

ניצב שמואל  $\sin \alpha = \frac{a}{c}$   
 יתר  $\cos \alpha = \frac{b}{c}$   
 ניצב ליד  $\tan \alpha = \frac{a}{b}$   
 יתר  $\cot \alpha = \frac{b}{a}$   
 ניצב שמואל  $\frac{1}{\tan \alpha} = \frac{b}{a} = \cot \alpha$   
 ליד ניצב  $\frac{1}{\cot \alpha} = \frac{a}{b} = \tan \alpha$   
 $a^2 + b^2 = c^2$

$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$90^\circ - \alpha$
$\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha$	$\cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$	
$\sin(90^\circ + \alpha) = \cos \alpha$	$\cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$	$90^\circ + \alpha$
$\tan(90^\circ + \alpha) = -\cot \alpha$	$\cot(90^\circ + \alpha) = -\tan \alpha$	
$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$	$\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$	$180^\circ$
$\tan(180^\circ - \alpha) = -\tan \alpha$	$\cot(180^\circ - \alpha) = -\cot \alpha$	$-\alpha$
$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$	$\cos(-\alpha) = \cos \alpha$	$-\alpha$
$\tan(-\alpha) = -\tan \alpha$	$\cot(-\alpha) = -\cot \alpha$	
$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$		$2\alpha$
$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$		
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$		$\alpha \pm \beta$
$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$		

משוואת הקו הישר:  $y = mx + n$   
 משוואת הקו הישר: כאשר  $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$  היא הזווית של הישר עם ציר ה-x.  $n$  היא נקודת חיתוך עם ציר ה-y.  
 מרחק בין שתי נקודות:  $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

משוואת הפרבולה:  $y = ax^2 + bx + c$   
 חיוב הפרבולה מחייבת, שלילי בוכה.  
 קודקוד הפרבולה:  $x_{קודקוד} = -\frac{b}{2a}$   
 נוסחת השורשים:  $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

קילו (k) זה 1000:  $1km = 1000m$ ;  $1kg = 1000gr$   
 מילי (m) זה  $\frac{1}{1000}$  לדוגמה: מילימטר  $1mm = \frac{1}{1000}m$   
 ומיליגרם  $1mg = \frac{1}{1000}gr$   
 ליטר:  $1liter = 1000cm^3$   
 קוב:  $1000m^3 = 1000liter$   
 שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה:  $1lightyear = 9.4608 \cdot 10^{15}m$

חוקי חזקות:  $(ab)^c = a^c b^c$ ;  $a^b a^c = a^{b+c}$   
 $(a^b)^c = a^{bc}$ ;  $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$

צפיפות נפחית:  $\rho = \frac{M}{V}$ ; צפיפות משטחית:  $\sigma = \frac{M}{S}$   
 צפיפות אורכית:  $\lambda = \frac{M}{l}$   
 $V, S, l$  הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

העתק- השינוי במיקום הגוף:  $\Delta x = x_2 - x_1$   
 דרך- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S  
 מהירות ממוצעת או קבועה:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$   
 המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה:  $x(t) = x_0 + v(t - t_0)$

גרפים: גרף המיקום במקרה של תנועה במהירות קבועה יהיה קו ישר. שיפוע הגרף הוא המהירות.  
 גרף המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.  
 השטח מתת לגרף המהירות הוא ההעתק, עובדה זו נכונה גם עבור מהירות לא קבועה.  
 השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך

תאוצה קבועה או ממוצעת:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$   
 מהירות כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:  $v(t) = v_0 + a(t - t_0)$   
 כאשר  $v_0$  היא המהירות בזמן  $t_0$  (בדרייב רגע תחילת התנועה)

מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:  $x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$   
 כאשר  $x_0$  ו  $v_0$  הן המיקום והמהירות בזמן  $t_0$  (בדרייב רגע התחלת התנועה)

נוסחה נוספת המקשרת בין המהירות למיקום (ללא תלות בזמן):  $v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$

גרפים: התאוצה היא השיפוע בגרף של המהירות כתלות בזמן. השטח מתחת לגרף של התאוצה כתלות בזמן שווה לשינוי המהירות. הגרף של המיקום כתלות בזמן בתאוצה קבועה הוא פרבולה. תאוצה חיובית פרבולה מחייבת, תאוצה שלילית פרבולה עצובה.

פירוק לרכיבים:  $A_y = |\vec{A}| \sin \theta$   
 $A_x = |\vec{A}| \cos \theta$   
 למצא גודל וזווית:  $|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$ ;  $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$

חיבור וקטורים: בצורה גרפית נצימד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון. תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.

בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:  $\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x, A_y + B_y)$   
 בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום. כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר:  $\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$

בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך) מכפלה סקלרית בין שני וקטורים:  $\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$

תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור) מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת. נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:  $\cos \alpha = \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{|\vec{A}| \cdot |\vec{B}|}$

וקטור יחידה:  $\hat{A} = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|}$

תנועה בתאוצה קבועה g כלפי מטה, נבחר את ציר התנועה להיות ציר Y, ולכן משוואות התנועה הן:

$y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$   
 $v(t) = v_0 + a(t - t_0)$   
 $v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)$

בנפילה חופשית הגוף מתחיל ממנוחה ולכן  $v_0 = 0$  בדרייב נבחר לתפוזר באופן הבא:  
 1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז  $a = g$  (במשוואות הנייל).  
 2. נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז  $y_0 = 0$

בזריקה אנכית: יש לגוף מהירות התחלתית כלפי מעלה או מטה. התנועה היא בתאוצה קבועה g כלפי מטה (כמו נפילה חופשית) ומשוואות התנועה זהות.  
 עדיף לבחור את הכיוון החיובי כלפי מעלה ואז  $a = -g$ , המהירות ההתחלתית תהיה חיובית אם היא כלפי מעלה ושלילית אם היא כלפי מטה.  
 מומלץ לבחור את הראשית בקרקע.  
 - שיא גובה כאשר  $v(t) = 0$  הצבה במשוואה נותנת בשיא גובה ש:  $y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$ ;  $t_{נובה} = \frac{v_0}{g}$  שיא גובה

וקטור המיקום:  $\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} = (x, y)$   
 העתק:  $\Delta \vec{r} = \Delta x\hat{x} + \Delta y\hat{y} = (\Delta x, \Delta y)$   
 מהירות ממוצעת או קבועה:  $\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$   
 זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נזרק במהירות התחלתית  $v_0$  בזווית (באופקית הזווית אפס).

נפרד לתנועה במהירות קבועה בציר X ותנועה בתאוצה קבועה בציר Y (זריקה אנכית). משוואות התנועה יהיו:  
 $x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta)t$ ;  $v_x(t) = v_0 \cos(\theta)$   
 $y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta)t + \frac{1}{2}a_y t^2$   
 $v_y(t) = v_0 \sin(\theta) + a_y t$

אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או  $a_y = -g$  תיתכן תאוצה גם בציר X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

שיא גובה ( $v_y(t) = 0$ ):  $t_{נובה} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$   
 שיא גובה  $y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$

שיא גובה  $y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$

טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע):  $R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g}$   
 טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

משוואת המסלול: משוואה של  $y(x)$ . על מנת למצא משוואת מסלול מבודדים את  $t$  מהביטוי של  $x(t)$  ומציבים ב- $y(t)$ .

התנע הראשון של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך. התנע השלישי של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח פעולה) הגוף השני חייב להפעיל כוח בחזרה (כוח תגובה) הפעולה וגודלו והפך בכיוונו.  
 - שימו לב!! הכוחות פועלים על שני גופים שונים ולכן לא יהיו באותו תרשים כוחות.  
 חיכוך סטטי:

פועל כאשר הגוף במנוחה (ביחס למשטח המגע).  
 כיוונו מנוגד לכיוון שקול הכוחות.  
 גודלו משתנה בהתאם לכוחות הפועלים.  
 $f_s \leq \mu_s N$  או  $f_{s,max} = \mu_s N$

ערך מקסימלי:  $f_s \leq \mu_s N$  או  $f_{s,max} = \mu_s N$   
 חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים) בניגוד לסטטי) ושווה ל:

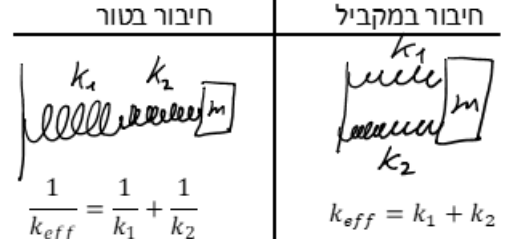
המישור המשופע: בבעיות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך.  
 הרכיב של  $mg$  במקביל למישור יהיה  $mg \sin(\theta)$  ובמאונך למישור  $mg \cos(\theta)$ . שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון:  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$   
 בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר נפרד. כלומר:  $\Sigma F_y = ma_y$ ,  $\Sigma F_x = ma_x$   
 בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף נפרד. אחייב נוסף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ:  $F = -k\Delta x$   
 $\Delta x$  - התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב  $\Delta l$ )  
 - הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חיבור במקביל:  $\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$   
 חיבור בטור:  $k_{eff} = k_1 + k_2$



העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:  $W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = F \Delta x \cos \alpha$   
 כאשר  $\alpha$  היא הזווית בין הכוח להעתק  
 - כוח שפועל במאונך לתנועה (למהירות) אינו מבצע עבודה.  
 - אם הגוף לא נע העבודה אפס (לכן חיכוך סטטי אינו מבצע עבודה).

אנרגיה קינטית:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$   
 העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי באנרגיה קינטית:  $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$   
 האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):  $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$

הוא קבוע הקפיץ  $k$   
 $\Delta x$  היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב  $\Delta l$ )  
 האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד  $\Sigma$  כל האנרגיות הפוטנציאליות:

$E = E_k + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$   
 \*בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.

משפט עבודה אנרגיה:  $E_f + W_{NC} = \Delta E$  או  $E_f + W_{NC} = \Delta E$   
 $E_f$  -  $E_f$  הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.  
 $W_{NC}$  היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.

נוסחה לשני גובה של

מוטסת:

$$h = l(1 - \cos \theta)$$

h - הגובה מהתחתית

l - אורך החוט

$\theta$  - זווית ביחס לאנך

מהתקרה.

תום (Q): האנרגיה

הנוצרת מחיכוך קינטי.

- כמות החום שנוצרת

בתהליך שווה לעבודה של

כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן), כי העבודה שמבצע

$$Q = -W_{f_k}$$

ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה

הכללית של הגוף.

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית:

$$U_g = mgh$$

h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.

העבודה שמבצע כוח הכובד שווה למינוס השינוי באנרגיה

$$W_g = -\Delta U_g$$

הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

היחידה הסטנדרטית של הספק היא וואט (W) והיא שווה

לגאול חלקי שניה.

$$1 \text{Hp} = 746 \text{Watt}$$

יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp):

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

נוסחה נוספת להספק:

- בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.

- הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע

או קבוע)

### תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.

מיקום הגוף:

$$x = R \cos \theta ; y = R \sin \theta$$

התבונן (אורך הקשת שמול הזווית):

$$S = R \cdot \Delta \theta$$

- יש להציב את שינוי

הזווית ברדיאנים

המהירות הזוויתית היא קצב

שינוי הזווית בזמן.

מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

(ביחידות של רדיאן לשניה)

f היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec).

T זמן מחזור.

הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם

למהירויות שאינן קבועות):

$$|\vec{v}| = \omega R$$

תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל):

$$a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

סכום הכוחות למרכז המעגל:

$$\Sigma F_r = m \left( \frac{v^2}{R} \right) = m(\omega^2 R)$$

- בתרגילים, נבחר מערכת צירים כך שכיוון ציר ה X

למרכז המעגל וציר Y מאונך לו. בציר X נשתמש בנוסחה

של סכום הכוחות למרכז המעגל ובציר Y סכום הכוחות

שווה לאפס (בתנועה שבה גודל המהירות קבוע).

אם גודל המהירות אינו קבוע (תנועה לא קבועה) אז

ישנה גם תאוצה משיקית. התאוצה המשיקית שווה לשינוי

גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו

ישר).

עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת:

$$a_\theta = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה:

$$\Sigma F_\theta = ma_\theta$$

תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.

עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת:

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

(ביחידות של רדיאן לשניה בריבוע).

הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשיקית (גם עבור

תאוצה משתנה):

$$a_\theta = \alpha R$$

מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha \cdot (t - t_0)$$

זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה:

$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2} \alpha (t - t_0)^2$$

### מבנה החומר

גודל אטום המימן (הקטן ביותר):

$$0.53 \cdot 10^{-10} \text{m}$$

יחידת האנגסטרם:

$$1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{m}$$

פרוטונים מסמנים ב-p נייטרונים ב-n ואלקטרונים ב-e

$$m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

מסת הפרוטון והנייטרון:

$$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$$

מסת האלקטרון:

מסת האלקטרון קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה

ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים

קובעים את מסת האטום.

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

מטען האלקטרון:

מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו:  $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

הנוטרוני לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען.

המטען החשמלי של כל גוף יהיה חיובי להיות כפולה

שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

### הכוח החשמלי - חוק קולון

חוק קולון:

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

r - הוא המרחק בין הגופים

קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי:

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

- הכוח הוא כוח דחיה אם סימן המטענים זהה ומשיכה

אם הסימן הפוך.

הנוסחה נכונה רק עבור מטענים נקודתיים או כדורים

הטעונים בצורה אחידה. מטען נקודתי הוא גוף שהגודל

שלו קטן בהרבה מ-r, המרחק שבו מחשבים את הכוח.

- הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר

המטענים נמצאים בתווך (לדוגמה מים או שמן) הכוח

משתנה.

### השדה החשמלי

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי E:

$$F = qE$$

השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב:

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

r - הוא המרחק מהמטען לנקודה בה מחשבים את השדה.

עקרון הסופרפוזיציה: השדה השקול בנקודה במרחב הוא

סכום וקטורי של כל השדות שיוצרים כל המטענים באותה

נקודה.

קווי שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון

השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות

הקווים.

### חוק גאוס ברמה איכותית

קבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם  $\epsilon_0$ .

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה

הוא כמו של מטען נקודתי:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

- כאשר Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז

הקליפה/כדור.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נק')

- בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור

מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

כאשר  $\sigma$  היא צפיפות המטען

ליחידת שטח במישור ( $\sigma = \frac{Q}{A}$ ).

- כיוון השדה במאונך למישור

(החוצה מהמישור עבור מטען

חיובי וכפלי המישור עבור מטען שלילי)

השדה של שני מישורים

אינסופיים עם צפיפות הפוכה

הוא  $4\pi k\sigma$  בין המישורים ואפס

מחוץ

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

$\lambda$  - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ( $\lambda = \frac{Q}{L}$ )

r - הוא המרחק מהתיל.

- אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית

אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

- בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך

הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

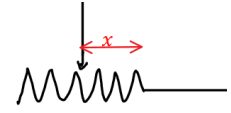
- כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### תנועה בשדה חשמלי אחיד

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

**גודל:** מוליך שהתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטים.  
**תלות התנגדות במבנה הנגד:**  
 $R = \frac{l}{A} \cdot \rho$   
 $l$  - אורך הנגד (הדרך שהמטענים עושים בנגד).  
 $A$  - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.  
 $\rho$  - התנגדות סגולית, תכונה שתלויה בסוג החומר ובטמפרטורה ונתונה בטבלאות.  
**התנגדות של נגד משתנה:**



$R(x) = \rho \cdot \frac{x}{A} = rx$   
 כאשר  $x$  הוא אורך הנגד (המשתנה)  
 $r$  - התנגדות ליחידת אורך (בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.  
 $\epsilon = V + Ir$  כ"א"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית:  
 $\epsilon$  - כ"א"מ, המתח המקסימאלי של הסוללה.  
 $V$  - מתח הדקים.  $r$  - התנגדות פנימית.  $I$  - זרם בסוללה.  
**נוסחה נוספת למתח הדקים עם התנגדות השקולה ( $R_T$ ):**

**וללא הזרם:**  
 $V_{הדקים} = \frac{\epsilon R_T}{R_T + r}$

**עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל GOOL**

העבודה שמתבצעת על מטען  $q$  שעובר בנגד תחת מתח  $V$  היא:  
 $W = qV = Q$   
 כאשר  $Q$  זה החום שנוצר בנגד.  
**הספק קבוע או ממוצע:**  
 $P = \frac{W}{\Delta t}$

$W$  - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן  $\Delta t$   
 $I$  - היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט:  $1W = 1J/sec$   
**נוסחה נוספת להספק שנוכחה גם להספק רגעי:**  
 $P = IV = I^2 R = V^2 / R$   
 השוויון הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם  $R$ ) נכונים רק לנגד.

**חיבור נגדים במעגל GOOL**

הצד בו הפוטנציאל גבוה בנגד הוא הצד שבו הזרם נכנס לנגד.  
**חיבור נגדים בטור:**  
 - חיבור בטור נעשה כאשר הזרם בנגדים זהה

$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$   
 המתח על הנגד השקול שווה לסכום המתחים.  
 $V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$   
**חיבור נגדים במקביל:**

**חיבור בטור נעשה כאשר המתח בנגדים זהה**  
 $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$   
 הזרם בנגד השקול שווה לסכום הזרמים  
 $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

**הספק המעגל** הוא סך ההספקים של הנגדים במעגל או ההספק של הנגד השקול. הספק המעגל שווה להספק המקור (בסוללה אידיאלית).

**חוקי קירכהוף GOOL**

מתאים לפתור מעגלים עם מספר מקורות מתח.  
 1. סך הזרמים שנכנסים לצומת שווה לסכום הזרמים שיוצאים מהצומת.  
 2. סכום המתחים בלולאה סגורה שווה לאפס.  
 נעשה לולאות מתחים עד אשר נעבור על כל הרכיבים במעגל. נוסף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.

**נצילות במעגל החשמלי GOOL**

**נצילות:**  
 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$   
 $\eta$  - נצילות המעגל.  
 $P_{out}$  - ההספק המופק/מונצל ברכיבים השימושיים במעגל  
 $P_{in}$  - ההספק המושקע (של הסוללה)

**קבלים GOOL**

קבל הוא רכיב חשמלי היכול לאגור מטען. קיבול הוא היחס בין המטען על הקבל לבין המתח בו הוא נמצא.  
**הנוסחה הבסיסית של קבל (הגדרת הקיבול):**  
 $C = \frac{Q}{V}$   
 $C$  - הקיבול של הרכיב.  $V$  - המתח בין שני החלקים.  
 $Q$  - המטען על הלוח החיובי.

יחידות הקיבול הן Farad:  $1 \cdot Farad = \frac{1 \cdot Coulomb}{1 \cdot Volt}$   
**סוגי קבלים נפוצים:** קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בד"כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות).

**הקיבול של קבל לוחות:**  
 $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$   
 $A$  - שטח כל לוח.  $d$  - המרחק בין הלוחות.

**תכונת הקיבול:** **הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי** (אף פעם לא יהיה תלוי במטען על הקבל או במתח שנופל עליו) לכן הוא תמיד קבוע במעגל (אלא אם משנים את המבנה).  
**סימון הקבל במעגל:** -||-

לאחר שעבר זמן רב הקבל מתנהג כמו נתק במעגל: כאשר מחברים קבל למקור הוא מתחיל לאגור מטען, תהליך זה נקרא טעינה. התהליך נפסק כאשר המתח בקבל שווה

הפוך למתח המופעל עליו, ברגע זה כבר לא יזרום זרם דרך הקבל. והקבל מתנהג כמו נתק במעגל.

**חיבור קבלים במקביל:**  
 $C_T = C_1 + C_2$   
 התנאי לחיבור במקביל הוא שהמתח על הקבלים זהה (זהו גם המתח על הקבל השקול)  
 - המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.

**חיבור קבלים בטור:**  
 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$   
 התנאי לחיבור בטור הוא שהמטען על כל הקבלים זהה (זהו גם המטען של הקבל השקול).  
 - המתח על הקבל השקול שווה לסכום המתחים של כל הקבלים

**אנרגיה האגורה בקבל:**  
 $U_c = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$   
**העבודה שמבצעת הסוללה לטעינת קבל:**  
 $W = QV = 2U_c$

**חומרים דיאלקטריים בקבל:** הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול.  
 $C' = \epsilon_r C_0$  **קיבול של קבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד:**

במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד, ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר זור לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.  
 פרוק לגמרי

**גלים והתאבכות גלים GOOL**

**מהירות של מחזורי:**  
 $v = \lambda f$   
 $\lambda$  - אורך הגל.  $f$  - תדירות הגל.

**חוק השבירה:**  
 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$   
 $\theta$  - הזוויות בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת ל**אנך** למשטח.  
 $n$  - מקדם השבירה של כל תווך.  
 $v$  - מהירות הגל בכל תווך.

**גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:**  
 $\ell = n \frac{\lambda}{2}$   
 $\ell$  - אורך המיתר.  $n$  - מספר נקודות הקמר (מקסי"מיני) קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:  
 $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$

$\theta_n$  - זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום  $n$  ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.  
 $X_n$  - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר  $n$ .  
 $L_n$  - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר  $n$ .  
 $d$  - המרחק בין החריצים.  
 קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$   
 $\theta_n$  - זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום  $n$  ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.  
 $X_n$  - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר  $n$ .  
 $L_n$  - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר  $n$ .  
 $d$  - המרחק בין החריצים.  
 קווי מינימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

**נוסחת יאנג:**  
 $\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda}{d}$   
 $\Delta x$  - רוחב פס האור.  $L$  - מרחק האנך למסך מהחריצים.  
 $\lambda$  - אורך הגל.  $d$  - המרחק בין החריצים.  
 קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$   
 $\theta_n$  - הזווית למקסימום מסדר  $n$ .  
 $d$  - המרחק בין שני חריצים צמודים.  $N$  - קבוע הסריג.  
**קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:**  
 $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$   
 $\theta_n$  - הזווית למינימום מסדר  $n$ .  
 $X_n$  - מרחק מרכז המינימום מסדר  $n$  למרכז המקסימום המרכזי.  
 $L_n$  - המרחק בין החריץ למינימום מסדר  $n$ .  
 $w$  - רוחב החריץ.

**עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:**  
 $\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$   
 כאשר  $I_a$  היא עוצמת הקול של  $\alpha$  דציבל.  $I_0$  - סף השמע של אדם.  
**ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים**

**שוניים  $\alpha$  ו- $\beta$ :**  
 $\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)}$   
**האנרגיה של גל קול:**  
 $E = I \cdot S \cdot t$   
 $E$  - האנרגיה הכוללת של גל הקול.  $I$  - העוצמה בדציבל.  $S$  - שטח החתך בו הגל פוגע.

$t$  - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.  
**הידרוסטטיקה**  
**זורמים:** נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

**GOOL**

**ציפיות (מסה חלקי נפח):**  
 $\rho = \frac{M}{V}$

מוצקים	נוזלים	צפיפות ( $kg/m^3$ )	צפיפות ( $kg/m^3$ )
אלומיניום	מים ( $4^\circ C$ )	$2.70 \times 10^3$	$1.00 \times 10^3$
ברזל ופלדה	פלומת דם	$7.8 \times 10^3$	$1.03 \times 10^3$
נחושת	דם מלא	$8.9 \times 10^3$	$1.05 \times 10^3$
עופרת	מי ים	$11.3 \times 10^3$	$1.025 \times 10^3$
זהב	כספית	$19.3 \times 10^3$	$13.6 \times 10^3$
בטון	אתנול (אלכוהול אתילי)	$2.3 \times 10^3$	$0.79 \times 10^3$
גרניט	בנוין	$2.7 \times 10^3$	$0.68 \times 10^3$
עץ (טיפוסי)	<b>גזים</b>	$0.3 - 0.9 \times 10^3$	
זכוכית רגילה	אוויר	$2.4 - 2.8 \times 10^3$	$1.29$
קרח ( $H_2O$ )	הליום	$0.917 \times 10^3$	$0.179$
עצם	פחמן דו-חמצני ( $CO_2$ )	$1.7 - 2.0 \times 10^3$	$1.98$
	אדי מים ( $100^\circ C$ )		$0.598$

**לחץ:**  
 $P = \frac{F}{A}$

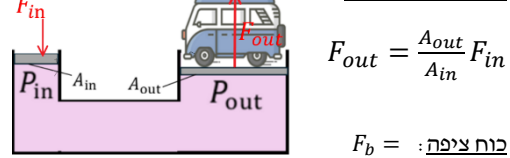
$F$  - גודל הכוח המאונך למשטח.  $A$  - שטח.  
 - הלחץ הוא סקלר. יחידות SI:  $1Pa = 1N/m^2$   
 - זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.  
 - עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.  
 - אם אין זרימה או הלחץ מאונך לדופן, רכיב מקביל לדופן יגרום לזרימה.

**הלחץ בעומק  $h$  בתוך נוזל (בעל צפיפות אחידה):**  
 $P = \rho gh$   
 $P$  - הנוסחה היא לחץ שפועל מהנוזל בלבד, לחישוב הלחץ המוחלט יש להוסיף את הלחץ בפני הנוזל.  
**לחץ בזורם בעל צפיפות משתנה:**

$P(y_2) - P(y_1) = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$

**לחץ אטמוספרי:**  
 $P_0 = 1.013 \cdot 10^5 Pa = 101.3 kPa = 1atm$   
 $1bar = 10^5 Pa$

**לחץ יחסי** (הלחץ ביחס ללחץ האטמוספרי):  
 $P = P_0 + P_G$   
 $P$  - לחץ אבסולוטי.  $P_0$  - לחץ אטמוספרי.  $P_G$  - לחץ יחסי.  
**עקרון פסקל:** אם לחץ חיצוני מופעל על זורם תחום או הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.  
**מערכת הידראולית:**



$F_{out} = \frac{A_{out}}{A_{in}} F_{in}$   
**כוח ציפה:**  
 $F_b = \rho_l V g$   
 $\rho_l$  - צפיפות הזורם.  $V$  - נפח הגוף.

**GOOL**

**הידרונימיקה**  
**זרימה למינרית (שכבתית):** זורם הנע בשכבות מקבילות ללא הפרעה בין השכבות.  
**זרימה טורבולנטית (עירבולית):** זרימה באופן לא מסודר ואקראי. בדרכ מכילה מערבולות שנקראות זרמי אדי. איבוד אנרגיה גבוה.

**ספיקה מסית  $Q_m$**  (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן):  
 $Q_m = \frac{dm}{dt} = \rho Av$   
 $\rho$  - צפיפות הזורם,  $A$  - שטח חתך,  $v$  - מהירות הזורם.  
**ספיקה נפחית  $Q_V$**  (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן):  
 $Q_V = \frac{dV}{dt} = Av$   
 במצב יציב הספיקה לא משתנה לאורך הזרימה:

$Q_{m1} = Q_{m2}$   
**משוואת הרציפות:**  
 $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$   
 עבור זורם לא דחיס  $\rho_1 = \rho_2$  ואז המשוואה הזורם

**עקרון ברנולי:** הלחץ הפוך למהירות הזורם  
**משוואת ברנולי:**

$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2 + P_2$

או  
 $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh + P = const$   
**הנחות למשוואת ברנולי:** 1. הזרימה למינרית ובמצב יציב. 2. הנוזל אינו דחיס. 3. אין חיכוך (אין צמינות)

**חוק טוריציילי:** מהירות הזרימה של נוזל דרך חור בתחתית של מיכל מלא בגובה  $h$ , זהה למהירות שצובר גוף בנפילה חופשית מאותו הגובה  
 $v = \sqrt{2gh}$

**צינור ונטורי:**

