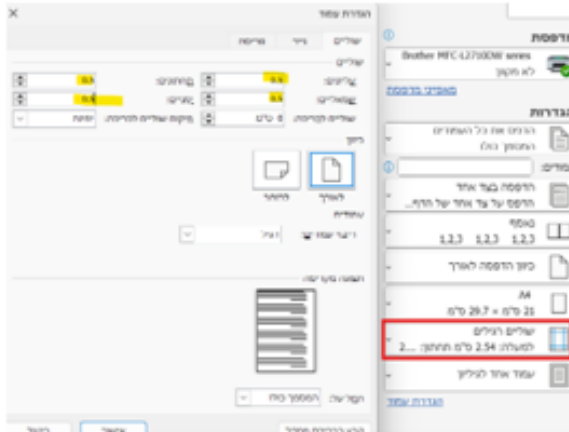


הוראות לדף הנוסחאות

הוראות הדפסה!

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

ב WORD, יש לבחור בלשונית הדפסה את חלון השולים, לבחור שולים 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 באות
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 ולאטר 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 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:

a = g

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:

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

תנועה במישור - בליסטית

r = x i + y j = (x, y)

dr = dx i + dy j = (dx, dy)

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_שיא גובה = v_0 sin(theta) / g

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

R = v_0^2 sin(2theta) / g

טווח (בהנחה שהזריקה מהקרקע): 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).

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,max = mu_s N או f_s <= mu_s N

חיכוך קינטי: פועל כאשר הגוף בתנועה (ביחס למשטח המגע). גודלו קבוע (אינו תלוי במהירות או בכוחות האחרים).

חיכוך קינטי: f_k = mu_k N

בינוגר לסטטיק 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.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

Sigma F = ma

בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר נבפרד. כלומר: Sigma F_x = ma_x ; Sigma F_y = ma_y

בבעיות עם מספר גופים נעשה תרשים כוחות וחוק שני לכל גוף בנפרד. אח"כ נסיק את הקשר בין התאוצות של הגופים.

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

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 = aA = (aA_x, aA_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

A = |A| (cos theta i + sin theta j + cos phi k)

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 די ימין:

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

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

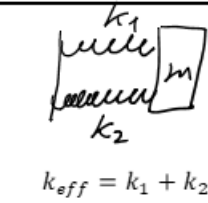
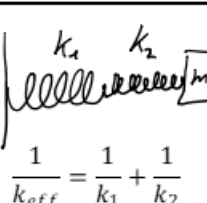
ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

ניצב שמוחל: sin alpha = a/c ; יתר: cos alpha = b/c ; ניצב ליד: tan alpha = a/b

קפיצים

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

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

GOOL

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: $W_{SF} = \Delta E_k$
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): $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
 Δx הוא קבוע הקפיץ

k הוא קבוע הקפיץ
 Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב l)
 האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

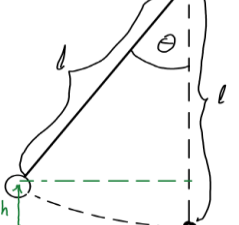
$E = E_k + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$

*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 $E_i + W_{NC} = E_f$
 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 גובה 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 החוס 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 החוס שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע: $P = \frac{W}{\Delta t}$

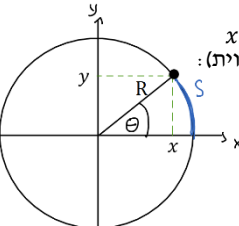
יחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאון חלקי שנייה.

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)

GOOL

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.



$x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
 $s = R \cdot \Delta \theta$
 - יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים

המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.
 מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת:

(ביחידות של רדיאן 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 X הוא 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 קבועה (תנועה לא קצובה) אז ישנה גם תאוצה משקיית. התאוצה המשקיית שווה לשינוי גודל המהירות בזמן (בדיקו 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 בריבוע).

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:

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

GOOL

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 (מצחיית) 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

תנע: 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 לחלוטין.

שאלת 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.

GOOL

כבידה

החוק השלישי של קפלר: $\left(\frac{r_1}{r_2} \right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2$
 r - רדיוס הקפה ממוצע של כל גרם שמיים.
 T - זמן המחזור של כל גרם שמיים.

$F = G \frac{m_1m_2}{r^2}$
 $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$ - קבוע הכבידה האוניברסלי.

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

$U_G = -\frac{GMm}{r}$ ($U_G(r \rightarrow \infty) = 0$)
 M - מסת הגוף המשיפע. m - מסת הגוף המושפע.

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

קינטית: $E_k = \frac{GMm}{2r}$
 כוללת: $E = -\frac{GMm}{2r}$

GOOL

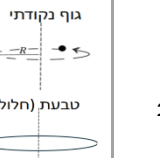
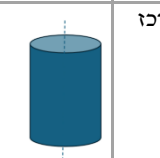
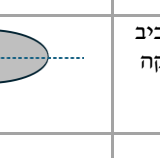
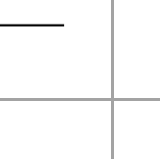
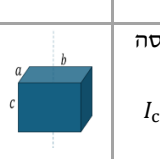
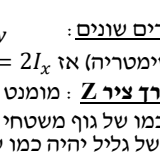
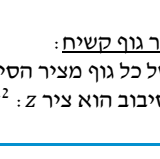
מומנט התמד

אם גוף קשיח מסתובב סביב ציר סיבוב כל הנקודות על הגוף מבצעות תנועה מעגלית באותה המהירות הזוויתית (אך לא באותה מהירות קווית)

מומנט התמד של מערכת גופים נקודתיים: $I = \Sigma m_i r_i^2$
 משפט שטיינר: $I' = I_{c.m.} + md^2$

כאשר d הוא המרחק בין הצירים ו m היא המסה הכוללת של הגוף. הערה: משפט שטיינר פועל רק לצירים מקבילים, ורק כאשר אחד הצירים עובר במרכז המסה.

אדטיביות: ניתן לסכום את המומנט התמד של כל חלק וחלק בגוף על מנת לקבל את המומנט הכולל. $I_T = I_1 + I_2$

גוף נקודתי סביב ציר כלשהו:		$I = mR^2$
טבעת וגליל חלול סביב הציר המרכזי:		$I_{c.m.} = mR^2$
דיסקה/גליל מלא במרכז מסה סביב ציר z-אנך לדיסקה		$I_{c.m.} = \frac{1}{2}mR^2$
דיסקה במרכז מסה סביב ציר x-במישור הדיסקה		$I_{c.m.} = \frac{1}{4}mR^2$
מוט במרכז המסה		$I_{c.m.} = \frac{1}{12}mL^2$
מוט בקצה		$I = \frac{1}{3}mL^2$
כדור מלא במרכז מסה		$I_{c.m.} = \frac{2}{5}mR^2$
תיבה או לוח במרכז מסה		$I_{c.m.} = \frac{m(a^2 + b^2)}{12}$

נוסחה המקשרת בין צירים שונים: $I_z = I_x + I_y$
 אם $I_x = I_y$ (בדרי"כ מסימטריה) אז $I_z = 2I_x$

מבנה הגוף **סימטרי לאורך ציר Z**: מומנט ההתמד של הגוף סביב ציר Z יהיה כמו של גוף משטחי במישור xy.

לדוגמה מומנט ההתמד של גליל יהיה כמו של דיסקה ומומנט ההתמד של קוביה יהיה כמו של מלבן שהוא בסיס הקוביה.

חישוב עם אינטגרל, עבור גוף קשיח: $I = \int r^2 dm$
 כאשר r הוא המרחק של כל גוף מציר הסיבוב (ולא מהראשית). אם ציר הסיבוב הוא ציר z: $r^2 = x^2 + y^2$

GOOL

מומנט כוח

מומנט כוח: $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$
 כאשר $\vec{r}$ הוא וקטור שיוצא מהציר עד לנקודה שבה פועל הכוח (ניתן לחשב את המכפלה באמצעות דטרמיננטה או באמצעות גודל וכיוון)

גודל המומנט: $|\vec{\tau}| = |\vec{r}||\vec{F}| \sin \alpha = |\vec{F}|r_\perp$
 כאשר $r_\perp$ הוא הרכיב של $\vec{r}$ המאונך לכוח כיוון לפי כלל יד ימין או כלל הבורג.

GOOL

תנע זוויתי (תנ"ז)

תנ"ז: $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$
 $\vec{r}$ - הוא וקטור המיקום של הגוף, $\vec{p}$ - התנע הקווי
 עבור גוף הנע בקו ישר ניתן לחשב את התנ"ז לפי:

$|\vec{L}| = mvd$
 כאשר d זה המרחק האפקטיבי.

v - המהירות.
 הקשר בין תנ"ז:

למומנט כוח: $\Sigma \vec{\tau} = \frac{d\vec{L}}{dt}$
 חוק שימור התנע הזוויתי:

אם $\Sigma \vec{\tau}_{ext} = 0$ אז התנע הזוויתי נשמר
 תנ"ז של תנועה משולבת, מערכת גופים שמסתובבים סביב מרכז מסה שנוע:

$\vec{L} = \vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.} + \vec{L}_{c.m.}$
 כאשר $\vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.}$ זה התנע הזוויתי של מרכז המסה כאילו הוא גוף נקודתי שהמסה שלו היא מסת כל המערכת

1- $\vec{L}_{c.m.}$ התנע הזוויתי ביחס למערכת מרכז המסה, כלומר סך התנע של הגופים במערכת ביחס לצופה הנע בנקודת מרכז המסה.
פרסטיה (נקיפה):
 לתנע הזוויתי יש רכיב במישור xy שמסתובב סביב ציר z . נזירת בזמן של הרכיב הזה נותנת לנו את מומנט הכוח שפועל על המערכת.

GOOL

גוף קשיח

אם גוף קשיח מסתובב סביב ציר סיבוב כל נקודות על הגוף מבצעות תנועה מעגלית באותה מהירות הזוויתית (אך לא באותה מהירות קווית)
תנע קווי של גוף קשיח:
 $\vec{p} = M\vec{v}_{c.m.}$
תנע ז'ז'ז':
 גוף הנע בקו ישר (ללא סיבוב פנימי, כלומר לכל החלקים בגוף אותה מהירות קווית):
 $\vec{L} = \vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.}$
 - תנע ז'ז'ז' גוף קשיח המסתובב סביב ציר קבוע: $\vec{L} = I\vec{\omega}$
 כאשר I מומנט ההתמד ביחס לציר
 - תנע ז'ז'ז' של תנועה משולבת (הגוף גם זז וגם מסתובב סביב מרכז המסה):
 $\vec{L} = \vec{r}_{c.m.} \times \vec{p}_{c.m.} + \vec{L}_{c.m.}$
 כאשר $\vec{L}_{c.m.}$ הוא התנע ז'ז'ז' ביחס לציר העובר במרכז המסה ושווה ל- $\vec{L}_{c.m.} = I_{c.m.}\vec{\omega}$
אנרגיה קינטית סיבובית:

- סביב ציר קבוע כלשהו: $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$
 - תנועה משולבת (גוף נע ומסתובב סביב מרכז המסה):
 $E_k = \frac{1}{2}mv_{c.m.}^2 + \frac{1}{2}I_{c.m.}\omega^2$
 - תנועה משולבת שהסיבוב אינו סביב מרכז מסה (*):
 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}I_0\omega^2 + m\vec{r}_{c.m.o} \cdot (\vec{v}_0 \times \vec{\omega})$
 כאשר I_0 מומנט ההתמד ביחס לציר, $\vec{v}_0$ היא מהירות הציר ו- $\vec{r}_{c.m.o}$ הוא מיקום מרכז המסה ביחס לציר.
 (*) השימוש בנוסחה מאוד נדיר

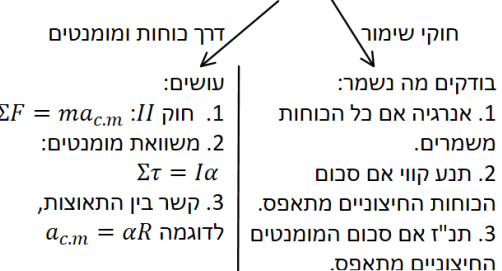
טבלת השוואה בין תנועה סיבובית לתנועה בקו ישר

תנועה סיבובית	תנועה בקו ישר
θ	x
$\omega = \dot{\theta}$	$v = \dot{x}$
$\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\theta}$	$a = \dot{v} = \ddot{x}$
I	m
L	p
τ	F

לגולל ללא החלקה: מהירות הנקודה שנוגעת במשטח מתאפסת (ביחס למשטח) $\leftarrow a_{c.m.} = aR$; $v_{c.m.} = \omega R$
 - בגלייה החיכוך הוא סטטי ולכן אין איבוד אנרגיה.
איך נגשים לשאלות?

תנועה סיבובית	תנועה בקו ישר
θ	x
$\omega = \dot{\theta}$	$v = \dot{x}$
$\alpha = \dot{\omega} = \ddot{\theta}$	$a = \dot{v} = \ddot{x}$
I	m
L	p
τ	F

לגולל ללא החלקה: מהירות הנקודה שנוגעת במשטח מתאפסת (ביחס למשטח) $\leftarrow a_{c.m.} = aR$; $v_{c.m.} = \omega R$
 - בגלייה החיכוך הוא סטטי ולכן אין איבוד אנרגיה.
איך נגשים לשאלות?



GOOL

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 שהכוח ביחס ישר למיקום.

GOOL

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 משיווי 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 (אוממה) לתדירות זמן המחזור:
 $\omega = \frac{2\pi}{T}$

עבור מסה המחוברת לקפיץ:
 כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו- m היא מסת הגוף.
הפאזה:
 כאשר t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)
בדרי"כ נמצא את A ו- ϕ מתנאי התחלה:
 $x(t=0) = A \sin \phi$; $v(t=0) = -\omega A \cos \phi$
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 (נק' ש.מ. חדשה) משם התנועה תהיה כרגיל. אפשר לקבוע את $x=0$ בנקודת ש.מ. ולהתעלם מהכובד.
האנרגיה בתנועה הרמונית:
 $E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}mv_{max}^2$

GOOL

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 האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנייטרונים קובעים את מסת האטום.
מטען האלקטרון: $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19}C$
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 חייב להיות כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

GOOL

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 בתווך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.

GOOL

השדה החשמלי

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי E: $F = qE$
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב: $E = \frac{kq}{r^2}$
 - r הוא המרחק מהמטען לנקודה בה מחשבים את השדה.
עקרון הסופרפוזיציה: השדה השקול בנקודה במרחב הוא סכום וקטורי של כל השדות שיוצרים כל המטענים באותה נקודה.
קווי שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות הקווים.

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.
קבועה 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: $\phi_E = E_{\perp} \cdot s$
 $E_{\perp}$ רכיב השדה שמאונך למעטפת. s הוא שטח המעטפת.
 - 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 קוליפה 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.

שדה של כדור מלא ברדיוס R הטעון בצפיפות אחידה: בכיוון רדיאלי
 Q הוא סך המטען של הכדור
 r הוא המרחק ממרכז הכדור
 $E = \begin{cases} \frac{kQr}{R^3}, & r < R \\ \frac{kQ}{r^2}, & r > R \end{cases}$
 - הקשר בין סך המטען לצפיפות (אחידה) בכדור מלא:
 $Q = \frac{4\pi R^3}{3} \rho$
 שדה של תיל אינסופי (אחיד):
 $E(r) = \frac{2k\lambda}{r}$
 - 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)

GOOL

כאשר σ היא צפיפות המטען
 ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).
 - כיוון השדה במאונך למישור (החוץ/המישור 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
 $E = 4\pi k\sigma$
 $E = 0$
 $E = 0$
GOOL

GOOL

מוליכים

- במוליך המטענים חופשיים לזוז.
השדה מתאפס (או ליתר דיוק הכוח) בתוך המוליך.
 - על השפה יכול להיות שדה מאונך לשפה.
 - השדה הכולל בתוך המוליך מתאפס למעט על השפה (במבצב סטטי).
 - הפוטנציאל במוליך אחיד (קבוע).
הארקה: חיבור לקרקע, מאפסת את הפוטנציאל.
תנועה חשמלית 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

GOOL

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 דיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים שדה נגדי.
השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל סימטריה):
 $\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}$
 $\vec{E}_T$ - 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: $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$
 $\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$
 $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$
 הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק

GOOL

מתח פוטנציאל 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 אנרגיה 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 (וללא מינוס):
 $\Delta U = W_{חשמלי} = -W_{מטען}$
 להזיז מטען

r_n - הרדיוס ה- n . מספר חיובי שלם $n = 1, 2, 3 \dots$

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

$E_{ph} -$ אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.

E_i ו- E_f הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.

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

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

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

GOOL

$v = \lambda f$

מהירות גל מחזורי:

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 ל**אנך** 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 (מקסי/מיני) 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 המרכזי.

L_n - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .

w - רוחב החריץ.

עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמיע:

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

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

ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים שונים α ו- β :

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

האנרגיה של גל קול:

$E = I \cdot S \cdot t$

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

S - שטח החתך בו הגל פוגע.

t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

GOOL

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:

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

GOOL

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 באנגסטרומ ($\text{\AA}$) או בננומטר (nm):

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

אפקט פוטואלקטרי:

$E_{ph} = E_k + B$

E_k - האנרגיה הקינטית של אלק' הנפלט מהמתכת.

B - פונקציית העבודה של המתכת.

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 האלק'. v_n - מהירות האלק' ברדיוס מסדר n .

קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):

השדה המגנטי של טבעת הארץ:

- הצפון הגאוגרפי אינו הצפון המגנטי.

- נהוג לחלק את השדה המגנטי לרכיב מקביל ומאונך לכדה"א (לקרקע) כאשר בדר"כ מודדים רק את הרכיב המקביל.

שדה של סליל אינסופי:

בתוך הסליל השדה אחיד ושווה ל:

$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$

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.

כוח על תיל נושא זרם ובין שני תילים GOOL

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.

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.

GOOL

חוק פארדיי 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 פארדיי:

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

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

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**?

נרצה להגדיל את השטף

נרצה להקטין את השטף

ניצור שדה מגנטי בכיוון הפוך לשדה הקיים

ניצור שדה מגנטי באותו הכיוון של השדה הקיים

נמצא את כיוון הזרם שייצור את השדה המתאים לפי כלל יד ימין

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