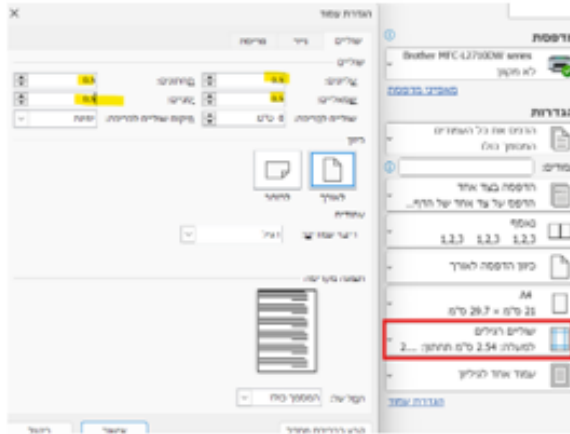


הוראות לדף הנוסחאות



הוראות הדפסה!

את הדף יש להדפיס עם שוליים מותאמות אישית ברוחב 0.5 בכל צד.

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השוליים, לבחור שוליים מותאמים אישית ולשנות ל 0.5 בכל הכיוונים

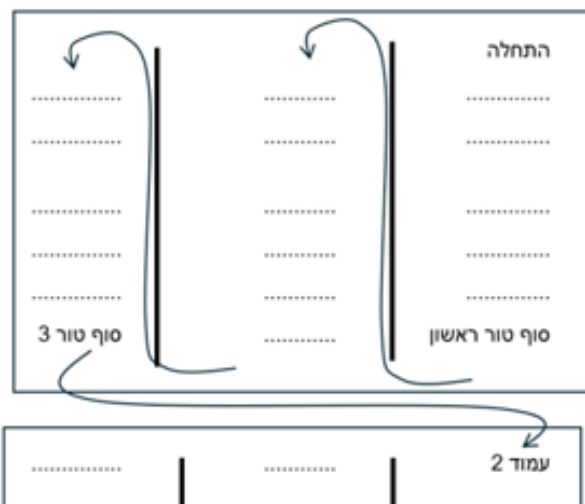
עריכה:

בדף הכנסנו כמה שיותר הסברים, נוסחאות ותמונות. אם מספר העמודים חורג ממספר העמודים המותר בבחינה ניתן לערוך את קובץ ה WORD ולהוריד הסברים מורחבים, תמונות או נוסחאות טריוויאליות. ניתן גם כמובן להוסיף הסברים שלכם או נוסחאות.

בכל מקרה מומלץ מאוד לעבור על הדף לפני המבחן!! הוא גם סיכום של החומר.

אין להוריד את הסמל של GOOL או כל סימן מסחרי אחר!!

מבנה הדף:



הדף בנוי משלושה טורים.

ההתחלה היא בפינה הימנית העליונה.

בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא.

ניתן לשנות את כיוון הפריסה לרוחב, זה יוצר מראה יותר מרווח על חשבון מספר עמודים.

כל הזכויות שמורות למני גבאי ולאתר GOOL

הדף מיועד לכל שימוש שאינו מסחרי ובפרט לשימוש מרצים, מורים, סטודנטים ותלמידים בקורסים שונים, ניתן לערוך את הדף אך יש להשאיר סימונים של אתר גול.

פזיקה חופשית זריקה אנכית

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

y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + 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
בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:

- 1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז a = g (במשוואות הנ"ל).
- 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: v_0^2 = 2g * t_0^2 ; שיא גובה = y_0 + v_0^2 / 2g

תנועה במישור - בליסטית

וקטור המיקום: r = x i + y j = (x, y)
העתק: dr = dx i + dy j = (dx, dy)
מהירות ממוצעת או קבועה: v_avg = dr/dt
זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק במהירות התחלתית v_0 בזווית theta (באופקית הזווית אפס).

- נפריד 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 + 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 g = -a_y, תיתכן תאוצה גם בציר ה-X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

- שיא גובה (v_y(t) = 0): t_0 sin(theta) = v_0 / g
y_0 + (v_0 sin(theta))^2 / 2g = שיא גובה
R = (v_0^2 sin(2theta)) / g : טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע)

- טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות
- משוואת המסלול: y(x) : על מנת למצא משוואת מסלול מבודדים t מהביטוי של x(t) ומציבים ב-y(t).

תנועה יחסית

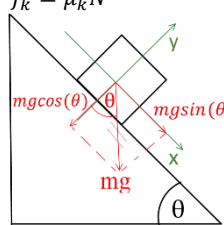
נוסחה למיקום היחסי: r_1,2 = r_1 - r_2
r_1, r_2 הם וקטורי המיקומים של גוף 1 ו-2 ביחס למעבדה/קרקע. r_1,2 הוא המיקום של גוף 1 ביחס לגוף 2 (כלומר המיקום של גוף 1 ביחס לראשית צירים הנמצאת על גוף 2)
כ"ל לגבי המהירות היחסית והתאוצה היחסית:
v_1,2 = v_1 - v_2 ; a_1,2 = a_1 - a_2

דינמיקה - חוק I ו-II של ניוטון

החוק הראשון של ניוטון: אם גוף נע במהירות קבועה בקו ישר (או במנוחה) אז סכום הכוחות עליו מתאפס ולהפך.
החוק השלישי של ניוטון: לכל כוח שגוף אחד מפעיל על גוף שני (כוח פעולה) הגוף השני חייב להפעיל כוח בחזרה (כוח תגובה) השווה בגודלו והפוך 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 המופעלים.
f_s <= mu_s N או f_s,max = mu_s N : ערך מקסימלי
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 mgsin(theta)
ובמאונך למישור mgcos(theta)
שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.



נוסחה נוספת המקשרת בין המהירות למיקום (ללא תלות בזמן) בתאוצה קבועה: 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 מחייכת, תאוצה שלילית פרבולה עצובה.
המהירות היא נגזרת של המיקום לפי הזמן והמיקום הוא אינטגרל על המהירות לפי הזמן:

v(t) = dx/dt ; x(t) = integral v(t) dt
התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:
a(t) = dv/dt ; v(t) = integral a(t) dt

- כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מציאים מתנאי התחלה.
נגזרות של סינוס וקוסינוס:

(cos x)' = -sin x ; (sin x)' = cos x

וקטורים

פירוק לרכיבים:
A_y = |A| sin theta
A_x = |A| cos theta
למצא גודל וזווית:
|A| = sqrt(A_x^2 + A_y^2) ; tan theta = A_y / A_x

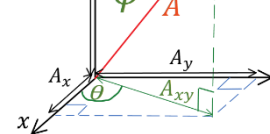
חיבור וקטורים:
- בצורה גרפית נצימד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון.
תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.
- בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:
A + B = (A_x + B_x, A_y + B_y)

- בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.
כפל/חלוקה בסקלר: בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר:
B = alpha 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:

A . B = A_x . B_x + A_y . B_y + A_z . B_z = |A| |B| cos alpha
- תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)
- מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.
נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:
cos alpha = (A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z) / (|A| |B|)

וקטור יחידה

וקטור בשלושה מימדים:
0 <= phi <= pi
0 <= theta <= 2pi
tan theta = A_y / A_x



פירוק לרכיבים:
A_xy = |A| sin phi ; A_z = |A| cos phi
A_x = |A| sin phi cos theta ; A_y = |A| sin phi sin theta
מכפלה וקטורית:
- דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

A x B = | i j k |
| A_x A_y A_z |
| B_x B_y B_z |

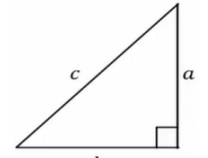
- דרך 2 לפי גודל וכיוון בנפרד:
גודל המכפלה הוא: |A x B| = |A| |B| sin alpha
וכיוון לפי כלל יד ימין:



- שימו לב שאתם עם יד ימין!!
- בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחר"כ לפתוח את האמה!

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמואל
sin alpha = a/c
יתר
cos alpha = b/c
יתר
tan alpha = a/b
ניצב שמואל
ליד ניצב
1 / tan alpha = cot alpha = b/a
ניצב שמואל
a^2 + b^2 = c^2



sin(90° - alpha) = cos alpha ; cos(90° - alpha) = sin alpha tan(90° - alpha) = cot alpha ; cot(90° - alpha) = tan alpha	90° - alpha
sin(90° + alpha) = cos alpha ; cos(90° + alpha) = -sin alpha tan(90° + alpha) = -cot alpha ; cot(90° + alpha) = -tan alpha	90° + alpha
sin(180° - alpha) = sin alpha ; cos(180° - alpha) = -cos alpha tan(180° - alpha) = -tan alpha ; cot(180° - alpha) = -cot alpha	180° - alpha
sin(-alpha) = -sin alpha ; cos(-alpha) = cos alpha tan(-alpha) = -tan alpha ; cot(-alpha) = -cot alpha	-alpha
sin 2alpha = 2 sin alpha cos alpha cos 2alpha = cos^2 alpha - sin^2 alpha = 1 - 2 sin^2 alpha = 2 cos^2 alpha - 1	2alpha
sin(alpha +/- beta) = sin alpha cos beta +/- sin beta cos alpha cos(alpha +/- beta) = cos alpha cos beta -/+ sin alpha sin beta	alpha +/- beta

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: y = mx + n
משוואת הקו הישר: m = dy/dx = tan alpha כאשר 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
הפרבולה

משוואת הפרבולה

y = ax^2 + bx + c
a חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.
קודקוד הפרבולה: x_kodak = -b / (2a)
נוסחת השורשים: x_1,2 = (-b +/- sqrt(b^2 - 4ac)) / 2a

מבוא פיזיקלי

חוקי חזקות: (ab)^c = a^c b^c ; a^b a^c = a^(b+c)
(a^b)^c = a^(bc) ; 1/a^b = a^(-b)
מעברים בין יחידות:
קילו (k) זה 1000 : 1km = 1000m ; 1kg = 1000gr
מילי (m) זה 1/1000 : לדוגמה: 1 מילימטר = 1/1000 m, 1mm = 1/1000 m
ומיליגרם 1mg = 1/1000 gr

ליטר: 1liter = 1000cm^3

שוב: 1 קוב = 1000m^3 = 1000liter
שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1lightyear = 9.4608 * 10^15 m

צפיפות

צפיפות נפחית: rho = M / S ; צפיפות משטחית: sigma = M / S
צפיפות אורכית: lambda = M / l
V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

תנועה בקו ישר

העתק- השינוי במיקום הגוף: Delta x = x_2 - x_1
דרך- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S
מהירות ממוצעת או קבועה: v = Delta x / Delta t = (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 = dv/dt = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1)
מהירות כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:

כאשר v_0 היא המהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע תחילת התנועה)
מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:

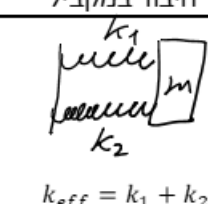
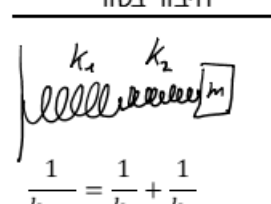
x(t) = x_0 + v_0(t - t_0) + 1/2 a(t - t_0)^2
כאשר x_0 ו v_0 הן המיקום והמהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע התחלת התנועה)

דינמיקה - חוק II של ניוטון

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

קפיצים

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

חיבור במקביל	חיבור בטור
	

כבידה והכוח הריבועי ההפוך

כוח הכבידה בין שני גופים בעלי מסה:
 $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$
 כאשר m_1 ו- m_2 הן שתי המסות ביניהם פועל הכוח.
 r הוא המרחק בין מרכזי הכובד של הגופים. מפה השם
 כוח הריבועי ההפוך.
 G - הוא קבוע הנקרא **קבוע הכבידה העולמי** (או קבוע
 הגרביטציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים
 והוא: $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2 gr}$
עבודה ואנרגיה

העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע:

$W = \vec{F} \cdot \Delta \vec{x} = F\Delta x \cos \alpha$
 כאשר α 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
אנרגיה קינטית:
 $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$
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
הפוטנציאלית הכובדית:
 $W_g = -\Delta U_g$
האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ):
 $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
 k הוא קבוע הקפיץ
 Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
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: $E_i + W_{NC} = E_f$ או $E_i = \Delta E$
 E_i ו- E_f הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.

W_{NC} היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים
 בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.
נוסחה לשינוי בגובה של מטוטלת:

$h = l(1 - \cos \theta)$
 h - הגובה מהתחתית
 l - אורך החוט
 θ - זווית ביחס לאנך
 מהתקרה.
חוס (Q): האנרגיה
 הנוצרת מחיכוך קינטי.
 - כמות החום שנוצרת
 בתהליך שווה לעבודה של
 כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע
 החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)
 $Q = -W_{f_k}$
 - ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה
 הכללית של הגוף.

הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
 היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה
 לגאול חלקי שניה.
יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): $1 \text{ Hp} = 746 \text{ Watt}$
נוסחה נוספת להספק:
 $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$
 - 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:
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
 חדר (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:
 (ביחידות של רדיאן לשניה)
 $\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
 f היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec). T זמן מחזור.
הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (לכון גם
 למהירויות שאינן קבוע):
 $|\vec{v}| = \omega R$
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 קצובה) אז
 ישנה גם תאוצה משקיית. התאוצה המשקיית שווה לשינוי
 גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו
 ישר).

עבור **תאוצה משקיית 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 לשנייה ברביע).
הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשקיית (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:

$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0(t - t_0) + \frac{1}{2}\alpha(t - t_0)^2$
מתקף ותנע
המתקף שמפעיל כוח קבוע או ממוצע על גוף:
 $\vec{J} = \vec{F} \cdot \Delta t$
התנגשות אלסטית: התנגשות שבה האנרגיה הקינטית
 נשמרת. נוסף למשוואת שימור התנע את משוואת שימור
 האנרגיה:
 $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$
התנגשות אלסטית במימד אחד (מצחית) בלבד, ניתן
 להחליף את משוואת שימור האנרגיה במשוואה הבאה:
 $v_1 - v_2 = -(u_1 - u_2)$
התנגשות פלסטית: הגופים נעים יחד אחרי ההתנגשות.
 - משוואת שימור התנע הופכת ל-
 $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$
 $\vec{u}$ היא המהירות המשותפת לאחר ההתנגשות
רתע: הגופים נעים יחד לפני ההתנגשות.
 - משוואת שימור התנע הופכת ל-
 $(m_1 + m_2)\vec{v} = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$
 - התנגשות פלסטית ורתע הן אף פעם לא התנגשויות
 אלסטיות! כלומר לא יכול להתקיים שימור אנרגיה
 בהתנגשויות האלו.
 - שימו לב שקיימות התנגשויות שהן לא אלסטיות ולא
 פלסטיות (סזם התנגשויות) בהן יש רק את משוואת שימור
 התנע הרגילה.
 - הערה: בספרים מסוימים השם התנגשות אלסטית
 מתייחס להתנגשות רגילה שהיא לא פלסטית ואין בה
 שימור אנרגיה. להתנגשות שיש בה גם שימור אנרגיה
 קוראים התנגשות אלסטית **לחלוטין**.
התנגשות אלסטית מצחית (במימד אחד) בין מסות שוות
שאחד הגופים במנוחה: במקרה זה כל האנרגיה עוברת
 מהגוף הפוגע לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפוגע ייעצר והגוף
 שהיה במנוחה ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו
 הגוף הראשון.

מבנה החומר
 גודל אטום המימן (הקטן ביותר): $0.53 \cdot 10^{-10} m$
יחידת האנגסטרם:
 $1 \text{ \AA} = 10^{-10} m$
 פרוטונים מסמנים ב- p נויטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e
 מסת הפרוטון והנויטרון: $m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} kg$
 מסת האלקטרון: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$

חוק גאוס ברמה איכותית
הקבוע הדיאלקטרי של הריק:
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
 ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_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 נקי)
 - 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 σ היא צפיפות המטען
 ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
 - כיוון השדה במאונך למישור
 (החוצה מהמישור עבור מטען
 חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)
אינסופיים עם צפיפות הפוכה
 הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס
 מחוץ
השדה של תיל אינסופי:
 $E = \frac{2k\lambda}{r}$
 λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ($\lambda = \frac{Q}{L}$)
 - 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
 אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה
 בליסטית. **גודל התאוצה הוא:**
 $a = \frac{qE}{m}$
 - כיוון התאוצה בכיוון השדה עבור מטען חיובי והפוך
 לשדה עבור מטען שלילי
מוליכים
 - במוליך המטענים חופשיים לזוז.
השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.
 על השפה יכול להיות שדה **מאונך לשפה**.
המטען הכולל בתוך המוליך מתאפס למעט על
השפה (מבצע סטטי).
 - הפוטנציאל **במוליך אחיד** (קבוע).
 הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטרים
 חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים
 יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים
 מוליכים)
 - בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא
 בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים
 שדה נגדי.

חוק קולון:
 $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$
 r - הוא המרחק בין הגופים
 - קבוע התאוצה האוניברסלי:
 $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$
 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 בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח
 משתנה.
השדה החשמלי
כוח חשמלי - חוק קולון
חוק קולון:
 $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$
השדה הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי
 $F = qE$
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב:
 $E = \frac{kq}{r^2}$
הוא המרחק מהמטען r הוא המרחק ממרכז
 הקליפה/כדור.
חוק גאוס ברמה איכותית
הקבוע הדיאלקטרי של הריק:
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
 ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_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 נקי)
 - 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 σ היא צפיפות המטען
 ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
 - כיוון השדה במאונך למישור
 (החוצה מהמישור עבור מטען
 חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)
אינסופיים עם צפיפות הפוכה
 הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס
 מחוץ
השדה של תיל אינסופי:
 $E = \frac{2k\lambda}{r}$
 λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ($\lambda = \frac{Q}{L}$)
 - 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)

מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה
 ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנויטרונים
 קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון:
 $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C$
מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו:
 $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} C$
 הנויטרון לא מושפע מהכוח החשמלי ולכן אין לו מטען.
המטען החשמלי של כל גוף יהיה חייב 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:
 $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$
 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 בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח
 משתנה.

השדה החשמלי
כוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי
 $F = qE$
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב:
 $E = \frac{kq}{r^2}$
הוא המרחק מהמטען r הוא המרחק ממרכז
 הקליפה/כדור.
חוק גאוס ברמה איכותית
הקבוע הדיאלקטרי של הריק:
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
 ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_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 נקי)
 - 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 σ היא צפיפות המטען
 ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
 - כיוון השדה במאונך למישור
 (החוצה מהמישור עבור מטען
 חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)
אינסופיים עם צפיפות הפוכה
 הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס
 מחוץ
השדה של תיל אינסופי:
 $E = \frac{2k\lambda}{r}$
 λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ($\lambda = \frac{Q}{L}$)
 - 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
 אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה
 בליסטית. **גודל התאוצה הוא:**
 $a = \frac{qE}{m}$
 - כיוון התאוצה בכיוון השדה עבור מטען חיובי והפוך
 לשדה עבור מטען שלילי
מוליכים
 - במוליך המטענים חופשיים לזוז.
השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.
 על השפה יכול להיות שדה **מאונך לשפה**.
המטען הכולל בתוך המוליך מתאפס למעט על
השפה (מבצע סטטי).
 - הפוטנציאל **במוליך אחיד** (קבוע).
 הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטרים
 חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים
 יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים
 מוליכים)
 - בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא
 בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים
 שדה נגדי.

חוק גאוס ברמה איכותית
הקבוע הדיאלקטרי של הריק:
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
 ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_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 נקי)
 - 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 σ היא צפיפות המטען
 ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
 - כיוון השדה במאונך למישור
 (החוצה מהמישור עבור מטען
 חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)
אינסופיים עם צפיפות הפוכה
 הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס
 מחוץ
השדה של תיל אינסופי:
 $E = \frac{2k\lambda}{r}$
 λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ($\lambda = \frac{Q}{L}$)
 - 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
 אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה
 בליסטית. **גודל התאוצה הוא:**
 $a = \frac{qE}{m}$
 - כיוון התאוצה בכיוון השדה עבור מטען חיובי והפוך
 לשדה עבור מטען שלילי
מוליכים
 - במוליך המטענים חופשיים לזוז.
השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.
 על השפה יכול להיות שדה **מאונך לשפה**.
המטען הכולל בתוך המוליך מתאפס למעט על
השפה (מבצע סטטי).
 - הפוטנציאל **במוליך אחיד** (קבוע).
 הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטרים
 חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים
 יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים
 מוליכים)
 - בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא
 בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים
 שדה נגדי.

חוק גאוס ברמה איכותית
הקבוע הדיאלקטרי של הריק:
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
 ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_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 נקי)
 - 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 σ היא צפיפות המטען
 ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
 - כיוון השדה במאונך למישור
 (החוצה מהמישור עבור מטען
 חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)
אינסופיים עם צפיפות הפוכה
 הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס
 מחוץ
השדה של תיל אינסופי:
 $E = \frac{2k\lambda}{r}$
 λ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל ($\lambda = \frac{Q}{L}$)
 - 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)

חומרים דיאלקטרים
 חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים
 יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים
 מוליכים)
 - בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא
 בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים
 שדה נגדי.

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad \text{חישוב זרם קבוע או ממוצע:}$$

I הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת המטענים החיוביים.

- היחסות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $1A = 1C/sec$
- בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.

- בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. אם הגרף ליניארי

$$q(t) = I \cdot \Delta t + q_0 \quad \text{ניתן לרשום:}$$

$$I = n_e A q_e v_d \quad \text{מהירות סחיפה:}$$

n_e - מספר האלקטרונים ליחידת נפח.

A - שטח חתך של המוליך. q_e - מטען האלקטרון.

v_d - מהירות הסחיפה (מהירות ממוצעת של האלקטרון)

מהירות האות החשמלי היא המהירות שבה ההשפעה של שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה, מהירות האות החשמלי היא מהירות האור והיא גדולה בהרבה ממהירות הסחיפה).

מקור מתח מבצע עבודה במעגל חשמלי סגור וגורם לתנועה של המטענים (זרם). המקור אינו מוסיף מטענים למעגל.

חוק אוהם: $V = IR$

V - מתח על הרכיב. I - זרם ברכיב. R - התנגדות הרכיב.

נגד: מוליך שההתנגדות שלו גדולה בהרבה מן החוטים.

תלות ההתנגדות במבנה הנגד: $R = \frac{l}{A} \cdot \rho$

l - אורך הנגד (הדרך שהמטענים עושים בנגד).

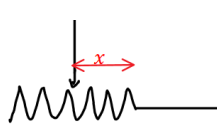
A - שטח חתך, שטח בנגד המאונך לכיוון הזרם.

ρ - התנגדות סגולית, תכונה שתלויה בסוג החומר ובטמפרטורה ונתונה בטבלאות.

ההתנגדות של נגד משתנה:

$$R(x) = \rho \cdot \frac{x}{A} = rx$$

כאשר x הוא אורך הנגד (המשתנה)



התנגדות ליחידת אורך

(בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.

כא"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית: $\varepsilon = V + Ir$

ε - כא"מ, המתח המקסימאלי של הסוללה.

V - מתח הדקים. r - התנגדות פנימית. I - זרם בסוללה.

נוסחה נוספת למתח הדקים עם ההתנגדות השקולה (R_T)

$$V_{\text{הדקים}} = \frac{\varepsilon R_T}{R_T + r} \quad \text{ולא הזרם:}$$

עבודה אנרגיה והספק ברכיבים במעגל GOOL

העבודה שמתבצעת על מטען q שעובר בנגד תחת מתח V

$$W = qV = Q \quad \text{היא:}$$

כאשר Q זה החום שנוצר בנגד.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{הספק קבוע או ממוצע:}$$

Δt - העבודה שהתבצעה במרווח הזמן

היחידות הסטנדרטיות של הספק הן וואט: $1W = 1J/sec$

נוסחה נוספת להספק שנכונה גם להספק רגעי:

$$P = IV = I^2 R = V^2 / R$$

השוויון הראשון נכון לכל רכיב חשמלי והשניים האחרונים (עם R) נכונים רק לנגד.

השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל סימטריה):

$$\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon_r}$$

השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען בתוך החומר. $\vec{E}_0$ - שדה שנוצר מהמטען היצוני (ולא מהדיפולים של החומר). ε_r - מקדם דיאלקטרי יחסי, קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

- לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הלא יחסי) והקשר הוא:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

הוא: ε_0 הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק

מתח פוטנציאל ואנרגיה של הכוח החשמלי

הכוח החשמלי הוא כוח משמר ולכן האנרגיה של מטען הנע בהשפעת הכוח החשמלי נשמרת.

$$\frac{1}{2}mv_i^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f \quad \text{משוואת שימור אנרגיה:}$$

v_f / v_i - מהירות הגוף בהתחלה / סוף התנועה.

U_f / U_i - האנרגיה הפוטנציאלית בהתחלה / סוף התנועה.

אנרגיה פוטנציאלית של שני מטענים נקודתיים (או האנרגיה פוטנציאלית של מטען נקודתי הנע בהשפעת הכוח החשמלי של מטען נקודתי אחר):

$$U = \frac{kq_1 q_2}{r}$$

- שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה!

העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנט):

$$W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס):

$$\Delta U = -W_{\text{חשמלי}} = \text{להזיז מטען}$$

פוטנציאל הוא אנרגיה ליחידת מטען. הפוטנציאל היא פונקציה מתמטית שאומרת לנו מה תהיה האנרגיה הפוטנציאלית בנקודה מסוימת.

האנרגיה של מטען נקודתי הנמצא בנקודה בה הפוטנציאל הוא V :

$$U = qV$$

פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב:

$$V = \frac{kq}{r}$$

r - המרחק מהמטען.

יחידות הסטנדרטיות של הפוטנציאל הן וולט $[V]$. אחד וולט הוא גאול חלקי קולון.

סופרפוזיציה: על מנת לחשב את הפוטנציאל בנקודה במרחב ניתן לחבר את הפוטנציאל שיוצר כל מטען באותה נקודה. החיבור הוא סקלרי ויותר פשוט מחיבור שדות.

מתח: הפרש פוטנציאלים, מסומן ב ΔV אבל לפעמים מסומן גם ב V לבד כמו הפוטנציאל, כי פוטנציאל בנקודה הוא גם מתח (הפרש פוטנציאלים) מהאפס.

יחידת האלקטרון וולט $[eV]$: יחידת של עבודה/אנרגיה. נוטה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל

5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$

הפרש הפוטנציאלים (או המתח) בשדה אחיד:

$$\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta \vec{x} = -|\vec{E}| |\Delta \vec{x}| \cos \alpha$$

פוטנציאל של לוח אינסופי (כאשר בוחרים פוטנציאל אפס על הלוח):

$$U(x) = -2\pi k \sigma x$$

σ - צפיפות המטען המשטחית על הלוח.

x - המרחק מהלוח.

פוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה (לא בהכרח אפס)

הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:

$$Q - \text{סך המטען של הכדור}$$

$$R - \text{רדיוס הכדור}$$

$$V(r) = \begin{cases} \frac{kQ}{R}, & r \leq R \\ \frac{kQ}{r}, & r \geq R \end{cases}$$

r - המרחק ממרכז הכדור

שימו לב שהפוטנציאל בתוך הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).

הפוטנציאל של כדח"א: כדח"א הוא כדור מוליך מאוד גדול, $R = \infty$ ולכן הפוטנציאל אפס.

חיבור של שני מוליכים בחוט מוליך: מאלץ את הפוטנציאלים שלהם להיות שווים (מטען יזרום ממוליך אחד לשני עד השוואת הפוטנציאלים)

הארקה: חיבור מוליך לכדח"א, מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדח"א).

חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):

דרך 1: נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד אחרי השני. עבור המטען הראשון, העבודה היא אפס (כי אין אף מטען אחד במרחב שיוצר פוטנציאל). עבור המטען השני, העבודה לקרב אותו למטען הראשון*. עבור המטען השלישי העבודה לקרב לשני המטענים**, וכן הלאה.

במקרה של שלושה מטענים החישוב הוא:

$$W = 0 + q_2 \frac{kq_1}{r_{12}} + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$$

דרך 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:

$$W = \frac{kq_1 q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1 q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2 q_3}{r_{23}}$$