

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.

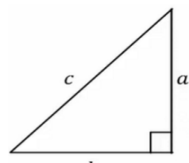
בסוף הטור הראשון עוברים לטור השני באותו עמוד (ולא לעמוד הבא). בסוף הטור האחרון עוברים לטור הראשון (הימני) בעמוד הבא.

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.

פונקציות טריגונומטריות



ניצב שמואל

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

יתר

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

ניצב שמואל

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$

ליד ניצב

$$\frac{1}{\tan \alpha} = \frac{b}{a} = \cot \alpha$$

$$a^2 + b^2 = c^2$$

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

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: $y = mx + n$

משוואת הקו הישר: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$ כאשר α היא הזווית של הישר עם ציר ה-x.

מרחק בין שתי נקודות: $d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$

הפרבולה

משוואת הפרבולה: $y = ax^2 + bx + c$

חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה: $x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$

נוסחת השורשים: $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

מבוא פיזיקלי

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

$(a^b)^c = a^{bc}$; $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$

מעברים בין יחידות:

קילו (k) זה 1000: $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$; $1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr}$

מילי (m) זה $\frac{1}{1000}$ לדוגמה: $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$

ומיליגרם $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ gr}$

ליטר: $1 \text{ liter} = 1000 \text{ cm}^3$

קוב: $1 \text{ קוב} = 1000 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liter}$

שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה: $1 \text{ lightyear} = 9.4608 \cdot 10^{15} \text{ m}$

צפיפות:

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

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: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$

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 (בדרי"כ 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 (בדרי"כ רגע התחלת התנועה)

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.

וקטורים

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 הווקטור 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:

$\hat{A} = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|}$

פיליה חופשית חזיקה אנכית

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 $v_0 = 0$

בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:

1. כיוון הציר החיובי יהיה כלפי מטה ואז $a = g$ (במשוואות הני"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: $y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$; $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$

תנועה במישור - בליסטית

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: $\vec{v}_{\text{avg}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$

זריקה משופעת (ואופקית): הגוף נזרק 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:

$x(t) = x_0 + v_0 \cos(\theta) t$; $v_x(t) = v_0 \cos(\theta)$

$y(t) = y_0 + v_0 \sin(\theta) t + \frac{1}{2} a_y t^2$

$v_y(t) = v_0 \sin(\theta) + a_y t$

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

יתכן תאוצה גם בציר X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

שיא גובה ($v_y(t) = 0$): $(v_y(t) = 0)$

$t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

$(v_y(t) = 0)$

שיא גובה ($v_y(t) = 0$): $(v_y(t) = 0)$

$t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

$(v_y(t) = 0)$

שיא גובה ($v_y(t) = 0$): $(v_y(t) = 0)$

$t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

$(v_y(t) = 0)$

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- $y(t)$.

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 מקסימלי: $f_{s, \text{max}} = \mu_s N$ או $f_s \leq \mu_s N$

חיכוך קינטי:

פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע).

גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים בניגוד לסטטי) ושווה ל:

המישור המשופע:

בעצית 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 בנפרד. אחי"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

$k_{\text{eff}} = k_1 + k_2$

חיבור בטור

$\frac{1}{k_{\text{eff}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$

כבידה

החוק השלישי של קפלר: $\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

$\vec{r}$ - רדיוס הקפה ממוצע של כל גרם שמיים.

T - זמן המחזור של כל גרם שמיים.

גודל כוח הכבידה בין שני גופים: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

$G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ - קבוע הכבידה האוניברסלי.

m - מסות הגופים. r - המרחק בין מרכזי הגופים.

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 באנרגיה קינטית: $W_{\Sigma F} = \Delta E_k$

האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: $U_g = mgh$

h היא 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)

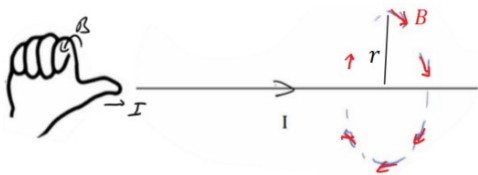
האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות

תנועה בשדה חשמלי אחיד	GOOL
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	GOOL
- 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.	
מתח פוטנציאל אנרגיה 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):	$W_{\text{חשמלי}} = -\Delta U$
העבודה הדרושה להזיז מטען היא עבודה שאנחנו מבצעים כנגד הכוח החשמלי ולכן היא מינוס העבודה של הכוח החשמלי ושווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית (ללא מינוס):	$\Delta U = -W_{\text{חשמלי}}$ (לחזית מטען)
פוטנציאל הוא אנרגיה ליחידת מטען. הפוטנציאל היא פונקציה מתמטית שאומרת לנו מה תהיה האנרגיה הפוטנציאלית בנקודה הנמצא בנקודה בה הפוטנציאל הוא V :	$U = qV$
פונקציית הפוטנציאל שיוצר מטען נקודתי במרחב:	$V = \frac{kq}{r}$ - 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. נוחה לעבודה, לדוגמה: האנרגיה של אלקטרון בפוטנציאל 5 וולט היא פשוט 5 אלקטרון וולט. $1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}$	
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.	
הפוטנציאל במוליכים קבוע (אחיד) ושווה לערך על השפה (לא בהכרח אפס)	
הפוטנציאל של כדור מוליך בכל המרחב:	$V(r) = \begin{cases} \frac{kQ}{R}, & r \leq R \\ \frac{kQ}{r}, & r \geq R \end{cases}$
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):	
- 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:	$W = 0 + q_2 \left(\frac{kq_1}{r_{12}} \right) + q_3 \left(\frac{kq_1}{r_{13}} + \frac{kq_2}{r_{23}} \right)$
- דרך 2: נסכום את האנרגיה של כל זוג מטענים במערכת. במקרה של שלושה מטענים:	

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 לשנייה 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	GOOL
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	
מסת הפרוטון והנייטרון:	$m_n \approx m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}\text{kg}$
מסת האלקטרון:	$m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}\text{kg}$
מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים קובעים את מסת האטום.	
מטען האלקטרון:	$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$
מטען הפרוטון זהה והפוך בסימנו:	$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{C}$
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	GOOL
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	GOOL
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	GOOL
הקבוע הדיאלקטרי של הריק:	$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot \frac{\text{C}^2}{\text{N}\cdot\text{m}^2}$
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 ולכפי המישור עבור מטען שלילי)	
השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפיכה	$E = 0$
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)	

$E = E_K + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$	
*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 $W_{NC} = \Delta E$	
E_f ו- E_i 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.	
חום (Q): האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי.	
- כמוות 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.	
מתקף ותנע	GOOL
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	
רצף: 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 (סתם 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 להלוטין .	
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 ינע לאחר ההתנגשות במהירות שבו פגע בו הגוף הראשון.	
תנועה מעגלית	GOOL
תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.	
מיקום הגוף:	$x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
הזווית (אורך הקשת שמול הזווית):	$S = R \cdot \theta$
- יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים	
המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.	
מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:	
(ביחידות של רדיאן לשנייה)	$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
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 ה- 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 קבועה (תנועה לא קצובה) אז ישנה גם תאוצה משיקית. התאוצה המשיקית שווה לשינוי גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).	

כיוון השדה לפי כלל יד ימין (או הבורג):

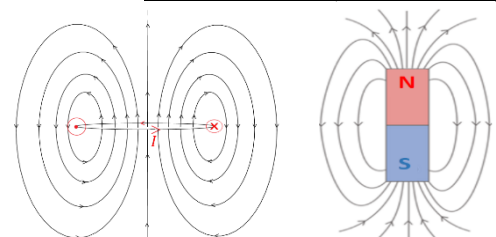


היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה).

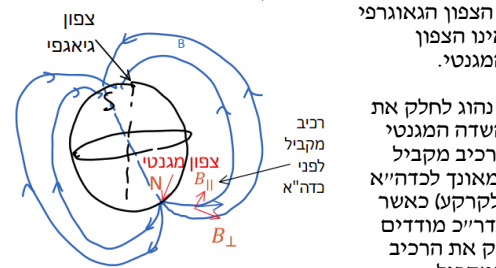
שדה במרכז של טבעת ברדיוס R: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$



קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):



השדה המגנטי של כדור הארץ:



שדה של סליל אינסופי:

בתוך הסליל השדה אחיד ושווה ל: $B = \frac{\mu_0 NI}{L}$

N - מספר הליפופים הכולל. L - אורך הסליל.
ניתן להגדיר גם מספר הליפופים ליחידת אורך של הסליל: $n = \frac{N}{L}$

כיוון, לפי כלל הבורג כאשר האצבעות בכיוון הזרם והאגודל בכיוון השדה.



מחוץ לסליל וקרוב אליו ניתן להתייחס לשדה כאפס.

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.
אם כיוון הכוח יש למצוא לפי כלל יד ימין כמו בחוק לורנץ על מטען בודד כאשר כיוון הזרם (או כיוון ה-dl) מחליף את המהירות.

כוח ליחידת אורך בין שני תילים מקבילים: $\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$

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

חוק פאראדי והשראות

כא"מ הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי: $\epsilon = BLv \sin \alpha$
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.

חוק פאראדי: $\epsilon = -\frac{d\phi_B}{dt}$
 $\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{S} = B_{\perp} \cdot S$

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

נצילות במעגל החשמלי

נצילות: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$

η - נצילות המעגל.
 P_{out} - ההספק המופק/מנוצל ברכיבים השימושיים במעגל
 P_{in} - ההספק המושקע (של הסוללה)

מכשירי מדידה

אמפרמטר(מד זרם):
נחבר את האמפרמטר בטור לרכיב בו נרצה למדוד את הזרם.

התנגדות האמפרמטר צריכה להיות מאוד קטנה ביחס לנגד. אמפרמטר אידיאלי הוא ללא התנגדות בכלל. וולטמטר(מד מתח):

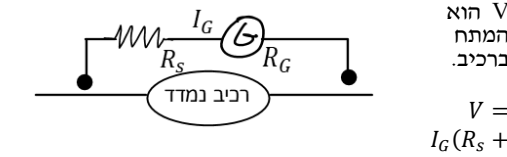
נחבר את הוולטמטר במקביל לרכיב אותו נרצה למדוד. התנגדות הוולטמטר צריכה להיות גדולה ככל הניתן (גדולה מאוד ביחס לנגד)

וולטמטר אידיאלי הוא וולטמטר עם התנגדות מאוד מאוד גדולה או התנגדות אינסופית.

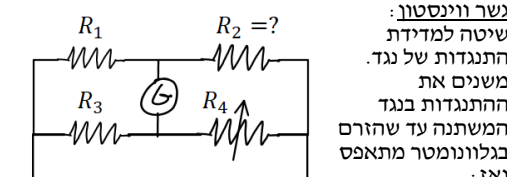
שימוש בגליונומטר כמד זרם:
נחבר במקביל לנגד (מיצד) בעל התנגדות נמוכה (בשביל להקטין את ההשפעה של ההתנגדות הגליונומטר על המעגל)

I - הזרם במעגל. I_G - הזרם בגליונומטר. R_G - התנגדות הגליונומטר. R_S - התנגדות המיצד.

שימוש בגליונומטר כמד מתח:
V הוא המתח ברכיב.



V = $I_G(R_S + R_G)$
בכל אחד מהמקרים, מגבלת המדידה היא המגבלה של הזרם המקסימלי שיכול למדוד הגליונומטר.

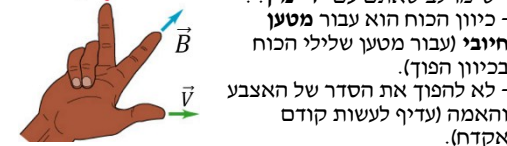


ואז: $R_2 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_3}$

הכוח המגנטי - חוק לורנץ

חוק לורנץ - הכוח המגנטי: $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$

ניתן לחשב את הכוח בשתי דרכים.
דרך דטרמיננטה (ראו מכפלה וקטורית בוקטורים).
דרך גודל וכיוון בנפרד, הגודל הוא: $F_B = qvB \sin \alpha$
כאשר α היא הזווית בין המהירות לשדה. וכיוון לפי כלל יד ימין:



שימו לב שאתם עם יד ימין!
כיוון הכוח הוא עבור מטען חיובי (עבור מטען שלילי הכוח בכיוון הפוך).
לא להפוך את הסדר של האצבע והאמה (עדיף לעשות קודם אקדח).

תנועה בשדה אחיד: מטען q בעל מסה m הנע במהירות v בשדה מגנטי אחיד (המאונך למהירות) עושה תנועה מעגלית, רדיוס המעגל הוא:

אם v לא מאונך למהירות אז התנועה תהיה בורגית כאשר המעגל יהיה מסביב לשדה, רדיוס המעגל יהיה:

$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$

$v \cos \alpha$ היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה.
עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

השדה המגנטי

סימון וקטור לתוך הדף $\otimes$ והחוצה מהדף $\odot$ (אלינו) $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

שדה של תיל אינסופי:
כאשר r הוא המרחק מהתיל. $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$ מקדם המגנטיות של הריק.

$W = \frac{kq_1q_2}{r_{12}} + \frac{kq_1q_3}{r_{13}} + \frac{kq_2q_3}{r_{23}}$

זרם מתח והתנגדות

הזרם הוא כמות המטען שעוברת ביחידת זמן

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

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

היחידות הסטנדרטיות של זרם הם אמפר $IA = IC/Isec$
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 האלקטרונים)

מהירות האות החשמלי היא המהירות שבה ההשפעה של שינוי במקום אחד במעגל מגיעה למקום אחר (לדוגמה, המהירות שבה תילק נורה כתוצאה מהדלקה של מתח). 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 החוטרים.

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

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 Δt

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

נוסחה נוספת להספק שכוננה גם להספק רגע:

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

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

חיבור נגדים במעגל

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

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. נוסיף משוואות זרמים ונקבל מערכת משוואות ממנה ניתן למצוא את הזרמים.

האטום - התפתחות היסטורית ומודל בוהר

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

m_e – מסת האלקטרון. v_n – מהירות האלקטרון במסלול מסדר n .
 r_n – הרדיוס של המסלול מסדר n .
 $n = 1, 2, 3, \dots$ מספר חיובי שלם.
 $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ הוא קבוע פלאנק.

E_{ph} – אנרגיית הפוטון שנפלט/נבלע.
 E_i ו- E_f הן אנרגיות האלקטרון לפני ואחרי ההתחלף.

רמות אנרגיה באטום מימן: $E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$

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

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

$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ – קבוע הפרמטיביות של הריק.

רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן:

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

r_1 – רדיוס הבסיס של האלקטרון.
 דעיכה של מקור רדיואקטיבי:

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ 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:



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

מבוא לאופטיקה

חוק סנל: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

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

נוסחת העדשות: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

u – מרחק העצם מהעדשה. v – מרחק הדמות מהעדשה.

f – מוקד העדשה.

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

H_i – גובה הדמות. H_o – גובה העצם.

עוצמת העדשה: $C = \frac{1}{f}$

גלים והתאבכות גלים

מהירות גל מחזורי: $v = \lambda f$

λ – אורך הגל. f – תדירות הגל.

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

θ – הזווית בין הקרן הפוגעת/מוחזרת לאנך למשטח.

n – מקדם השבירה של כל תווך.

v – מהירות הגל בכל תווך.

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: $\ell = n \frac{\lambda}{2}$

ℓ – אורך המיתר. n – מספר נקודות הקמר (מקסימום/מינימום).

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר)

שווי-מופע: $\sin \theta_n = \frac{x_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$

θ_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

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 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 .

λ – אורך הגל. d – המרחק בין החריצים.

נוסחת יאנג:

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

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.

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד:

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

θ_n – הזווית למינימום מסדר n .

X_n – מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום

המרכז. L_n – המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .

w – רוחב החריץ.

האפקט הפוטואלקטרי

אנרגיה של פוטון: $E_{ph} = hf$

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

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

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

אפקט פוטואלקטרי: $E_{ph} = E_k + B$

E_k – האנרגיה הקינטית של אלק' הנפלט מהמתכת.

B – פונקציית העבודה של המתכת.