

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

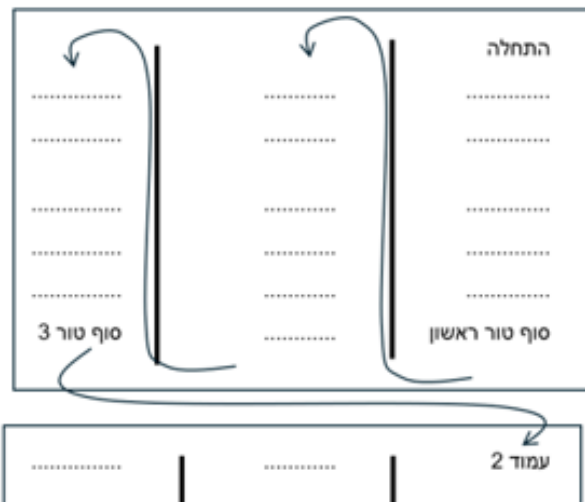
עריכה:

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_0/2g = t_שיא גובה ; y_0 + v_0^2/2g = y_שיא גובה

תנועה במישור - בליסטית

וקטור המיקום: r = x i + y j = (x, y)

העתק: Δr = Δx i + Δy j = (Δx, Δy)

מהירות ממוצעת או קבועה: v_avg = Δr/Δt

זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נורק במהירות התחלתית v_0 בזווית θ (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(θ) t ; v_x(t) = v_0 cos(θ)

y(t) = y_0 + v_0 sin(θ) t + 1/2 a_y t^2

v_y(t) = v_0 sin(θ) + a_y t

אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה אז a_y = -g

יתכן 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_שיא גובה = v_0 sin(θ) / g

y_שיא גובה = y_0 + (v_0 sin(θ))^2 / 2g

טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): R = v_0^2 sin(2θ) / g

טווח מקסימלי בזווית 45 מעלות

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

תנועה יחסית

נוסחה למיקום היחסי: x_{1,2} = x_1 - x_2

הם המיקומים של גוף 1 ו-2 ביחס למעבדה/קרקע.

x_{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 הפועלים.

ערך מקסימאלי: f_s,max = μ_s N או f_s ≤ μ_s N

חיכוך קינטי:

פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).

גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים)

בינוגרף לטסטט ושווה ל: f_k = μ_k N

המישור המשופע:



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) = ∫ v(t) dt

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

a(t) = dv/dt ; v(t) = ∫ a(t) dt

כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.

נגזרות של סינוס וקוסינוס:

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

וקטורים

פירוק לרכיבים:

A_y = |A| sin θ

A_x = |A| cos θ

למצא גודל וזווית:

|A| = √(A_x^2 + A_y^2) ; tan θ = 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 = αA = (αA_x, αA_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 α

תוצאת המכפלה היא תמיד סקלר (ולא וקטור)

מכפלה סקלרית של וקטורים מאונכים מתאפסת.

נוסחה למציאת זווית בין וקטורים:

cos α = (A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z) / (|A| |B|)

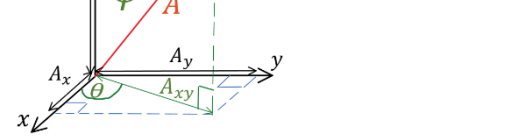
וקטור יחידה:

וקטור בשלושה מימדים:

0 ≤ φ ≤ π

0 ≤ θ ≤ 2π

tan θ = A_y / A_x



√(A_x^2 + A_y^2 + A_z^2) ; cos φ = A_z / |A| = A_z / √(A_x^2 + A_y^2 + A_z^2)

פירוק לרכיבים: A_xy = |A| sin φ ; A_z = |A| cos φ

A_x = |A| sin φ cos θ ; A_y = |A| sin φ sin θ

מכפלה וקטורית:

דרך 1 לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

A × B = | i j k |

| A_x A_y A_z |

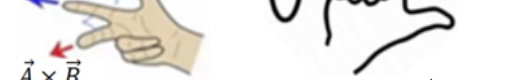
| B_x B_y B_z |

דרך 2 לפי גודל וכיוון בנפרד:

|A × B| = |A| |B| sin α

גודל המכפלה הוא:

וכיוון לפי כלל יד ימין:



שימו לב שאתם עם יד ימין!!

בתמונה השמאלית, קודם לעשות אקדח ואחר"כ לפתוח את האמה!

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמוך

sin α = a/c

יתר

ניצב ליד

cos α = b/c

יתר

ניצב שמוך

tan α = a/b

ליד ניצב

1/ניצב ליד = tan α

1/ניצב שמוך = cot α

a^2 + b^2 = c^2

sin(90° - α) = cos α ; cos(90° - α) = sin α	90° - α
tan(90° - α) = cot α ; cot(90° - α) = tan α	
sin(90° + α) = cos α ; cos(90° + α) = -sin α	90° + α
tan(90° + α) = -cot α ; cot(90° + α) = -tan α	
sin(180° - α) = sin α ; cos(180° - α) = -cos α	180°
tan(180° - α) = -tan α ; cot(180° - α) = -cot α	-α
sin(-α) = -sin α ; cos(-α) = cos α	-α
tan(-α) = -tan α ; cot(-α) = -cot α	
sin 2α = 2 sin α cos α	
cos 2α = cos^2 α - sin^2 α = 1 - 2 sin^2 α = 2 cos^2 α - 1	2α
sin(α ± β) = sin α cos β ± sin β cos α	α ± β
cos(α ± β) = cos α cos β ∓ sin α sin β	

משוואת הקו הישר

y = mx + n

משוואת הקו הישר: m = Δy/Δx = tan α כאשר α 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

א חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה: x_קודקוד = -b/2a

נוסחת השורשים: x_{1,2} = (-b ± √(b^2 - 4ac)) / 2a

מבוא פיזיקלי

חוקי חזקות: (ab)^c = a^c b^c ; a^b a^c = a^{b+c}

מעברים בין יחידות: קילו (k) זה 1000 ; ליטר = 1000cm^3 ; שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1km = 1000m ; 1kg = 1000gr ; מילי (m) זה 1/1000 ; 1mm = 1/1000 m ; ומיליגרם 1mg = 1/1000 gr

צפיפות: 1liter = 1000cm^3 ; סוב: 1km^3 = 1000liter ; שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: 1lightyear = 9.4608 · 10^15 m

צפיפות נפחית: ρ = M/V ; צפיפות משטחית: σ = M/S

צפיפות אורכית: λ = M/l

תנועה בקו ישר

העתק- השינוי במיקום הגוף: Δx = x_2 - x_1

דבר- אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S

מהירות ממוצעת או קבועה: v = Δx/Δt = (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 = Δv/Δt = (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 (בדרי"כ רגע תחילת התנועה)

מיקום כתלות בזמן בתנועה בתאוצה קבועה:

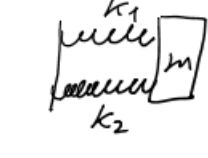
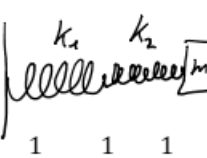
כאשר x_0 ו v_0 הן המיקום והמהירות בזמן t_0 (בדרי"כ רגע התחלת התנועה)

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון:
- בגלל שהשוויון קטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר
בנפרד. כלומר: $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_x = ma_x$
- בעזרת עזם מספר גופים נעשה תרגילים כוחות וחוק של
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
 $k_{eff} = k_1 + k_2$	 $\frac{1}{k_{eff}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$

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
הכוח הריבועי ההפוך.
- G הוא קבוע הנקרא **קבוע הכבידה העולמי** (או קבוע
הגרביטציה העולמי או קבוע ניוטון), ערכו נמדד בניסויים
והוא: $G = 6.67384 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{s^2 kg} = 6.67384 \cdot 10^{-8} \frac{cm^3}{s^2 gr}$

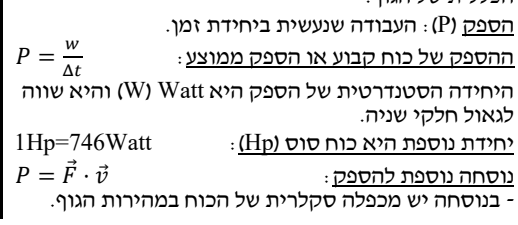
עבודה ואנרגיה

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)
**האנרגיה הכוללת היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך
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: $W_{NC} = \Delta E$ או $E_i + W_{NC} = E_f$ או E_i ו- E_f הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.
 **W_{NC} היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים
בהתחלה 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.
חום (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): $1Hp = 746Watt$
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:**
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
חבר (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 (נכון 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:
(ביחידות של רדיאן לשניה בריבוע).
הקשר בין התאוצה הזוויתית 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:
 $\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2$
**בהתנגשות 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
רצו: 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 הפועל לגוף במנוחה. כלומר הגוף הפועל ייעצר והגוף
שהיה במנוחה ינוע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו
הגוף הראשון.

תנועה מחזורית

תנועה מחזורית: היא תנועה המורכבת מקטע תנועה
מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע.
הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים T קבוע
עבורו מתקיים $\vec{x}(t) = \vec{x}(t + T)$ לכל $\vec{x}(t)$ כאשר T
הוא זמן המחזור. שימו לב, כל תנועה הרמונית היא תנועה
מחזורית אבל לא כל תנועה מחזורית היא הרמונית.
בתנועה הרמונית יש תנאים נוספים שהוכחו ביחס ישר
למיקום.

תנועה הרמונית

תנועה הרמונית

המיקום כתלות בזמן בתנועה הרמונית:

$x(t) = A \cos(\omega t + \phi)$
- הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.
- נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות
שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקסי'
 A - אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משווי משקל.
 ω - תדירות זוויתית. ϕ - פאזה.

המהירות בתנועה הרמונית: $v(t) = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$
התאוצה בתנועה הרמונית: $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$
קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות זמן

המחזור:
 $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

עבור מסה המחוברת לקפיץ:
 $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו- m היא מסת הגוף.

הפאזה:
 $\phi = \omega \cdot t_0$

כאשר t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה
החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)

בדר"כ נמצא את ϕ מתנאי התחלה:

$x(t = 0) = A \sin \phi$; $v(t = 0) = -\omega A \sin \phi$
מהירות ותאוצה מקסימליות:

$v_{max} = \pm \omega A$; $a_{max} = \pm \omega^2 A$
תוספת של כוח קבוע למערכת: משנה רק את נקודת שיווי
המשקל (ולא את התדירות). במקרה כזה נקודת שיווי
המשקל לא תהיה הנקודה שבה הקפיץ רפוי וצריך להבחין
ביניהם. מקרה נפוץ הוא של **קפיץ אנכי**. בקפיץ אנכי כוח
הכובד הוא כוח קבוע, הוא לא משפיע על התנועה למעט
שינוי נקודת שיווי המשקל. אפשר לחשוב שכוח הכובד
גורם למתיחה התחלתית של הקפיץ עד לנקודה שבה כוח
הקפיץ שווה לכוח הכובד (נקי ש.מ. חדשה) משם התנועה
תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את $x=0$ בנקודת ש.מ ולהתעלם
מהכובד.
האנרגיה בתנועה הרמונית:

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$$

כבידה

החוק השלישי של קפלר:
 $\left(\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$
 $\bar{r}$ - רדיוס הקפה ממוצע של כל גרם שמיים.
 T - זמן המחזור של כל גרם שמיים.

גודל כוח הכבידה בין שני גופים:
 $F = G \frac{m_1m_2}{r^2}$
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ - קבוע הכבידה האוניברסלי.

m - מסות הגופים. r - המרחק בין מרכזי הגופים.
אנרגיה פוטנציאלית כובדית:

$$U_G = -\frac{GMm}{r} \quad (U_{G(r \rightarrow \infty)} = 0)$$

M - מסת הגוף המשפיע. m - מסת הגוף המושפע.

r - מרחק בין הגופים.
אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי:

$$E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$$

קינטית: $E = -\frac{GMm}{2r}$ כוללת:

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 נייטרונים ב- n ואלקטרונים ב- e
מסת הפרוטון והנייטרון: $m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}kg$
מסת האלקטרון: $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}kg$
- מסת האלקטרון קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה
ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים
קובעים את מסת האטום.

מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}C$

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

הנייטרון 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

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

חוק קולון:

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 המצויים בריק, כאשר
המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מיס או שמן) הכוח
משתנה.

השדה החשמלי

GOOL

כח 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.

GOOL

חוק גאוס ברמה איכותית

קבוע דיאלקטרי של הריק: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
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:
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)
השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ

השדה של תיל אינסופי: $E = \frac{2k\lambda}{r}$
 λ - 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)

GOOL

חוק גאוס

צפיפות מטען נפחית ρ , משטחית σ , אורכית λ , אחידה:
 $\rho = \frac{Q}{V}, \sigma = \frac{Q}{S}, \lambda = \frac{Q}{L}$
 Q - סך המטען שבגוף. V - נפח הגוף. S - שטח. L - אורך.
קבוע דיאלקטרי של הריק: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם k או עם ϵ_0 .
השטף דרך משטח בשדה אחיד: $\phi_E = E_{\perp} \cdot S$
רכיב השדה שמאונך למשטח. s הוא שטח המשטח.
אם השדה לא אחיד על המשטח ניתן לחלק את המשטח לחתיכות שבהן השדה אחיד ולסכום את השטף דרך כל חתיכה.

חוק גאוס: $\phi_E = 4\pi k Q_{in}$
 ϕ_E - שטף דרך משטח סגור.
 Q_{in} - סך המטען הכלוא בנפח שסוגר המשטח.
השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:
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.
שדה של כדור מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות אחידה: בכיוון רדיאלי

Q הוא סך המטען של הכדור $E = \begin{cases} \frac{kQr}{R^3}, & r < R \\ \frac{kQ}{r^2}, & r > R \end{cases}$
 r הוא המרחק ממרכז הכדור
הקשר בין סך המטען לצפיפות (אחידה) בכדור מלא:
 $Q = \frac{4\pi R^3}{3} \rho$
שדה של תיל אינסופי (אחיד): $E(r) = \frac{2k\lambda}{r}$
 r - מרחק מהתיל. λ - צפיפות מטען ליחידת אורך של התיל
כיוון השדה רדיאלי (במאונך לתיל וכלפי חוץ/פנים עבור מטען חיובי/שלילי).
שדה של קליפה גלילית מתאפס בתוך הקליפה וכמו של תיל מחוץ לקליפה.
שדה של גליל מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות נפחית אחידה ρ : (בכיוון רדיאלי)

$E = \begin{cases} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{kpr}{r^3}, & r < R \\ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{kQ}{r^2}, & r > R \end{cases}$
השדה של מישור אינסופי:
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)
השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא $4\pi k\sigma$ בין המישורים ואפס מחוץ

תנועה בשדה חשמלי אחיד
אם השדה אחיד אז יש תנועה בתאוצה קבועה. כמו תנועה בליסטית. גודל התאוצה הוא:
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(במצב סטטי).
הפוטנציאל במוליך אחיד (קבוע).
הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.

חומרים דיאלקטריים
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.
השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל סימטריה):
 $\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$
השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען בתוך החומר. $\vec{E}_0$ - שדה שנוצר מהמטען חיצוני (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: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

מתח פוטנציאלי ואנרגיה של הכוח החשמלי
הכוח החשמלי הוא כוח משמר ולכן האנרגיה של מטען הנע בהשפעת הכוח החשמלי נשמרת.
משוואת שימור אנרגיה: $\frac{1}{2}mv_i^2 + U_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + U_f$
 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):
 $U = \frac{kq_1q_2}{r}$
שימו לב להציב גם את סימני המטענים בנוסחה! העבודה שמבצע הכוח החשמלי שווה למינוס השינוי באנרגיה הפוטנציאלית של המערכת (או המטען שנע):
 $W_{חשמלי} = -\Delta U$

העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ולא מינוס):
 $\Delta U = -W_{חשמלי}$ - 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.

היחידות 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. נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל 5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$
הפרש פוטנציאלים (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.
הפוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה (לא בהכרח אפס)
הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:
 $Q -$ סך המטען של הכדור
 $R -$ רדיוס הכדור
 $r -$ המרחק ממרכז הכדור
שימו לב שהפוטנציאל בתוך הכדור אינו תלוי במרחק (קבוע).
הפוטנציאל של כדור "א": כדור "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 לכדור "א", מאלץ את הפוטנציאל של המוליך להיות אפס (כמו כדור "א").
חישוב אנרגיה פוטנציאלית של מערכת שלמה (העבודה הדרושה לבניית המערכת):
דרג 1: נסכום את העבודות להביא את המטענים אחד אחר 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:
 $W = 0 + q_2 \frac{kq_1}{r_{12}} + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$
דרג 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:
 $W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$

זרם מתח והתנגדות
הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן
חישוב זרם קבוע או ממוצע:
 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$
הוא סקלר אבל כיוון הזרם נקבע לפי כיוון תנועת המטענים החיוביים.

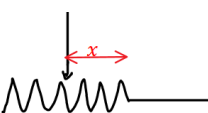
היחידות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $IA = I \cdot A$
בגרף של $I(t)$ סך המטען שעבר הוא השטח מתחת לגרף.
בגרף של $q(t)$ שיפוע הגרף שווה לזרם. אם הגרף לינארי ניתן לרשום:
 $q(t) = I \cdot \Delta t + q_0$
מהירות סחיפה:
 $I = n_e A q_e v_d$
 n_e - מספר האלקטרונים ליחידת נפח.
 A - שטח חתך של המוליך. q_e - מטען האלקטרון.
 v_d - מהירות הסחיפה (מהירות ממוצעת של האלק' במוליך)

מהירות האות החשמלי היא המהירות שבה ההשפעה של שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה, המהירות שבה תידלק נורה כתוצאה מהדלקה של מתג). 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 אהמ:
 $V = IR$
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)
 r - התנגדות ליחידת אורך (בדרך קבוע) ביחידות של אוהם למטר.
כא"מ ומתח הדקים בסוללה לא אידיאלית: $\epsilon = V + Ir$
 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)

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:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ולא מינוס):
 $\Delta U = -W_{חשמלי}$ - 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.



כוח על תיל נושא זרם ובין שני תילים

גודל הכוח הפועל על **תיל ישר בשדה אחיד** באורך L הנושא זרם I הוא:

$$F = BIL \sin \alpha$$

α - היא הזווית בין השדה לכיוון הזרם.
את כיוון הכוח יש למצוא לפי כלל יד ימין כמו בחוק לורנץ על מטען בודד כאשר כיוון הזרם (או כיוון ה- dl) מחליף את המהירות.

$$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

d - המרחק בין התילים.
- כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון ודחייה אם בכיוונים הפוכים

חוק פארדיי והשראות

$$\varepsilon = BLv \sin \alpha$$

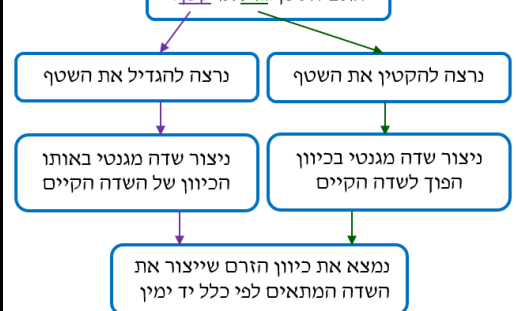
כאשר v היא מהירות המוט, L האורך שלו ו- α היא הזווית בין המהירות לשדה.
כיוון הכא"מ הוא בכיוון של הכוח המגנטי הפועל על מטען חיובי בתוך המוט.

$$\varepsilon = - \frac{d\phi_B}{dt}$$

$$\phi_B = \Sigma B_{\perp} \cdot \Delta S = B_{\perp} \cdot S$$

השוויון השני נכון אם $B_{\perp}$ אחיד בכל השטח.
הכאמ מתנהג כמו מקור מתח במעגל.
בד"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.

האם השטף גדל או קטן?



הספק של כוח הפועל על גוף בתנועה: $P = F \cdot v \cdot \cos \alpha$
כאשר v היא מהירות הגוף ו- α הזווית בין הכוח למהירות

גלים והתאבכות גלים

$$v = \lambda f$$

מהירות גל מחזורי:
 λ - אורך הגל. f - תדירות הגל.

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

חוק השבירה:
 θ - הזווית בין הקרן הפוגעת/מוחזרת לאנך למשטח.

n - מקדם השבירה של כל תווך.
 v - מהירות הגל בכל תווך.

$$\ell = n \frac{\lambda}{2}$$

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים:
 ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקסי/מיני) קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר)

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$$

שווי-מופע:
 θ_n - זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .

L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n

n - סדר קו המקסימום. λ - אורך הגל.

d - המרחק בין החריצים.

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע:

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d}$$

θ_n - זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .

L_n - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .

λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.

$$\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$$

נוסחת יאנג:
 ΔX - רוחב פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.

λ - אורך הגל. d - המרחק בין החריצים.

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה:

$$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$$

θ_n - הזווית למקסימום מסדר n .

d - המרחק בין שני חריצים צמודים. N - קבוע הסריג.

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$$

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:
 θ_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.

$$\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)}$$

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:

כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 - סף השמע של אדם.

- ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים

$$\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha-\beta}{10}\right)}$$

שונים α ו- β :

$$E = I \cdot S \cdot t$$

האנרגיה של גל קול:
 E - האנרגיה הכוללת של גל הקול. I - העוצמה בדציבל.

S - שטח החתך בו הגל פוגע.

t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

מבוא לאופטיקה

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

חוק סנל:
כאשר n הם מקדמי השבירה של התווך ו- θ הן הזוויות בין הקרן שפוגעת/מוחזרת לבין האנך למשטח.

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

נוסחת העדשות:
 u - מרחק העצם מהעדשה. v - מרחק הדמות מהעדשה.

$$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|v|}{|u|}$$

הגדלה קווית:
 H_i - גובה הדמות. H_o - גובה העצם.

$$C = \frac{1}{f}$$

עוצמת העדשה:

האטום - התפתחות היסטורית ומודל בוהר

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi} ; E_{ph} = |E_f - E_i|$$

תנחות בוהר:
 m_e - מסת האלק'. v_n - מהירות האלק' ברדיוס מסדר n .

$$r_n = 1, 2, 3 \dots n$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$E_{ph} - \text{אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.}$$

$$E_i \text{ ו- } E_f \text{ הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.}$$

$$E_n = - \frac{R^*}{n^2} \quad (U_{\infty} = 0)$$

$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$$

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

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

$$\epsilon_0 - \text{קבוע הפרמטיביות של הריק.}$$

$$R^* - \text{קבוע רידברג:}$$

$$r_n = r_1 n^2 ; r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$$

$$r_1 - \text{רדיוס הבסיס של האלק'}$$

האפקט הפוטואלקטרי

$$E_{ph} = hf$$

אנרגיה של פוטון:
 $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ הוא קבוע פלאנק. f - תדירות הפוטון.

- ניתן לקבל את האנרגיה באלקטרון וולט על ידי הצבה של אורך הגל λ באנגסטרומ ($\text{\AA}$) או בננומטר (nm):

$$E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$$

$$E_{ph} = E_k + B$$

אפקט פוטואלקטרי:
 E_k - האנרגיה הקינטית של אלק' הנפלט מהמתכת.

B - פונקציית העבודה של המתכת.

דעיכה של מקור רדיואקטיבי:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ או } \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

N - מספר גרעיני האב בזמן t .

N_0 - מספר גרעיני האב בזמן $t = 0$.

$\frac{dN}{dt}$ - קצב ההתפרקות של החומר הרדיואקטיבי.

λ - קבוע דעיכה

פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי:

$$R = \lambda N$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

זמן מחצית החיים: