

מבחן פטור לדוגמה בפיזיקה – מבחן 1 – מכניקה

מעבר מבחן זה בציון 60 לפחות מזכה בפטור מיסודות הפיזיקה 1

לכלל המועמדים ללימודים בפקולטה להנדסה

הוראות לנבחן/ת:

1. עליך לענות על **שתי שאלות** מתוך שלושת השאלות.
2. השאלות שוות בערך.
3. כתוב/כתבי את הבחינה בכתב ברור ומסודר.
4. הסבר/י כל שלב בפתרון, תשובות סופיות ללא הסבר לא יתקבלו. **חובה ללוות פתרון של כל שאלה בתרשימי כוחות, מהירויות, וגורמים וקטורים אחרים נדרשים.**
5. משך המבחן: **שעתיים**
6. חומר עזר: מחשבון פשוט ללא יכולת תכנות או גרפיקה, דף הנוסחאות המצורף לטופס המבחן.
7. אסור להוציא את טופס המבחן

בהצלחה!

שמירה על טוהר הבחינות

הלימודים במרכז האקדמי רופין מבוססים על אמון בין הסטודנטים לבין המוסד על סגל מוריו ועובדיו. הסטודנטים מצופים להתנהגות ההולמת את כבוד המרכז כמוסד אקדמי ואת מעמדם כסטודנטים.

ידוע לי כי העבירות שלהלן הן עבירות משמעת:

1. הכנסת חומר עזר אסור לבחינה או החזקתו בעת הבחינה.
2. התקשרות או ניסיון התקשרות בין בכתב ובין בדרך אחרת עם נבחן אחר או גורם חוץ, בעת בחינה.
3. הכנסת שינוי כלשהו בבחינה לאחר תום מועד הבחינה או בשעת עיון בה לאחר מתן ההערכה.

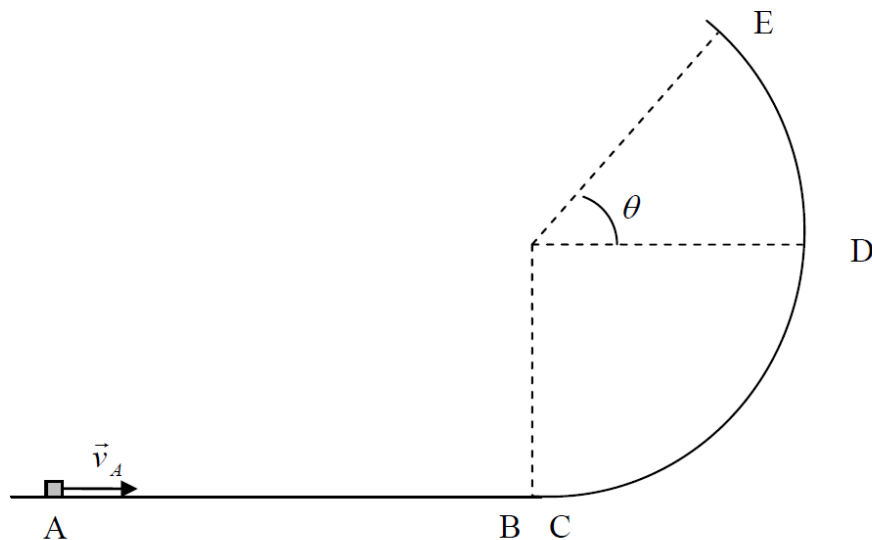
הנני מתחייב לעבודה עצמאית בבחינה.

ת"ז לשם אישור _____

שאלה 1: (50 נק')

גוף קטן שמסתו m נע ימינה במהירות v_A על הקטע האופקי של המסילה שבתרשים ולאחר מכן נכנס לתוך החלק המעגלי שלה שרדיוסו R . החיכוך בין הגוף לכל חלקי המסילה **זניח**. נקודה B נמצאת קצת לפני הכניסה למסלול המעגלי ואילו נקודה C נמצאת קצת אחרי הכניסה למסלול המעגלי. בנקודה E, קצת לפני שהמסילה נגמרת, הגוף מתנתק ממנה.

בטא את כל התשובות על השאלות החישוביות שלהלן באמצעות פרמטרים: m, g, v_A, R, θ



א. מצאו את הכוח שמפעיל הגוף על המסילה בנקודות:

1. B (5 נק')

2. C (5 נק')

3. E (10 נק')

ב. (5 נק') האם ייתכן מצב שבו מהירות הגוף בנקודה E תהיה אפס? נמקו.

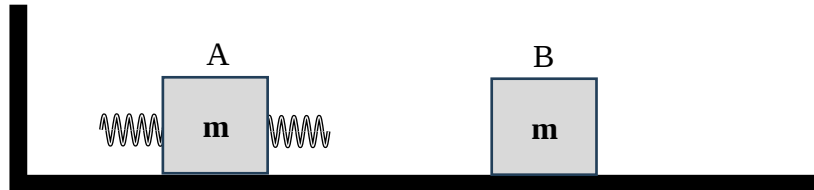
ג. (10 נק') תארו את צורת המסלול של הגוף אחרי התנתקותו מהמסילה בנקודה R. הסבירו את שיקוליכם.

ד. (5 נק') האם ייתכן מצב שבו הגוף יתנתק לפני נקודה D? נמקו את תשובתכם.

ה. (10 נק') בהנחה כי הגוף מגיע לנקודה E, מצאו את שיא הגובה אליו מגיע הגוף במעופו באוויר.

שאלה 2 (50 נק'):

שני גופים, A ו-B, הנם בעלי מסות זהות m שגודלן לא נתון. הגופים מונחים על משטח אופקי חסר חיכוך. מחברים לגוף A שני קפיצים אידאליים זהים, כמתואר באיור, בעלי קבוע קפיץ $K = 100 \left[\frac{N}{m} \right]$. בתחילת התרגיל הגוף B נייח ולגוף A מקנים מהירות שגודלה v בכיוון שמאל. גוף A נע לכיוון הקיר ולאחר ההתנגשות בקיר חוזר ימינה עם אותו גודל של המהירות v . אחר כך, גוף A ממשיך ומתנגש בגוף B שהיה נייח לפני ההתנגשות בו.



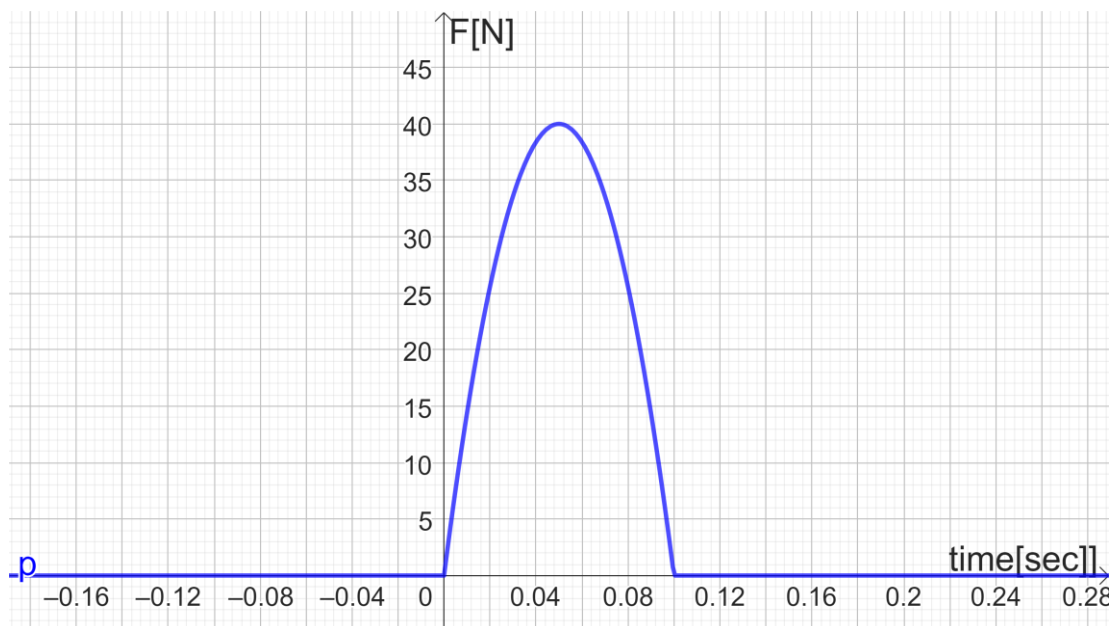
א. האם האנרגיה והתנע הקווי של גוף A נשמרו בשלבים הבאים (נמקו היטב)

1. (5 נק') לפני ואחרי ההתנגשות בקיר

2. (5 נק') לפני ואחרי ההתנגשות בגוף B

ב. (10 נק') בטאו את מהירויות הגופים A ו-B לאחר ההתנגשות ביניהם באמצעות המהירות v . נמקו בעזרת פיתוחים פיזיקליים מדויקים.

ג. (10 נק') בגרף מתואר גודל הכוח F שהקיר מפעיל על הגוף A, כתלות בזמן. אם גודלה של המהירות v (מהירותו של גוף A לפני ולאחר ההתנגשות של גוף A עם הקיר) הוא 1 m/sec , חשב את גודלה של המסה m (מסתו של הגוף A). **הסבר את אופן החישוב.** (8.33 נק')

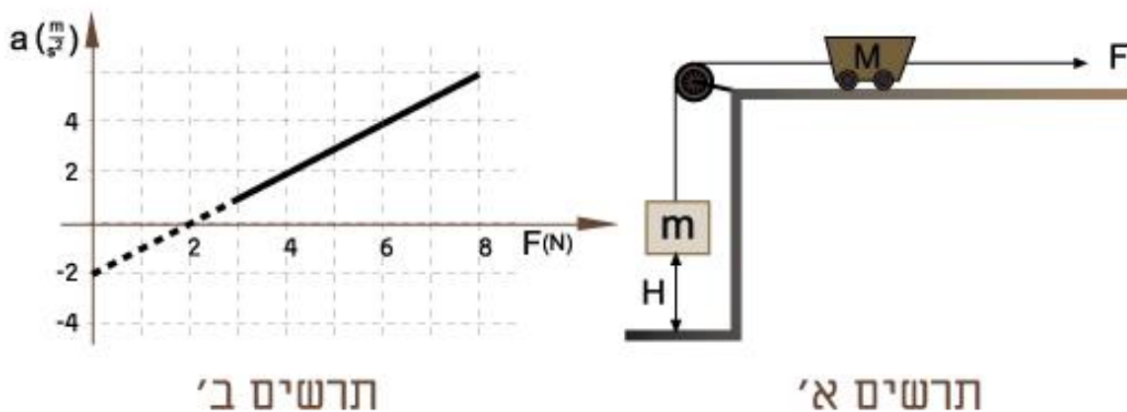


ד. (10 נק') במידה ומסת הגוף B הייתה כפולה ממסת הגוף A, מהי מהירות גוף A לאחר ההתנגשות?

ה. (10 נק') מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ במהלך התנגשות שתי המסות זו בזו?

שאלה 3 (50 נק'):

בתרשים א' מתוארת קרונית M , הקשורה למשקולת m , באמצעות חוט הכרוך על גלגלת. תלמיד מפעיל כוח אופקי קבוע $F=3\text{N}$ על הקרונית, הקרונית מאיצה בכיוון הכוח, והתלמיד מודד את תאוצת הקרונית. ברגע התחלת הפעלת הכוח F המשקולת m נמצאת בגובה $H=1\text{m}$ מהרצפה. התלמיד חוזר על הניסוי מספר פעמים, מפעיל כל פעם כוח שונה ומודד את התאוצות שהתקבלו. תרשים ב' מתאר את תאוצת המערכת כפונקציה של הכוח המופעל. הזנח את החיכוך במערכת, את מסת החוט ואת מסת הגלגלת. הנח שבכל שלבי התנועה המתוארים בגרף, הקרונית אינה נופלת מהמישור והמסות אינן פוגעות בגלגלת.



- א. (10 נק') בטאו את תאוצת המערכת כפונקציה של הכוח הגורר F , מסות הגופים ותאוצת הכובד. מה מציין שיפוע הגרף? נמקו את תשובתכם.
- ב. (8 נק') חשבו מתוך נתוני הגרף את מסות הגופים m ו- M .
- ג. (8 נק') חשבו את מתיחות החוט המחובר בין המסות כאשר $F = 5\text{N}$.
- ד. (8 נק') בתוך כמה זמן תפגע המסה m ברצפה, אם התלמיד משחרר את המערכת ואינו מפעיל כוח (כלומר כאשר $F=0$).
- ה. (8 נק') היעזרו בגרף ומצאו מהו הכוח $\vec{F}$ (גודל וכיוון) שיש להפעיל על המסה M כדי שהיא תאיץ שמאלה בתאוצה של $1 \frac{m}{s^2}$?
- ו. (8 נק') תלמידה מבצעת את אותה סדרת ניסויים עם מסה M קטנה יותר. האם הגרף יעבור באותה נקודת חיתוך עם הציר האופקי (F) , כמתואר בגרף של התלמיד? נמקו.

נוסחאות ונתונים במכניקה

1. קינמטיקה

תנועה במהירות קבועה $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t$ -----
 (כאשר וקטור ההעתק הוא $\vec{r} = (x, y, z) = (x)\hat{x} + (y)\hat{y} + (z)\hat{z}$, וכאשר $\vec{v}_0$ היא המהירות ההתחלתית)
 בממד אחד: $x = x_0 + vt$ -----
תנועה בתאוצה קבועה $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$ -----
 וכן $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} t$
 בממד אחד: $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ -----
 וכן $v = v_0 + at$
 נוסחאות נוספות לתאוצה קבועה בממד אחד: $v^2 = (v_0)^2 + 2a(x - x_0)$
 $x = x_0 + \frac{v_0 + v_t}{2} t$

מהירות יחסית

מהירות של B ביחס ל-A ----- $\vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$

2. כוחות

משקל (כוח הכובד) ----- $W = mg$ (כלפי הקרקע, לגוף בעל מסה m על כדור הארץ)
 כוח הכובד – נוסחה כללית ----- $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ (כוח משיכה בין שתי המסות הנמצאות במרחק r זו מזו ; הכוח פועל לאורך הקו המחבר אותן)
 חוק הוק ----- $F = k \Delta l$ (k : קבוע הקפיץ, Δl המרחק של קצה הקפיץ מנקודת שיווי המשקל שלו)
 חיכוך סטטי ----- $f \leq \mu_s N$ (N : כוח נורמלי, μ_s : מקדם חיכוך סטטי)
 חיכוך קינטי ----- $f = \mu_k N$ (N : כוח נורמלי, μ_k : מקדם חיכוך קינטי)
 החוק השני של ניוטון ----- $\vec{F} = m\vec{a}$
 בממד אחד ----- $F_x = ma_x$

3. עבודה ואנרגיה

עבודה ----- $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r}$ ($\vec{F}$ כוח קבוע, $\Delta \vec{r}$ ההעתק של הגוף אשר לאורכו פועל הכוח)
 בממד אחד ----- $W = F_x \cdot \Delta x$
 אנרגיה קינטית ----- $E_k = \frac{1}{2} mv^2$ (v הוא גודל המהירות הקווית)
 משוואת עבודה – אנרגיה: ----- $W = \Delta E_k$ (W העבודה שנעשתה ע"י הכוח השקול (העבודה הכוללת), ΔE_k השינוי באנרגיה הקינטית)
 אנרגיה פוטנציאלית של כוח הכובד: ----- $U_G = mgh$ (h הגובה מעל רמת ייחוס אפס)
 אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (של קפיץ): ----- $U_{sp} = \frac{1}{2} k \Delta l^2$ (k : קבוע הקפיץ, Δl המרחק של קצה הקפיץ מנקודת שיווי המשקל שלו)
 אנרגיה (מכנית) כוללת ----- $E = E_k + U_G + U_{sp}$

עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים ----- $W = \Delta E$ (E – אנרגיה מכנית כוללת)

חוק שימור האנרגיה:

האנרגיה (המכנית) הכוללת נשמרת אם עבודת שקול הכוחות הלא משמרים היא אפס.

4. מיתקף ותנע

תנע קווי	-----	$\vec{p} = m\vec{v}$	
מיתקף (קווי)	-----	$\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$	($\vec{F}$ כוח קבוע, Δt פרק הזמן בו הוא פועל)
משוואת מיתקף-תנע	-----	$\vec{J} = \Delta \vec{p}$	(כאן $\vec{J}$ המיתקף הכולל, $\Delta \vec{p}$ השינוי בתנע)

חוק שימור התנע (למערכת סגורה): התנע הכולל (של גוף יחיד או של מערכת) נשמר כאשר אין כוחות חיצוניים.

לשני גופים או יותר: ----- $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots = m'_1 \vec{u}_1 + m'_2 \vec{u}_2 + \dots$
 (כאן $m_1, m_2, \dots$ הן המסות של הגופים לפני האירוע, $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots$ הן המהירויות של הגופים לפני האירוע, $m'_1, m'_2, \dots$ הן המסות של הגופים אחרי האירוע, $\vec{u}_1, \vec{u}_2, \dots$ הן המהירויות של הגופים אחרי האירוע)

התנגשות אלסטית היא התנגשות אשר בה, נוסף לשימור התנע, נשמרת גם האנרגיה (הקינטית) הכוללת

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 \quad \text{-----}$$

בהתנגשות אלסטית חד-ממדית: ----- $v_1 - v_2 = -(u_1 - u_2)$

הספק (ממוצע): ----- $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ (ΔW עבודת הכוח השקול, Δt פרק הזמן הדרוש)

5. תנועה במעגל

תאוצה צנטריפטלית ----- $a_R = \frac{v^2}{R}$ (v המהירות הקווית, R רדיוס המעגל; התאוצה בכיוון הרדיאלי אל המרכז)

כוח צנטריפטלי ----- $F_R = \frac{mv^2}{R}$ (v המהירות הקווית, R רדיוס המעגל; הכוח בכיוון הרדיאלי אל המרכז)

מהירות זוויתית: ----- $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$ ($\Delta \theta$ הזווית שהגוף עבר, Δt פרק הזמן הדרוש)

התנאי לתנועה מחזורית (כולל תנועה מחזורית במעגל): ----- $P(t) = P(t + T)$ (P : מקומו של הגוף, T : זמן המחזור של התנועה)

תדירות של תנועה מחזורית: ----- $f = \frac{1}{T} (Hz)$

מהירות זוויתית ותדירות: ----- $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} (rad / sec)$

מהירות זוויתית ומהירות קווית: ----- $v = \omega R$

אם גודל המהירות קבוע – הקשר בין מהירות קווית וזמן המחזור: ----- $T = \frac{2\pi R}{v}$

תנועה הרמונית

$-kx = m\ddot{x}$	-	משוואת התנועה
$x = A \cos(\omega t + \phi)$	-	פונקציית "מקום-זמן":
$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$	-	מהירות
$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$		
$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$	-	תאוצה
$a = -\omega^2 x$		
$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	-	זמן מחזור
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	-	מטוטלת פשוטה

נוסחאות מתמטיות לקורס יסודות הפיסיקה

גאומטריה במישור

בעיגול ברדיוס r : ההיקף $c = 2\pi r$

השטח $A = \pi r^2$

משולש : השטח $A = \frac{1}{2} ah$

טרפז : השטח $A = \frac{1}{2} (a + b)h$

גאומטריה במרחב

נפח	שטח הפנים	
$(4/3)\pi r^3$	$4\pi r^2$	בכדור ברדיוס r
$\pi r^2 h$	$2\pi r^2 + 2\pi rh$	בגליל ברדיוס r ובגובה h

אלגברה

$$x_{1-2} = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} \quad \Delta = b^2 - 4ac \quad \text{משוואה ריבועית : } ax^2 + bx + c = 0$$

$$(a \pm b)^2 = a^2 \pm 2ab + b^2$$

$$a^2 - b^2 = (a + b)(a - b)$$

גיאומטריה אנליטית

משוואת קו ישר : $y = ax + b$

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad \text{שיפוע :}$$

משוואת פרבולה : $y = ax^2 + bx + c$

$$x_0 = -\frac{b}{2a} \quad \text{קואורדינטה של קודקוד פרבולה :}$$

טריגונומטריה – הגדרות

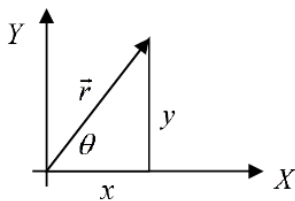
אם נתון וקטור באורך r במישור XY , והוא יוצר זווית θ עם ציר X , אז

$$\tan(\theta) = \frac{y}{x} = \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} \quad \sin(\theta) = \frac{y}{r} \quad \cos(\theta) = \frac{x}{r}$$

כאשר x, y הם אורכי ההיטלים של הוקטור על צירי X, Y בהתאמה.

וקטורים ומכפלות וקטוריות

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta \quad \text{מכפלה סקלרית :}$$



מכפלה וקטורית: $|\vec{A} \times \vec{B}| = AB \sin(\theta)$

(כאשר A, B הם גודלי הוקטורים $\vec{A}, \vec{B}$, θ היא הזווית בין הוקטורים)

חוק החילוף עבור המכפלה הוקטורית: $\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$

גרדיאנט: אם נתונה פונקציה $f = f(x, y, z)$ אזי: $\nabla f = \left(\frac{\partial}{\partial x} f\right) \hat{x} + \left(\frac{\partial}{\partial y} f\right) \hat{y} + \left(\frac{\partial}{\partial z} f\right) \hat{z}$

קשרים טריגונומטריים

$\sin(90^\circ - \theta) = \cos(\theta)$	$\cos(90^\circ - \theta) = \sin(\theta)$
$\sin^2(\theta) + \cos^2(\theta) = 1$	
$\sin(2\alpha) = 2 \sin(\alpha) \cos(\alpha)$	$\cos(2\alpha) = \cos^2(\alpha) - \sin^2(\alpha)$
$\sin^2(\alpha) = \frac{1}{2}(1 - \cos(2\alpha))$	$\cos^2(\alpha) = \frac{1}{2}(1 + \cos(2\alpha))$
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin(\alpha) \cos(\beta) \pm \cos(\alpha) \sin(\beta)$	
$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos(\alpha) \cos(\beta) \mp \sin(\alpha) \sin(\beta)$	

משוואות טריגונומטריות:

$\sin x = a$, פתרון: $x = (-1)^n \arcsin a + \pi n$, כאשר $n = 1, 2, 3, \dots$

$\cos x = a$, פתרון: $x = \pm \arccos a + 2\pi n$, כאשר $n = 1, 2, 3, \dots$

$\tan x = a$, פתרון: $x = \arctan a + \pi n$, כאשר $n = 1, 2, 3, \dots$

יסודות חדו"א

נגזרות ואינטגרלים של מספר פונקציות אלמנטריות:

$f(x)$	$\frac{df}{dx}$	$\int f(x) dx$
x^n	$n \cdot x^{n-1}$	$\frac{1}{n+1} x^{n+1} + C \quad (n \neq -1)$
$\frac{1}{x}$	$-\frac{1}{x^2}$	$\ln(x) + C$
e^{ax}	$a \cdot e^{ax}$	$\frac{1}{a} e^{ax} + C$
$\sin(x)$	$\cos(x)$	$-\cos(x) + C$
$\cos(x)$	$-\sin(x)$	$\sin(x) + C$

$\tan(x)$	$\frac{1}{\cos^2(x)}$	$-\ln(\cos(x)) + C = \ln\left(\frac{1}{ \cos(x) }\right) + C$
-----------	-----------------------	---

6. קבועים

שיטת היחידות: (MKS = meter/kilogram/second) SI

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$ תאוצת הנפילה החופשית (תאוצת הכובד) על כדור הארץ

$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$ קבוע הכבידה (הגרביטציה) העולמי

נוסחאות מתמטיות

1. גיאומטריה

$2\pi R$ היקף מעגל

πR^2 שטח עיגול

$4\pi R^2$ שטח פני כדור

$\frac{4}{3}\pi R^3$ נפח כדור

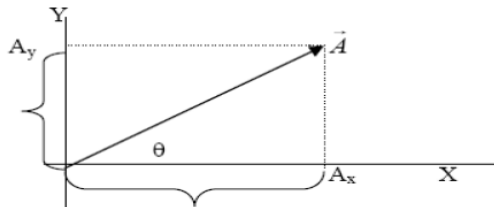
2. וקטורים

אם נתון וקטור $\vec{A}$ במישור XY, שגודלו A והוא יוצר זווית θ עם ציר X, אז

$$\vec{A} = (A_x, A_y) = A_x \hat{x} + A_y \hat{y} = (A \cos(\theta)) \hat{x} + (A \sin(\theta)) \hat{y}$$

כאשר $A_x = A \cos(\theta)$, $A_y = A \sin(\theta)$ הם רכיבי הווקטור $\vec{A}$ (ההיטלים שלו על הצירים) וכאשר $\hat{x}$, $\hat{y}$ הם וקטורי היחידה לאורך צירי X, Y. אם ידועים הרכיבים, אפשר למצוא את גודל הווקטור ואת הכיוון (הזווית) לפי

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \quad \theta = \arctan\left(\frac{A_y}{A_x}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{A_y}{A_x}\right)$$



$$\vec{A} + \vec{B} = (A_x, A_y) + (B_x, B_y) = (A_x + B_x, A_y + B_y)$$

חיבור וקטורים:

$$m\vec{A} = m(A_x, A_y) = (mA_x, mA_y)$$

הכפלת וקטור בסקלר:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z = AB \cos(\theta) = \vec{B} \cdot \vec{A}$$

מכפלה סקלרית:

(כאשר A, B הם גודלי הווקטורים $\vec{A}$, $\vec{B}$, וכאשר θ היא הזווית בין הווקטורים)