

פיזיקה

אדם נהיגה

ורכב

מותאם לתוכנית הלימודים של משרד החינוך

תשע"ו - 2016

תוכן עניינים

תהליכים המתרחשים אצל האדם

- פרק 1 נהיגה קשב והיסח הדעת 5
מהי נהיגה, נהיגה וקשב, הסחת דעת בנהיגה
- פרק 2 תגובה זמן תגובה של נהג בנהיגה 11
מהי תגובה, מהו זמן תגובה, התהליכים המתרחשים בזמן תגובה של נהג
- פרק 3 מרחק תגובה בנהיגה 23
מהו מרחק תגובה בנהיגה, מרחק תגובה ומהירות הרכב

תהליכים המתרחשים על הכביש

- פרק 4 בלימה זמן בלימה של רכב 30
מהי בלימה של רכב, זמן בלימה של רכב, תאווה ותאוצה
- פרק 5 מרחק בלימה של רכב 36
מהו מרחק בלימה, מרחק בלימה ומהירות הרכב, אנרגיית התנועה
- פרק 6 מרחק עצירה של רכב 45
מהו מרחק עצירה, השפעת המהירות, השפעת זמן התגובה, השפעת חיכוך גלגלי הרכב

תהליכים הקשורים למערכות הרכב

- פרק 7 בלימה באמצעות המנוע 54
פעולת מנוע הרכב, קצב פעולת המנוע ומהירות הרכב, בלימת המנוע
- פרק 8 בלימה באמצעות מערכת ההילוכים 59
מערכת ההילוכים כתמסורת, עיקרון הפיצוי, פעולת תיבת הילוכים ובלימה
- פרק 9 בלימה באמצעות מערכת הבלמים 68
מהי מערכת הבלמים ברכב, מהו כוח, עיקרון הפעולה והתגובה, תופעת החיכוך, הבלמים ברכב, תופעת ההחלקה ומניעתה
- פרק 10 חיכוך ובלימה 78
הקשר בין חיכוך ובלימה, מהי מערכת הידראולית, מערכת הבלמים כמערכת הידראולית
- פרק 11 חיכוך הגלגול 84
תנועה וחיכוך, הגדרת חיכוך הגלגול, סוגי חומרים וחיכוך הגלגול, חיכוך הגלגול וצמיגי הרכב

תהליכים

המתרחשים

אצל האדם

פרק 1 - נהיגה קשב והיסח הדעת

מהי נהיגה?

נהיגה היא מכלול הפעולות שמבצע נהג להפעלה ושליטה על כלי רכב תוך כדי תנועתו על הכביש. על מנת לתפעל את הרכב ולשלוט בו בתוך עומס התנועה, משתמש הנהג בכישוריו הבאים:



נהיגה בכביש

- **כישורים פיזיים** - המאפשרים לנהג צפייה בתנאי הדרך, הכוונה של הרכב, שליטה במהירות התנועה של הרכב (האצה, האטה ועצירה), ומתן תגובה לאירועים צפויים או בלתי צפויים המתרחשים בזמן הנסיעה.
- **כישורים קוגניטיביים (שכליים)** - המאפשרים

לנהג מתן תשומת לב למתרחש סביבו, וכן הערכת מצב וקבלת החלטות מתוך שיקול דעת לגבי אופי התגובה שעליו להגיב לכל מצב או אירוע המתרחש במהלך הנסיעה.

בנהיגה, מתקיים שילוב בין הכישורים הפיזיים והכישורים הקוגניטיביים של הנהג, המאפשרים לו לנקוט בפעולות התאמה והסתגלות לשינויים המתרחשים כל העת בסביבת הנהיגה. מצבים אלו מחייבים את הנהג להיות ערני, דרוך וממוקד.

בנהיגה קיים שילוב של הכישורים הפיזיים והקוגניטיביים של הנהג

נהיגה וקשב

נהיגה היא פעולה מורכבת הדורשת מהנהג ריכוז, מיקוד המחשבה וקשב מרבי. **קשב** (תשומת לב - **Attention**) הוא אוסף היכולות הקוגניטיביות של נהג אשר מאפשרות לו לקלוט ולעבד במוח את המידע המציף אותו בזמן הנהיגה. זהו תהליך שכלי מורכב בו משתתפים כל החושים של הנהג כמו למשל:

- **חוש הראיה** - מעביר למוח מידע על כל מה שהעיניים רואות.
- **חוש השמיעה** - מעביר למוח מידע על כל מה שהאוזניים שומעות.
- **חוש המישוש** - מעביר למוח מידע על תחושת הנהג בתוך הרכב, אחיזת ההגה, תפעול מוט ההילוכים, הדוושות ואביזרים נוספים.

פרק 2 - תגובה וזמן תגובה של נהג בנהיגה

מהי תגובה של נהג?

תגובה (Reaction) של נהג בנהיגה היא, פעולה שמבצעים הרגליים והידיים שלו בעקבות פקודה שבאה מהמוח, כתוצאה מגירוי החושים שלו.



פעולת התגובה של נהג היא, תהליך שמתחיל בגירוי החושים הקולטים את המידע והעברתו לעיבוד וזיהוי במוח, ומסתיים בקבלת החלטה ומתן פקודה לידיים והרגליים להגיב. לדוגמה, עיני הנהג בתמונה רואות את הילד והכדור, ובתגובה מתהדקת אחיזת הידיים בהגה

והרגל נשלחת אל דוושת הבלם. **הגירוי** - ראייה של הילד. **התגובה** - הרגל נשלחת לדוושת הבלם

המוח של האדם, שמקבל כל הזמן מידע מהחושים שלו, מעבד אותו, ומחליט אם המידע מחייב את האדם לפעול ולהגיב, ומה תהיה התגובה שלו.

לאדם יש שני סוגים של תגובות:

- **תגובה בלתי רצונית (רפלקס)** - זאת תגובה בלתי מודעת לגירוי חיצוני, הנשלטת על ידי מערכת העצבים בחוט השדרה ולא על ידי המוח. עיבוד המידע הוא פשוט, ולכן פעולת התגובה מהירה מאד. לדוגמה: רתיעה מהירה של היד במגע עם גוף חם, ועוד.
- **תגובה רצונית** - זאת תגובה מודעת לגירוי של החושים שנשלטת על ידי המוח. עיבוד המידע במוח הוא מורכב, ולכן פעולת התגובה הזאת איטית יותר. לדוגמה: האם להתכופף כשעצם נזרק אלינו או לתפוס אותו בידיים? עיבוד מידע במוח לוקח זמן, ולכן התגובה של האדם אינה מיידית. ככל שהמידע מורכב יותר, כך גם התגובה המודעת של האדם תהיה איטית יותר. לדוגמה, כאשר רכב נוסע במהירות גבוהה, המידע שמגיע למוח של הנהג מחוש הראייה שלו הוא מידע מורכב, שלוקח לו זמן לעבד אותו, ולכן התגובה של הנהג אינה מהירה. מצב כזה עלול להיות מסוכן, כי בזמן שהמוח מעבד את המידע הוויזואלי המורכב ושוקל איך להגיב, המכונית ממשיכה להתקדם במהירות עוד מרחק רב.

פרק 3 - מרחק תגובה בנהיגה

מהו מרחק תגובה בנהיגה?

מרחק תגובה בנהיגה הוא: המרחק שעובר הרכב הנוסע במשך זמן התגובה של הנהג. זהו המרחק שעובר הרכב מרגע שעיני הנהג קלטו את המידע על האירוע ועד לרגע שרגלו נשלחה אל דוושת הבלם (אך עדיין לא לוחצת עליו).

זמן התגובה של הנהג באירוע



מרחק התגובה שעובר הרכב

הקשר בין מרחק התגובה למהירות הרכב

מרחק התגובה שעובר הרכב בזמן התגובה של הנהג, קשור למהירות הנסיעה של הרכב. בזמן התגובה של הנהג הרכב ממשיך לנוע במהירות קבועה. ככל שמהירות הרכב תגדל, כך גם יגדל גם מרחק התגובה של הרכב.

מהי מהירות?

מהירות היא גודל פיזיקלי הקשור לתנועה של גוף. המהירות מציינת את המרחק שעובר גוף ביחידת זמן, וניתן לחשב אותה באמצעות הנוסחה הבאה:

$$V = \frac{\text{מרחק [m]}}{\text{זמן [sec]}}$$

מהירות [$\frac{\text{m}}{\text{sec}}$]

יחידת המידה של מהירות היא יחידת מידה מדעית, ואילו בחיי היומיום נוהגים להשתמש ביחידה שימושית של קילומטר לשעה (קמ"ש).

יחידת מידה שימושית

$$\text{ק"מ לשעה [} \frac{\text{km}}{\text{hr}} \text{]}$$

יחידת מידה מדעית

$$\text{מטר לשניה [} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \text{]}$$

תהליכים

המתרחשים

על הכביש

פרק 4 - בלימה וזמן בלימה של רכב

בלימה וזמן בלימה של רכב, קשורים לתגובת הרכב, כתוצאה מפעולת הבלימה שמבצע הנהג, כשהוא לוחץ על דוושת הבלם.

מהי בלימה של רכב?

בלימה של רכב היא פעולה יזומה שמבצע הנהג להפחתת מהירות תנועת הרכב באמצעות לחיצה על דוושת הבלם. ניתן להבחין בין שתי צורות של פעולת בלימה של רכב שמבצע הנהג והן:

- **בלימה מבוקרת** - היא בלימה שמבצע הנהג על ידי לחיצה הדרגתית ובעוצמות שונות על דוושת הבלם, מתוך מטרה להאט את מהירות הרכב, לצורך התאמת מהירותו לשינויים המתרחשים בסביבת הנהיגה, או לעצירת תנועתו בצורה מבוקרת לפני רמזור או שלט עצור.



בלימת חירום

- **בלימת חירום** - היא בלימה שמבצע הנהג על ידי לחיצה רצופה ובעוצמה חזקה מאד על דוושת הבלם, מתוך מטרה לעצור את תנועת הרכב באופן מיידי עקב אירוע חריג ומסוכן שקלטו עיניו.

כל אחת מצורות הבלימה של הרכב היא תהליך שלוקח זמן, אולם משך זמן בלימת חירום נקרא: **זמן בלימה**.

זמן בלימה של רכב

בבלימת חירום, משך זמן הבלימה הוא: מרגע לחיצת הנהג על דוושת הבלם ועד לרגע שהרכב עוצר עצירה מוחלטת. במשך זמן הבלימה, מהירות הרכב הולכת וקטנה עם הזמן. לקצב שינויי מהירות הרכב קוראים: **תאוצה**.

מהי תאוצה?

תאוצה היא גודל פיזיקלי המציין בכמה גדלה או קטנה מהירות של גוף במרווח של זמן, וניתן לחשב אותה על פי הנוסחה הבאה:

$$\left[\frac{m}{sec^2} \right] \text{ תאוצה} = \frac{\left[\frac{m}{sec} \right] \text{ שינויי מהירות}}{\left[sec \right] \text{ מרווח זמן}}$$

שינויי מהירות = מהירות סופית - מהירות התחלתית
מרווח זמן = זמן סופי - זמן התחלתי

פרק 5 - מרחק בלימה של רכב

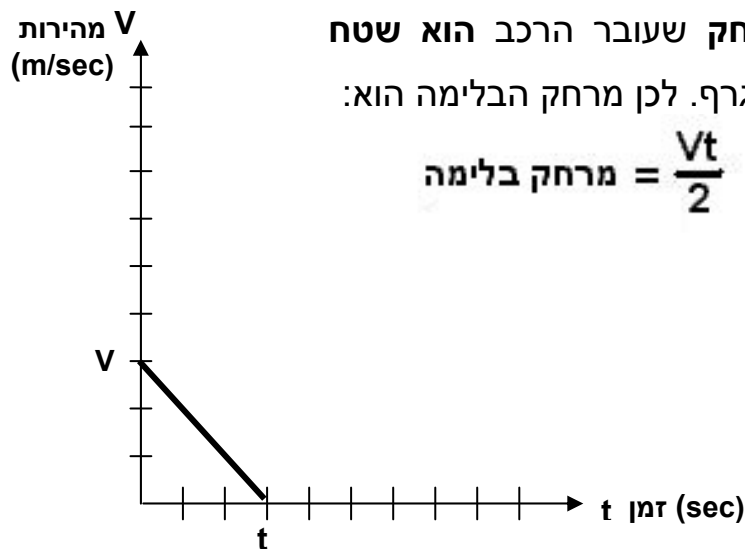
מהו מרחק בלימה?

מרחק בלימה של רכב קשור לבלימת חירום. זהו המרחק שעובר הרכב מרגע שהנהג לוחץ על דוושת הבלם ועד לרגע שהרכב עוצר עצירה מוחלטת. **מרחק הבלימה** מושפע מגורמים שונים כמו: מצב הכביש, מצב הבלמים ומצב הצמיגים, אך הוא **תלוי במהירות הרכב**. מחקרים מדעיים מצאו, שכלל שמהירות הרכב גדלה, **גדל מרחק הבלימה ביחס הגדלת המהירות בריבוע**. כלומר:

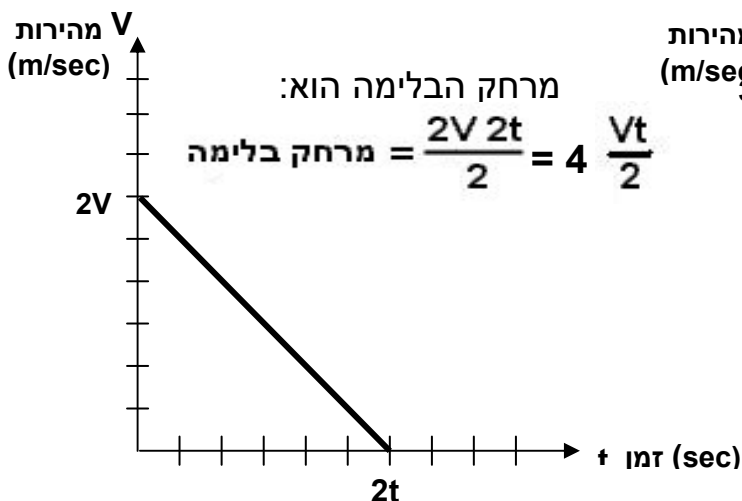
אם מהירות הרכב גדלה פי 2 ← מרחק הבלימה גדל פי 4
 אם מהירות הרכב גדלה פי 3 ← מרחק הבלימה גדל פי 9

נוכח זאת בצורה גרפית בשלושה מצבים בהם התאווה זהה (אותו שיפוע).

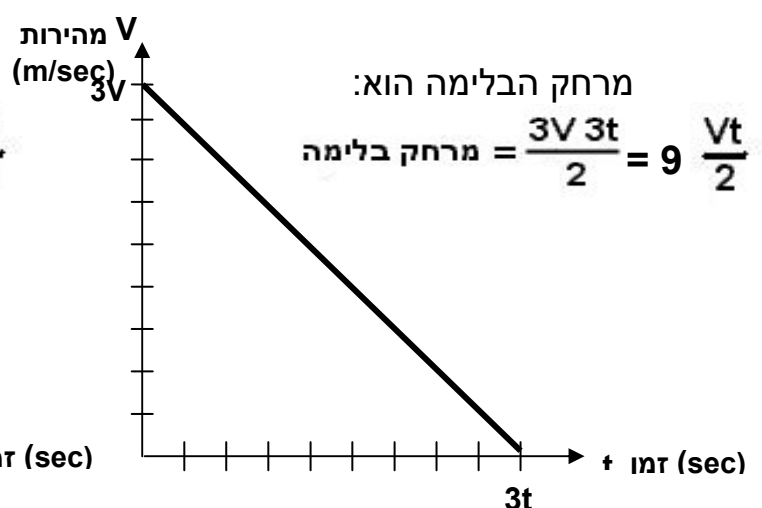
מרחק בלימה במהירות V



מרחק בלימה במהירות 2V



מרחק בלימה במהירות 3V



פרק 6 - מרחק העצירה של רכב

מהו מרחק עצירה של רכב?

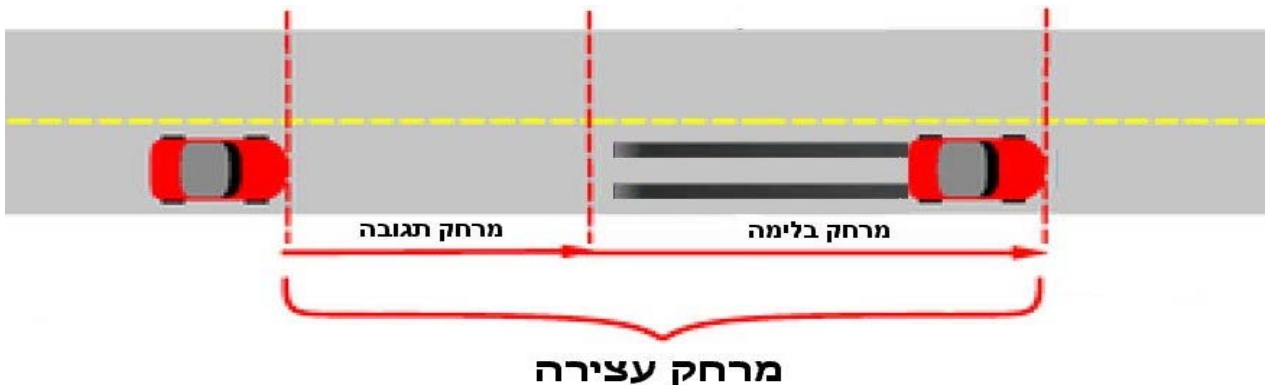
מרחק העצירה של רכב הוא, המרחק הכולל שעובר הרכב מרגע שעיני הנהג קלטו את המידע על האירוע, ועד לרגע עצירתו המוחלטת של הרכב. מרחק העצירה של רכב כולל שני מרכיבים:



מכאן שמרחק העצירה של הרכב הוא למעשה המרחק הכולל של מרחק התגובה ומרחק הבלימה יחד. כלומר:

$$\text{מרחק תגובה} + \text{מרחק בלימה} = \text{מרחק עצירה}$$

נתאר את מרחק העצירה של הרכב באופן הבא:



השפעת המהירות על מרחק העצירה

מרחק העצירה תלוי במהירות הרכב, וככל שמהירות הרכב גדולה יותר, כך גדל גם מרחק העצירה שלו.

תהליכים

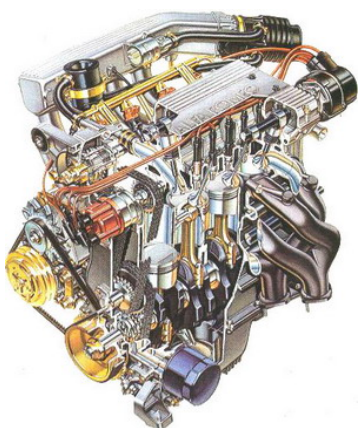
הקשורים

למערכות

הרכב

פרק 7 - בלימה באמצעות המנוע

מהירות התנועה של הרכב קשורה למהירות סיבוב הגלגלים, שמקבלים את התנועה הסיבובית שלהם מהמנוע. הנהג שולט במהירות הרכב על ידי הגדלה או הקטנה של קצב פעולת המנוע.



מנוע של רכב

פעולה של מנוע הרכב

המנוע הוא מקור הכוח שמניע את הרכב. פעולת המנוע מבוססת על שימוש בתערובת של אוויר ודלק (בנזין או סולר) כדי ליצור תנועה אנכית של בוכנות, שגורמת לתנועה סיבובית של גל ארכובה (הציר המרכזי של המנוע), המועברת באמצעות תיבת תמסורת לגלגלי הרכב, ונותנת להם את הכוח להסתובב ולהסיע את הרכב.

הגדלת אספקת הדלק למנוע מגדילה את מהירות הסיבוב של גל הארכובה, וצמצום אספקת הדלק למנוע מקטינה את מהירות הסיבוב שלו. למספר הסיבובים שמבצע המנוע ביחידת זמן קוראים: **קצב פעולה של המנוע** והוא נמדד ביחידות של **סיבובים לדקה (סל"ד - RPM)**.

קצב הפעולה של המנוע נמדד בסיבובים לדקה (סל"ד RPM)

כיצד משפיע קצב פעולת המנוע על מהירות הרכב?

המנוע מספק את עוצמת התנועה הסיבובית לגלגלים המניעים את הרכב. כאשר הנהג מגביר את קצב הפעולה של המנוע, הסל"ד שלו עולה, וכתוצאה מכך גדלה מהירות סיבוב הגלגלים, והרכב נע במהירות גבוהה יותר. כאשר הנהג מקטין את קצב הפעולה של המנוע, הסל"ד שלו יורד, מהירות סיבוב הגלגלים קטנה, והרכב מאט את מהירות תנועתו.

מה מבטא הסל"ד של המנוע?

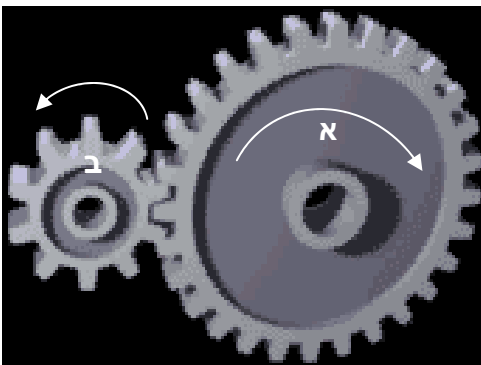
הסל"ד של המנוע מבטא את המאמץ שמשקיע המנוע להניע את גלגלי הרכב. ככל שסל"ד המנוע עולה, המנוע פועל במאמץ גדול יותר.

פרק 8 - בלימה באמצעות מערכת ההילוכים

מהי מערכת ההילוכים ברכב?

מערכת ההילוכים ברכב (הנקראת "גיר" Gear) היא מערכת שבאמצעותה מועברת התנועה הסיבובית מהציר המרכזי של המנוע אל גלגלי הרכב. למערכת ההילוכים יש שליטה על מהירות גלגלי הרכב ועל כיוון הסיבוב שלהם.

מערכת ההילוכים כתמסורת

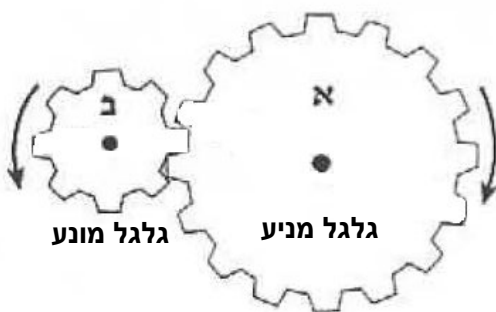


הגלגלים מסתובבים בכיוונים מנוגדים

מערכת ההילוכים של הרכב, היא למעשה תיבת תמסורת של גלגלי שיניים שלובים. השיניים השלובות מבטיחות שכאשר מסתובב גלגל שיניים אחד מסתובב גם גלגל השיניים השני, אך התנועות הסיבוביות של שני הגלגלים הן בכיוונים מנוגדים. ניתן לראות באיור שכאשר גלגל שיניים א' (הגדול) מסתובב ימינה גלגל שיניים ב' (הקטן) מסתובב שמאלה.

כיצד פועלת תמסורת של גלגלי שיניים?

תמסורת של גלגלי שיניים פועלת על עיקרון של **גלגל שיניים מניע וגלגל שיניים מונע**. יחס העברת התנועה הסיבובית ביניהם מבוסס על מספר השיניים שיש לכל אחד מגלגלי השיניים. כלומר, כאשר ידוע מספר השיניים בכל אחד מהגלגלים, אפשר לדעת כמה סיבובים יבצע הגלגל המונע כשהגלגל המניע מבצע סיבוב אחד. לדוגמה: באיור ניתן לראות תמסורת של שני גלגלי שיניים כאשר לגלגל א' (המניע) יש 16 שיניים ואילו לגלגל ב' (המונע) יש 8 שיניים. מכאן שגלגל ב' יבצע שני סיבובים, כאשר גלגל א' יבצע סיבוב אחד. לכן יחס מספר הסיבובים הוא:



יחס תמסורת בין גלגלי שיניים 1:2

$$\frac{2}{1} = \frac{\text{מספר סיבובים גלגל ב'}}{\text{מספר סיבובים גלגל א'}}$$

ליחס הזה קוראים: **יחס תמסורת בין גלגלי שיניים**.

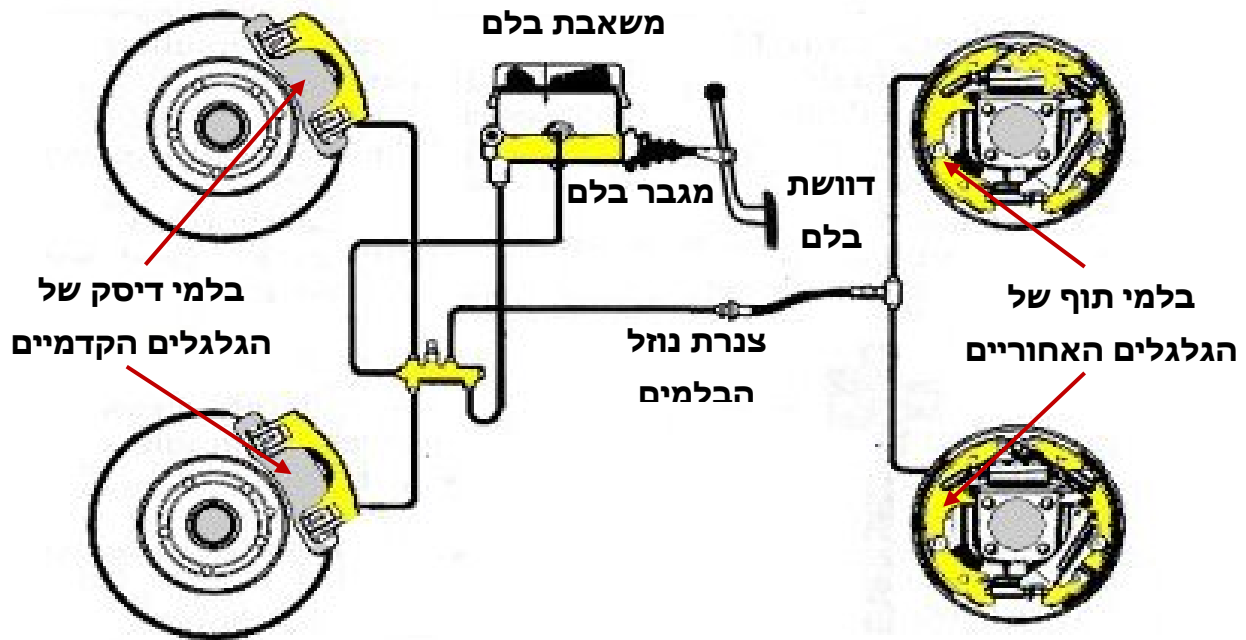
יחס התמסורת בין גלגלי שיניים הוא היחס בין מספר הסיבובים של הגלגל המונע לבין מספר הסיבובים של הגלגל המניע

פרק 9 - בלימה באמצעות מערכת הבלמים

מהי מערכת הבלמים ברכב?

תפקידה של מערכת הבלמים ברכב הוא, לבצע האטה של מהירות תנועת הרכב, ואף לבלום את תנועתו עד לעצירה מוחלטת.

נתאר את מערכת הבלמים ברכב באמצעות התרשים הבא:
תרשים מערכת הבלמים ברכב



מערכת הבלמים ברכב היא למעשה מערכת של מנופים ובוכנות, שמעבירות **כוח** באמצעות נוזל בלמים, אל רפידות הבלמים הנמצאות בכל אחד מגלגלי הרכב. רפידות הבלמים נלחצות אל צירי הגלגלים, וה**כוח** שנוצר כתוצאה מכך מקטין את מהירות הסיבוב של הגלגלים.

מהו כוח (Force)?

כוח הוא מושג פיזיקלי שמשתמשים בו בהקשר של תיאור פעולות ועוצמתן. כוח הוא גורם שאינו נראה לעין, אך מבחינים בקיומו רק על פי תוצאות פעולתו. ניתן לתאר כוח באופן הבא:

כוח הוא גודל פיזיקלי הגורם לשינוי מהירות תנועתו של גוף או לשינוי צורתו

פרק 10 - חיכוך ובלימה

הקשר בין חיכוך ובלימה

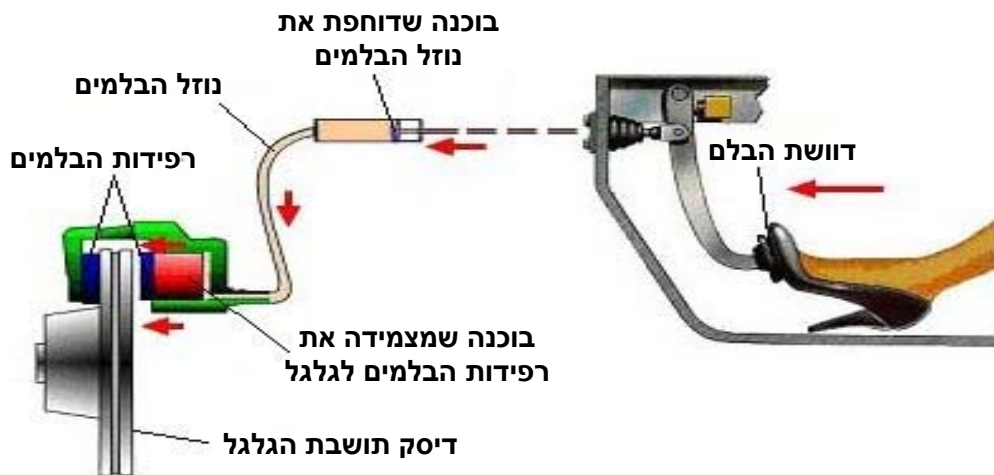
בלימה של רכב קשורה לחיכוך שנוצר בין רפידות הבלמים לגלגלים. ככל שעוצמת החיכוך תהיה גדולה יותר, כך גם עוצמת הבלימה תהיה חזקה יותר.

מה גורם לעוצמת החיכוך של רפידות הבלמים?

מה שגורם לעוצמת החיכוך של רפידות הבלמים, היא עוצמת הכוח שמצמיד אותן אל הגלגלים. עוצמת הכוח הזה נקבעת על ידי עוצמת הלחיצה של הנהג על דוושת הבלם. ככל שהנהג לוחץ חזק יותר על דוושת הבלם, כך גדלה עוצמת הכוח שמצמיד את רפידות הבלמים אל הגלגלים, וכתוצאה מכך נוצר כוח חיכוך גדול יותר, שגורם לבלימה חזקה יותר של גלגלי הרכב.

עוצמת הלחיצה של הנהג על דוושת הבלם ← עוצמת הצמדת רפידות הבלמים לגלגלים ← עוצמת בלימה של הרכב

הלחיצה על דוושת הבלם גורמת להצמדת רפידות הבלמים לגלגל



כיצד מתאפשרת בלימה באמצעות דוושת הבלם?

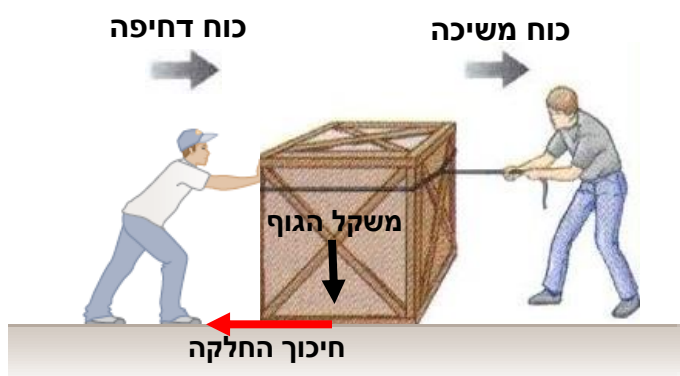
הלחיצה של הנהג על דוושת הבלם מפעילה מערכת מנופים בוכנות ונוזל בלמים, שגורמים לבלימה בזמן אחידה של גלגלי הרכב, תוך שמירת מסלול הנסיעה של הרכב בזמן הבלימה, ומבלי שהנהג יאבד את השליטה על הרכב. מה שמאפשר לנהג לבצע בלימה בזמן אחידה של גלגלי הרכב באמצעות דוושת הבלם, היא פעולת מערכת הבלימה שפועלת **כמערכת הידראולית**.

פרק 11 - חיכוך הגלגול

תנועה וחיכוך

כוח חיכוך הוא כוח המתנגד לתנועה של גוף. כאשר גוף נע על פני משטח נוצר כוח חיכוך בין המשטחים הבאים במגע. קיימות דרכים שונות להניע גוף על משטח, והדרך שמניעים את הגוף על משטח קובעת למעשה את החיכוך שנוצר. שתי הדרכים העיקריות להנעת גוף הן:

דחיפה או משיכה של גוף על פני משטח

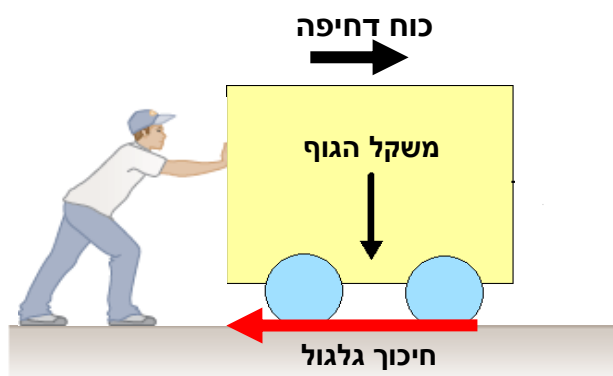


החיכוך שנוצר בין הגוף למשטח נקרא:

חיכוך החלקה

חיכוך הגלגול שנוצר בין נקודות המגע של הגלגלים לבין המשטח, קטן באופן משמעותי מחיכוך ההחלקה שנוצר בין משטח הגוף הבא במגע עם המשטח עליו הוא נע. לכן, הנעת גופים באמצעות גלגלים נפוצה מאד ויעילה יותר.

הזזת גוף על משטח באמצעות גלגלים



החיכוך שנוצר בין הגלגלים למשטח נקרא:

חיכוך הגלגול

מהו חיכוך הגלגול?

מבחינה פיזיקלית חיכוך הגלגול מוגדר כך:

"חיכוך הגלגול" מוגדר:

כוח התנגדות שנוצר בין משטח ובין גוף עגול המתגלגל עליו, אשר פועל במנוגד לכיוון תנועת הגלגול של הגוף ומאט את תנועתו.

כאשר גלגל מתגלגל על משטח, נוצר עיוות באזור המגע ביניהם אשר קשור לסוג החומרים מהם הם עשויים. עיוות זה יוצר את חיכוך הגלגול שמתנגד לתנועה.