **ביטוי האנרגיה הקינטית:** $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ **ביטוי האנרגיה המכנית:** $E = E_K + U$	$V_\infty = 0\frac{m}{s}$	**מכיוון שהגוף נזרק במהירות המילוט (המהירות הקטנה ביותר שבה הוא מגיע לאין סוף) כאשר הגוף מגיע לאין סוף מהירותו שווה לאפס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10682
4.2 - מה היא האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית של הגוף כאשר הוא מגיע לאין סוף.		$U = 0J$	**כאשר הגוף הנזרק מגיע לאין סוף כוח הכבידה האוניברסלי אפסי, לכן האנרגיה הפוטנציאלית שווה לאפס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10683
4.3 - מה האנרגיה הקינטית של הגוף כאשר הוא נמצא באין סוף.		$E_{K\infty} = 0J$	**הגוף נעצר באין סוף. מהגדרת האנרגיה הקינטית** $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ **גם האנרגיה הקינטית של הגוף באין סוף שווה לאפס.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10684
4.4 - מה האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף ברגע שהוא מגיע לאין סוף.		$E_\infty = 0J$	**האנרגיה המכנית הכוללת באין סוף שווה לסכום האנרגיה הקינטית באין סוף והאנרגיה פוטנציאלית באין סוף.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10685

המשך סעיף 4 גוף נזרק אנכית כלפי מעלה מפני כדור הארץ במהירות המילוט. מהירות המילוט היא מהירות הזריקה הקטנה ביותר שבה הגוף הנזרק לא חוזר לכדור הא"א. 	**4.5 - מה האנרגיה המכנית הכוללת של הגוף ברגע זריקתו מפני הקרקע.**	**שימור אנרגיה** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת: בתנועה בתאוצת כובד משתנה, בביטוי שימור האנרגיה, יש להשתמש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית: $U = -\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r}$ ביטוי האנרגיה הקינטית: $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ ביטוי האנרגיה המכנית: $E = E_K + U$	$E_0 = 0\,J$	רק כוח הכבידה עושה עבודה , לכן האנרגיה המכנית נשמרת. האנרגיה המכנית של הגוף ברגע הזריקה שווה לאנרגיה המכנית של הגוף בנקודת זריקת הגוף.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10690
	4.6 - פתח ביטוי למהירות המילוט מכדור הארץ. <u>הנחיה:</u> יש לפתח ביטוי למהירות המילוט מהשוואת האנרגיה המכנית בנקודת הזריקה לאפס.		$V_e = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot M_E}{R_E}}$	ביטוי מהירות המילוט לא נתון בדפי הנוסחאות, יש לפתח אותו כדי להשתמש בו. פיתוח מלא נמצא בקישור לפתרון המלא.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10686
	4.7 - חשב את מהירות המילוט מכדור הארץ.		$Ve = 11{,}176.35\frac{m}{s}$	מהירות המילוט מתייחס רק למקרה שבו הגוף נזרק אנכית כלפי מעלה. אם הגוף לא נזרק בכיוון אנכי כלפי מעלה. כדי שהגוף ימלט משדה הכבידה של כדור הארץ, רכיב מהירות הזריקה בכיוון האנכי לקרקע צריך להיות שווה למהירות המילוט.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10687
	4.8 - חשב את מהירות המילוט מהירח.		$Ve = 2{,}373.81\frac{m}{s}$	מהירות המילוט נקבעת בהתאם לצפיפות הכוכב, לכוכב שצפיפותו גדולה מהירות המילוט היא גדולה. אומנם רדיוס הירח קטן בערך פי 3 מרדיוס כדור הארץ, אך מסת הירח לא קטנה פי 3 היא קטנה בערך פי 80. לכן מהירות המילוט מהירח קטנה יותר ממהירות המילוט מכדור הארץ.	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10688

המשך סעיף 4 גוף נזרק אנכית כלפי מעלה מפני כדור הארץ במהירות המילוט. מהירות המילוט היא מהירות הזריקה הקטנה ביותר שבה הגוף הנזרק לא חוזר לכדוה"א. 	**4.9 - מה צריך להיות רדיוסו של כדור הארץ (מבלי לשנות את מסתו) כדי שמהירות המילוט מכדור הארץ תהיה שווה למהירות האור.** **הנחיה:** מהירות האור היא: $Vc = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$	**שימור אנרגיה** במקרים בהם רק כוח הכובד עושה עבודה האנרגיה המכנית נשמרת: **בתנועה בתאוצת כובד משתנה, בביטוי שימור האנרגיה, יש להשתמש באנרגיה פוטנציאלית כבידתית:** $U = -\frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r}$ **ביטוי האנרגיה הקינטית:** $E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$ **ביטוי האנרגיה המכנית:** $E = E_K + U$	$R_E{}^* = 8.85mm$	**אם רדיוס כדור הארץ, במסתו הנתונה, יהיה קטן מ 8.85 מילימטר , מהירות המילוט מכדור הארץ צריכה להיות גדולה ממהירות האור.** **מכיוון שמהירות האור היא המהירות הגדולה ביותר האפשרית בטבע. אם רדיוס כדור הארץ יהיה קטן מ 8.85 מילימטר לא ניתן יהיה לזרוק מכדור הארץ גוף כך שימלט מכדור הארץ.** **במקרה כזה, כדור הארץ יחשב לחור שחור.** **לשמחתנו צפיפות כדור הארץ הרבה יותר קטנה.**	https://moodle.youcube.co.il/mod/book/view.php?id=4543&chapterid=10689

אוגדני פתרונות לשאלות הבגרות בכבידה

חוק כבידה אוניברסלי ומשוואות התנועה

שיקולי אנרגיה מהירות מילוט ושדה כבידה-

2020,6- גשושית נוחתת על הירח.

2019,6 – חללית נעה סביב כדוה"א ונוחתת בירח.

2018,6 – לווין נע סביב כדור הארץ.

2017,5 - על קו דמיוני העובר בין הירח לכדור הארץ, קיימת נקודה O , בה שקול כוחות הכבידה אפס.

2015,5- תחנת חלל נעה בתנועה לוויינית.

2010,5- חללית נעה סביב השמש , ברדיוס מסלול הזהה לרדיוס המסלול של כדור הארץ סביב השמש.

1996,5- טיל משוגר מפני כדור הארץ כלפי מעלה בתאוצה קבועה עד שהדלק אוזל, והוא נע בתנועה בליסטית.

1995,5- שאלות כלליות העוסקות בנפילה חופשית ובתנועה לוויינית.

1994,5- גוף נע בנפילה חופשית על פני כוכב לכת דמיוני, הגובה ממנו מתחילה התנועה שווה לרדיוס הכוכב.

1992,5- לווין עובר ממסלול גבוה לנמוך .

1991,5- שני לוויינים נעים סביב אותו כוכב במהירויות שונות ובמסלולים שונים.

1990,5- גוף נע בנפילה חופשית מגובה רב. תנועה ב תאוצת כובד משתנה. שאלה פרמטרית.

1989,5- על קו דמיוני העובר דרך מרכז כדור הארץ ומרכז הירח , יש נקודה בה שקול הכוחות שווה לאפס.

1988,5- חללית משוגרת מפני כדור הארץ , ונעה בתנועה לוויינית סביב כדור הארץ. שאלה פרמטרית.

1987,5- טיל משוגר מפני כדור הארץ , עד שמהירותו שווה לרבע ממהירות השיגור. שאלה פרמטרית

1984,3- נתונים שני כוכבים בעלי רדיוס מסוים וצפיפות אחידה מסוימת. שאלה פרמטרית.

1982,3- לוויין מקיף את כדור הארץ ברדיוס מסלול מסוים. נתונה האנרגיה הדרושה כדי להעלותו.

1981,2- מטאוריט מתנגש בלווין הנע סביב כדור הארץ , כתוצאה מההתנגשות שניהם נעים אנכית כלפי מטה.

נוסחאות במכניקה מתוך דפי נוסחאות

קינמטיקה — תנועה לאורך קו ישר

מהירות רגעית	$v = \frac{dx}{dt}$
תאוצה רגעית	$a = \frac{dv}{dt}$
מהירות ממוצעת	$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
תנועה שוות־תאוצה	$v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$
מהירות של B ביחס ל- A	$v_{B,A} = v_B - v_A$

דינמיקה

כוח הכבידה	$F = mg$
חוק הוק (גודל כוח אלסטי)	$F = k\,\Delta\ell$
גודל כוח חיכוך סטטי קינטי	 $f_s \le \mu_s N$ $f_k = \mu_k N$
החוק השני של ניוטון	$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

עבודה, אנרגייה והספק

עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר x על ידי כוח F הקבוע בכיוונו	$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x)\,dx$
עבודה של כוח הקבוע בגודלו ובכיוונו כאשר $\Delta s = \lvert\Delta x\rvert$,	$W = F_x\,\Delta x = F\cos\theta\,\Delta s$
אנרגייה קינטית	$E_k = \frac{1}{2}mv^2$
אנרגייה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד) $(U_{G(h=0)} = 0)$	$U_G = mgh$
אנרגייה פוטנציאלית אלסטית (במצב רפוי $U_{sp} = 0$)	$U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2$
משפט עבודה־אנרגייה	$W_{\text{כוללת}} = \Delta E_k$
עבודת שקול הכוחות הלא־משמרים (E — אנרגייה מכנית כוללת)	$W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E$
הספק ממוצע	$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$

מתקף ותנע

מתקף של כוח משתנה	$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t)\,dt$
מתקף של כוח קבוע	$\vec{J} = \vec{F}\,\Delta t$
תנע	$\vec{p} = m\vec{v}$
נוסחת מתקף־תנע	$\vec{J}_{\text{כולל}} = \Delta\vec{p}$
שימור תנע	$m_A\vec{v}_A + m_B\vec{v}_B = m_A\vec{u}_A + m_B\vec{u}_B$
בהתנגשות אלסטית חד־ממדית	$\vec{v}_A - \vec{v}_B = -(\vec{u}_A - \vec{u}_B)$

תנועות מחזוריות

תדירות זוויתית $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

תנועה מעגלית

מהירות זוויתית ממוצעת $\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$

גודל מהירות (בתנועה מעגלית קצובה)

$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$

הקשר בין מהירות קווית ומהירות זוויתית

$v = \omega r$

תאוצה רדיאלית (צנטריפטלית)

$a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$

תנועה הרמונית פשוטה

שקול הכוחות בתנועה הרמונית $\Sigma\vec{F} = -c\vec{x}$

$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$

נוסחת מקום-זמן $x = A\cos(\omega t + \phi)$

מהירות $v = -\omega A\sin(\omega t + \phi)$

$v = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

תאוצה $a = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi)$

$a = -\omega^2 x$

זמן המחזור $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$

מטוטלת פשוטה (מתמטית) $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

כבידה

החוק השלישי של קפלר $\left(\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

גודל כוח הכבידה $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

אנרגייה פוטנציאלית כובדית

$U_G = -\frac{GMm}{r}$ $\quad \left(U_{G(r\to\infty)} = 0\right)$

אנרגייה של לוויין במסלול מעגלי

קינטית $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

כוללת $E = -\frac{GMm}{2r}$

קבועים בסיסיים

(ערכי הקבועים רשומים בדיוק נמוך מהדיוק הניסיוני הידוע, ומשמשים לבחינת בגרות.)

שם הקבוע	סימון	יחידות	ערך
קבוע הגרביטציה	G	$N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$	$6.67 \cdot 10^{-11}$
המקדם בחוק קולון	k	$N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$	$9 \cdot 10^9$
מהירות האור בריק	c	$m \cdot s^{-1}$	$3 \cdot 10^8$
פרמיאביליות הריק	μ_0	$T \cdot m \cdot A^{-1}$	$1.257 \cdot 10^{-6}$ $4\pi \cdot 10^{-7}$
דיאלקטריות הריק	ε_0	$C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}$	$8.85 \cdot 10^{-12}$
המטען החשמלי היסודי	e	C	$1.60 \cdot 10^{-19}$
קבוע פלאנק	h	$J \cdot s$ $eV \cdot s$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ $4.14 \cdot 10^{-15}$
מסת אלקטרון	m_e	kg	$9.11 \cdot 10^{-31}$
מסת פרוטון	m_p	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
מסת נייטרון	m_n	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
קבוע אבוגדרו	N_A	mol^{-1}	$6.02 \cdot 10^{23}$

נוסחאות מתמטיות

היקף מעגל	$2\pi R$	נפח כדור	$\frac{4}{3}\pi R^3$
שטח עיגול	πR^2	לזוויות קטנות	$\sin\theta \approx tg\theta$
שטח פני כדור	$4\pi R^2$	לזוויות קטנות ברדיאנים	$\sin\theta \approx \theta$

נתונים על אודות השמש והירח

	מסה (kg)	רדיוס (m)	רדיוס מסלול ממוצע סביב כדור הארץ (m)	זמן מחזור (יממות)
שמש	$1.99 \cdot 10^{30}$	$6.96 \cdot 10^{8}$	------	------
ירח	$7.35 \cdot 10^{22}$	$1.74 \cdot 10^{6}$	$3.84 \cdot 10^{8}$	27.3

נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

כוכב לכת	מסה $(10^{24} kg)$	רדיוס $(10^{6} m)$	רדיוס מסלול ממוצע $(10^{9} m)$	זמן מחזור (שנים)
כוכב חמה (Mercury)	0.330	2.44	57.9	0.2408
נוגה (Venus)	4.869	6.05	108.2	0.6152
ארץ (Earth)	5.974	6.38	149.6	1.00
מאדים (Mars)	0.642	3.40	227.9	1.881
צדק (Jupiter)	1899.1	71.4	778.3	11.86
שבתאי (Saturn)	568.6	60.0	1427.0	29.46
אורנוס (Uranus)	86.98	26.1	2871.0	84.01
נפטון (Neptun)	103	24.3	4497.1	164.8