

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

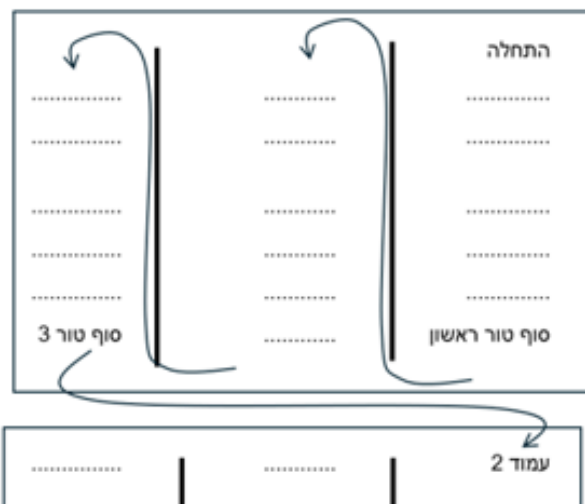
עריכה:

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 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 y_0 ; t_גובה = v_0/g ; שיא גובה

תנועה במישור - בליסטית

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

- נפריד לתנועה במהירות קבועה בציר X ותנועה בתאוצה קבועה בציר Y (זריקה אנכית). משוואות התנועה יהיו:
x(t) = x_0 + v_0 cos(theta) t ; v_x(t) = v_0 cos(theta)
y(t) = y_0 + v_0 sin(theta) t + 1/2 a_y t^2
v_y(t) = v_0 sin(theta) + a_y t
- אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או g = -a_y, תיתכן תאוצה גם בציר ה X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

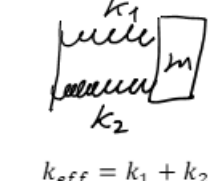
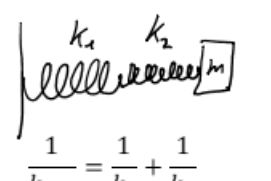
דינמיקה - חוק II של ניוטון

GOOL

חוק II של ניוטון:
 בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר
 בנפרד. 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 נוסיף את הקשר בין התאוצות של הגופים.

GOOL

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
	
עבודה ואנרגיה	GOOL

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 עכטי 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 האלסטית (האנרגיה של קפיץ):
 $U_{el} = \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
 Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
 האנרגיה הכללית היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך כל האנרגיות הפוטנציאליות:

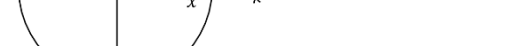
$E = E_k + U = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2$
 *בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.
משפט עבודה אנרגיה: $E_i + W_{NC} = E_f$ או $W_{NC} = \Delta E$
 E_i ו- E_f הם האנרגיות הכלליות בהתחלה ובסוף.
 W_{NC} היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.

נוסחה לשינוי גובה 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.

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:
 $W_g = -\Delta U_g$
הספק (P): העבודה שנעשית ביחידת זמן.
ההספק של כוח קבוע או הספק ממוצע:
 $P = \frac{W}{\Delta t}$
 היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.
יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp):
 $1 \text{ Hp} = 746 \text{ Watt}$
נוסחה נוספת להספק:
 $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$
 בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.
 - הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע או קבוע)

תנועה מעגלית

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.
מיקום הגוף:
 $x = R \cos \theta$; $y = R \sin \theta$
 הדבר (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 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 קבועות):
 $|\vec{v}| = \omega R$
 תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל):
 $a_r = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$
 סכום הכוחות למרכז המעגל:

$\Sigma F_r = m \left(\frac{v^2}{R} \right) = m(\omega^2 R)$
 - בתרגילים, נבחר מערכת צירים כך שכיוון ציר 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 משיקית. התאוצה המשיקית שווה לשינוי גודל המהירות בזמן (בדיוק כמו תאוצה רגילה בתנועה בקו ישר).

עבור תאוצה משיקית קבועה או ממוצעת:
 $a_\theta = \frac{dv}{dt}$
 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:
 $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$
 (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:

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

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 (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 להתנגשות אלסטית **מלאה**.
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.

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 $\vec{x}(t+T) = \vec{x}(t)$ 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 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 וזמן 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:
 כאשר t_0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש $t = 0$ (מתחילים למדוד את התנועה)
 בד"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 התחתית 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:

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

GOOL כבידה

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

$\vec{r}$ - 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.
 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:

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

$$E = -\frac{GMm}{2r}$$

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 האלקי 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 וכן אין לו מטען.

המטען החשמלי של כל גוף יהיה חיובי כפולה שלמה של מטען הפרוטון או האלקטרון.

GOOL הכוח החשמלי - חוק קולון

חוק קולון:
 $F = \frac{kq_1 q_2}{r^2}$

r - הוא המרחק בין הגופים

- קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי: $k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$

- הכוח הוא כוח דחיה אם סימן המטענים זהה ומשיכה אם הסימן הפוך.

- הנוסחה נכונה רק עבור מטענים נקודתיים או כדורים הטעונים בצורה אחידה. **מטען נקודתי** הוא גוף שהגודל שלו קטן בהרבה מ- r , המרחק שבו מחשבים את הכוח.

- הנוסחה נכונה עבור שני מטענים הנמצאים בריק, כאשר המטענים נמצאים בתוך (לדוגמה מים או שמן) הכוח משתנה.

GOOL השדה החשמלי

הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי: $F = qE$

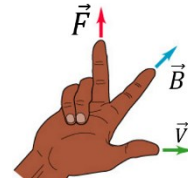
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב: $E = \frac{kq}{r^2}$

r - הוא המרחק מהמטען לנקודה בה מחשבים את השדה.

עקרון השופרפוזיציה: השדה השקול בנקודה במרחב הוא סכום וקטורי של כל השדות שיוצרים כל המטענים הנמצאים בנקודה.

קווי שדה: מתארים איכותית את השדה במרחב. כיוון השדה בנקודה משיק לקווי השדה וגודלו בהתאם לצפיפות הקווים.

- דרך דטרמיניסטה (ראו מכפלה וקטורית בוקטורים).
 $F_B = qvB \sin \alpha$ - כיוון הכוח 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:
 $R = \frac{mv}{qB}$
 אם v לא מאונך למהירות אז התנועה תהיה בורגית כאשר המעגל יהיה מסביב לשדה, רדיוס המעגל יהיה:

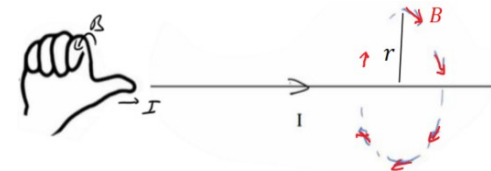
$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}$
 $v \cos \alpha$ היא מהירות ההתקדמות לאורך ציר השדה.
 עבודת הכוח המגנטי: תמיד מתאפסת (כי הוא מאונך לתנועה).

GOOL

השדה המגנטי

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

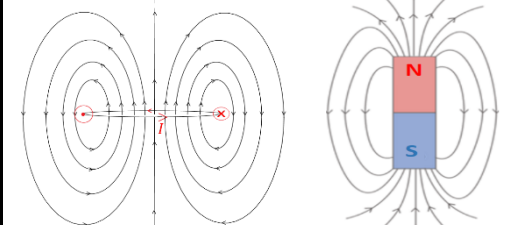
כאשר r הוא המרחק מהתיל.
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$ מקדם המגנטיות של הריק.
 כיוון השדה לפי כלל יד ימין (או הבורג):



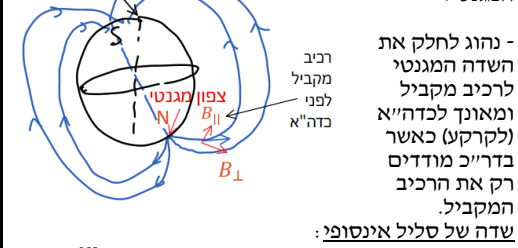
היחידות הסטנדרטיות של השדה המגנטי הן T (טסלה).
 שדה במרכז של טבעת ברדיוס R:
 $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$



קווי שדה של טבעת, דיפול מגנטי (מגנטי):



השדה המגנטי של כדור הארץ:
 הצפון הגאוגרפי אינו הצפון המגנטי.



נהוג לחלק את השדה המגנטי לרכיב מקביל לפני כדה"א (לכדה"א) ורכיב מודדים רק את הרכיב המקביל.
 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 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 התיילים.
 כוח משיכה אם הזרמים באותו כיוון ודחייה אם בכיוונים הפוכים

GOOL

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. בד"כ נמצא באמצעות החוק רק את גודל הכאמ ואת הכיוון נמצא לפי חוק לנץ.
 חוק לנץ: הזרם נוצר בניגוד לשינוי בשטף.



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

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

טמ' והתפשטות תרמית

יחידת מסה אטומית:
 $1u = 1.6605 \cdot 10^{-27} kg \sim m_p$
 מסת האטום ביחידת מסה אטומית:
 $m_a \approx A \cdot 1u$
 A - מספר המסה (מסר הפרוטונים והנייטרונים בגרעין)
 מעבר מפרנהייט לצלזיוס:
 $T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}F) - 32]$

GOOL

חוק הגז האידיאלי

לחץ:
 $P = \frac{F}{A}$
 F - כוח. A - שטח עליו פועל הכוח.
 הלחץ שמפעיל נוזל בנקודה מסוימת:
 $P = \rho_l gh$
 h - גובה הנוזל מעל אותה הנקודה. ρ_l - צפיפות הנוזל.
 הלחץ של נוזל תלוי רק בגובה הנוזל (ובסוג הנוזל) ולא בכמות הנוזל.
 לחץ אטמוספרי:
 $1 atm = 1.013 \cdot 10^5 Pa$
 לחץ שלילי (תת לחץ): הוא לחץ יחסי (נמדד ביחס ללחץ אטמוספרי) ונמדד מהלחץ האטמוספרי.
 לחץ אבסולוטי: הוא הלחץ שבמדד ביחס ללחץ אפס מוחלט (כאשר הכוח הוא אפס).

מעבר מצלזיוס לקלווין:
 $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$
 מספר אבוגדרו:
 $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$
 כמות של N_A חלקיקים (אטומים או מולקולות) נקראת מול (mol) של החומר
 מסה מולרית (המסה של מול אחד, או מספר אבוגדרו של חלקיקים):
 $M_{mol} = N_A \cdot m_a$
 m_a - מסה אטומית. N_A - מספר אבוגדרו.
 המסה המולרית שווה למסה האטומית רק בגרם במקום ביחידת מסה אטומית

הקשר למסת כל החומר:
 $m = N \cdot m_a = n \cdot M_{mol}$
 n - מספר המולים בחומר. N - מספר החלקיקים הכולל
 m - מסת כל החומר. M_{mol} - המסה המולרית.

מסה מולקולרית: לפעמים הכוונה למסה של מולקולה אחת בחומר. ולפעמים למסה של מול אחד של מולקולות בחומר (כמו המסה המולרית רק של מולקולות).
 משוואת המצב של גז האידיאלי:

$PV = nRT$ ($PV = NkT$ או $PV = NkT$)
 P - לחץ אבסולוטי. V - נפח. T - טמ' בקלווין.
 n - מספר המולים בחומר.
 N - מספר החלקיקים הכולל בגז (אטומים או מולקולות)

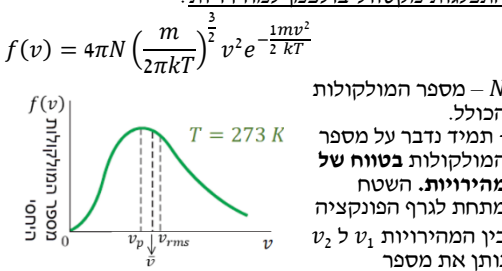
$R = 8.314 \frac{J}{mol \cdot K} = 0.0821 \frac{L \cdot atm}{mol \cdot K} = 1.99 \frac{cal}{mol \cdot K}$
 קבוע בולצמן $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$
 הנוסחה תקפה כל עוד הלחץ בסדר גודל של לחץ אטמוספרי או פחות והטמפרטורה רחוקה מהטמפרטורה בה הגז הופך לנוזל (טמפרטורת הרתיחה)
 Standard Temperature and Pressure-STP:
 $T = 0^{\circ}C = 273 K$, $P = 1 atm = 101,325 Pa$

GOOL

התיאוריה הקינטית של הגזים

האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולה בגז נמצאת
 ביחס ישר לטמפרטורה:
 $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$
 $\bar{v}^2$ - ממוצע של המהירות בריבוע. m - מסת המולקולה.
 T - טמפרטורה. קבוע בולצמן $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

מהירות rms:
 $v_{rms} = \sqrt{\bar{v}^2}$
 התפלגות מקסוול-בולצמן למהירויות:



N - מספר המולקולות הכולל.
 - תמיד נדבר על מספר המולקולות בטווח של מהירויות. השטח מתחת לגרף הפונקציה בין המהירויות v_1 ל- v_2 נותן את מספר המולקולות עם מהירויות בין v_1 ל- v_2
 - סך כל המולקולות:
 $N = \int_0^{\infty} f(v) dv$
 v_p - השכיח, המהירות הכי נפוצה.
 - עבור טמפרטורה גדולה יותר הגרף זז ימינה ומתרחב.

GOOL

חום וחוק הראשון של התרמודינמיקה
 1 cal / 1kcal היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות גרם / קילוגרם של מים במעלה אחת (צלזיוס):
 $1 cal = 4.186 J$
 $1 kcal = 4.186 kJ$ (או Cal עם C גדולה)
 אנרגיה פנימית - סך האנרגיות של כל המולקולות בחומר.

אנרגיה פנימית של גז אידיאלי מונואטומי:
 $E_{int} = \frac{3}{2} nRT$
 אנרגיה פנימית של גז אידיאלי דו-אטומי:
 $E_{int} = \frac{5}{2} nRT$
 n - מספר המולים של החומר. T - טמפרטורה.

חישוב חום:
 $Q = mc\Delta T$
 m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום הסגולי (קיבול חום של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר. ΔT - שינוי בטמ' (גדולה) קיבול החום הכולל של הגוף:
 $C = mc$

קיבול חום סגולי c בטמפרטורה 20°C ובלחץ 1atm	חומר
0.22	אלומיניום
0.58	אלכוהול (אתיל)
0.093	נחושת
0.20	זכוכית
0.11	ברזל / פלדה
0.031	עופרת
0.21	שיש
0.033	כספית
0.056	כסף
0.40	עץ
0.50	קרח (-5°C)
1.00	מים נוזליים (15°C)
0.48	קיסור (110°C)
0.83	גוף האדם (ממוצע)

חום כמס: חום שהולך לשינוי מצב הצבירה של החומר ואינו משנה את הטמפרטורה:
 $Q = m \cdot L$
 Q - החום הכמוס בחומר. m - מסת הגוף.

L - חום כמס ליחידת מסה (תלוי בחומר ונמצא בטבלה).



חומר	נק' היתוך (°C)	L_f היתוך (kJ/kg)	נק' רתיחה (°C)	L_v אידוי (kJ/kg)
חמצן	-219	14	-183	210
חנקן	-210	26	-195.8	200
אתנול	-114	104	78	850
אמוניה	-117	33	-33.4	137
מים	0	333	100	2260
עופרת	327	25	1750	870
כסף	961	88	2193	2300
ברזל	1808	289	3023	6340
טונגסטן	3410	184	5900	4800

החוק הראשון של התרמודינמיקה: $\Delta E_{int} = Q - W$
 או בצורה רחבה יותר: $\Delta U + \Delta E_k + \Delta E_{int} = Q - W$

ΔE_{int} - שינוי באנרגיה פנימית.
 Q - חום. אם חום נכנס למערכת אז Q חיובי ואם חום יוצא מהמערכת אז Q שלילי.
 W - עבודה שנעשית מכל סיבה אחרת. אם המערכת מבצעת עבודה אז W יהיה חיובי ואם מתבצעת עבודה על המערכת אז W יהיה שלילי.

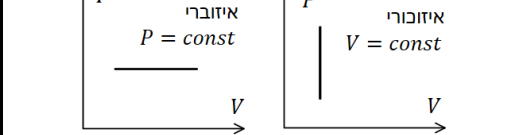
תהליך איזותרמי (טמפרטורה קבועה):
 מתרחש כאשר המערכת צמודה למאגר חום גדול והתהליך הוא קוויסטיטי (מאוד איטי)

$$T = const \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \Rightarrow Q = W$$

תהליך אדיאבטי (אין מעבר חום $Q = 0$)
 מתרחש אם המערכת מבודדת מאוד או אם התהליך מהיר ואז חום (שזורם לאט בדר"כ) לא מספיק לעבור.

$$Q = 0 \Rightarrow \Delta E_{int} = W$$

תהליך איזוברי (לחץ קבוע) ותהליך איזוכורי (נפח קבוע):



$$W = \int P dV$$

חישובי העבודה שנעשית בשינוי נפח:
 - הנוסחה נכונה לגזים, נוזלים ומוצקים.

העבודה היא גם השטח מתחת לגרף $P(V)$
 - בתהליך איזוכורי העבודה מתאפסת (כי אין שינוי נפח).
 - בתהליך איזוברי העבודה שווה $P\Delta V$ כי הלחץ קבוע (לא צריך אינטגרל).

$$P = \frac{nRT}{V}$$

גז בתהליך איזותרמי נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{nRT}{V}$

קיבול חום לגזים:
 גזים קיבול החום משתנה בהתאם לתהליך

$$Q_V = nC_V\Delta T$$

$$Q_P = nC_P\Delta T$$

n - מספר המולים של החומר.

C_P/C_V (גדולה) - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע למול

(בניגוד ל C גדולה במוצקים ונוזלים, שם קיבול כל המסה)

$$C_V = m_{mol}c_V ; C_P = m_{mol}c_P$$

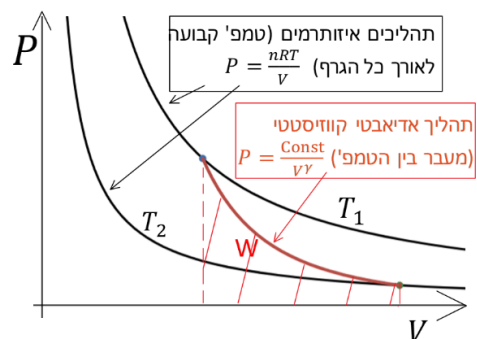
c_P/c_V - קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (ליחידת מסה)

$$M_T = nm_{mol}$$

m_{mol} - מסה מולרית

הפרש קיבולי החום תמיד קבוע: $C_P - C_V = R$

גז בתהליך אדיאבטי קוויסטיטי (מאוד איטי) נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{Const}{V^\gamma}$



התפשטות חופשית: תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה.

אי אפשר לצייר התפשטות חופשית בדיאגרמת $P-V$ מכיוון שמשני המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות (הגז עדיין לא תופס את כל הנפח של הכלי והלחץ לא אחיד)

הולכה הסעה וקרניה

הולכה - מעבר אנרגיה על ידי התנגשויות בין המולקולות

$$\frac{4Q}{dt} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l}$$

k - מוליכות תרמית - תלוי בסוג החומר
 A - שטח חתך. l - אורך

$$R = \frac{l}{k}$$

R - value:
 - תלוי גם בגודל החומר ולא רק בסוג.

- ערכים גבוהים מסמלים מבודד טוב.

הסעה - מעבר חום באמצעות תנועה של המולקולות בחומר.

קרניה: מועברת דרך גלים אלקטרומגנטיים, אינו דורש תווך.

משוואת סטפן בולצמן (קצב החום הנפלט מגוף ע"י קרינה):

$$\frac{4Q}{dt} = \epsilon \sigma A T^4$$

$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ קבוע סטפן-בולצמן

A שטח הפנים של הגוף הפולט. T - הטמפרטורה של הגוף הפולט. ϵ - קירון (אמיסיביות) $0 < \epsilon < 1$, תכונה של פני הגוף שקורן. גופים שחורים, לדוגמה פחם, $\epsilon \approx 1$

מתכות מבריקות $\epsilon \approx 0$. האמיסיביות זהה לקליטה ופליטה.

הנטו של קצב פליטת הקרינה (פליטה פחות קליטה) הוא:

$$\frac{4Q}{dt} = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

T_1 - הטמפרטורה של הגוף הפולט.

T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.

קרינת שמש:

הקבועה סולרי הוא $1350 \frac{W}{m^2 \cdot s}$. האטמוספירה יכולה לספוג עד 70% מהקרינה. ביום בהיר נעריך את הקבוע כ-1000 וכמות החום שגוף סופג מקרינת השמש:

$$\frac{4Q}{dt} = \left(1000 \frac{W}{m^2 \cdot s}\right) \epsilon A \cos \theta$$

θ - הזווית בין האנך למשטח של הגוף ובין קרני השמש.