

הוראות לדף הנוסחאות



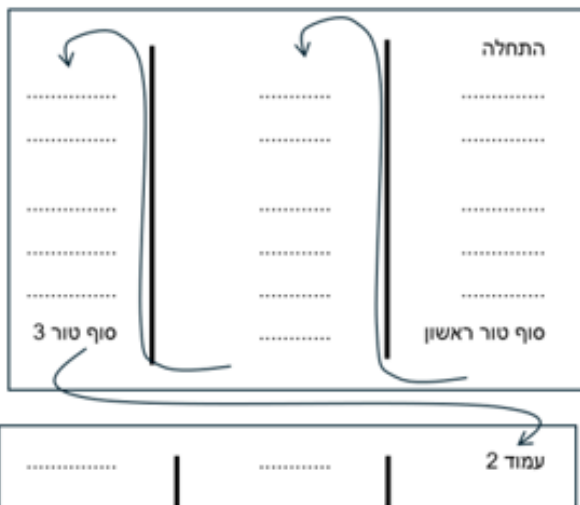
הוראות הדפסה!

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 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.

נפילה חופשית וזריקה אנכית

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

$$y(t) = y_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2$$

$$v(t) = v_0 + a(t - t_0)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(y_f - y_i)$$

- **בנפילה חופשית** הגוף מתחיל ממנוחה ולכן $v_0 = 0$ בדרי"כ נבחר לפתור באופן הבא:

$$1. \text{ כיוון הצייר החיובי יהיה כלפי מטה ואז } a = g$$

(במשוואות הנ"ל).
2. נבחר את הראשית בנקודת ההתחלה ואז $y_0 = 0$
- **זריקה 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 h :
 $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0}{g}$; $h_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{v_0^2}{2g}$

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

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

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

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

- אם נבחר כיוון חיובי בציר Y כלפי מעלה או $a_y = -g$, תיתכן תאוצה גם בציר ה-X לדוגמה במקרה של רוח אופקית ואז צריך לשנות את הנוסחאות בציר X לנוסחאות של תאוצה קבועה.

- **שיא גובה** ($v_y(t) = 0$): $t_{\text{שיא גובה}} = \frac{v_0 \sin(\theta)}{g}$

$$h_{\text{שיא גובה}} = y_0 + \frac{(v_0 \sin(\theta))^2}{2g}$$

- **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 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 **בין 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**: $f_s \leq \mu_s N$ או $f_{s,max} = \mu_s N$
חיכוך קינטי:

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

בניגוד לסטטי ושווה ל: **המישור המשופע**:
בבעיות עם מישור משופע מומלץ לבחור מערכת צירים כך שציר X מקביל למישור וציר Y מאונך.

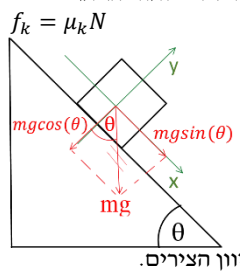
הרכיב של mg במקביל למישור יהיה $mg \sin(\theta)$ ובמאונך למישור $mg \cos(\theta)$, שימו לב לסימנים בהתאם לכיוון הצירים.

דינמיקה - חוק II של ניוטון

חוק II של ניוטון: $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$

- בגלל שהשוויון וקטורי צריך שיהיה שוויון בכל ציר
בנפרד. כלומר: $\Sigma F_y = ma_y$, $\Sigma F_x = ma_x$

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



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:

$$v(t) = \frac{dx}{dt}; \quad x(t) = \int v(t)dt$$

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

$$a(t) = \frac{dv}{dt}; \quad v(t) = \int a(t)dt$$

- 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: $A_y = |\vec{A}| \sin \theta$

$$A_x = |\vec{A}| \cos \theta$$

למצא גודל וזווית:

$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}; \quad \tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$

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**:

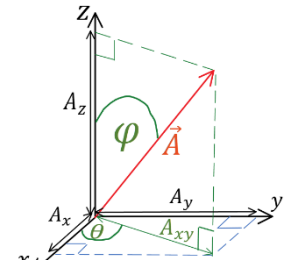
$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x \cdot B_x + A_y \cdot B_y + A_z \cdot B_z = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \alpha$$

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

וקטור בשלושה מימדים:
 $0 \leq \varphi \leq \pi$
 $0 \leq \theta \leq 2\pi$
 $\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$



$$\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}; \quad \cos \varphi = \frac{A_z}{|\vec{A}|} = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$$

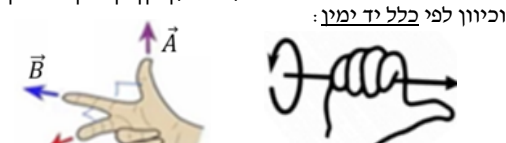
פירוק לרכיבים: $A_{xy} = |\vec{A}| \sin \varphi$; $A_z = |\vec{A}| \cos \varphi$

$$A_x = |\vec{A}| \sin \varphi \cos \theta; \quad A_y = |\vec{A}| \sin \varphi \sin \theta$$

מכפלה וקטורית:
ד-1 לכל לעשות את המכפלה עם דטרמיננטה:

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \hat{x} & \hat{y} & \hat{z} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

ד-2 לפי גודל וכיוון בנפרד:
גודל המכפלה הוא: $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$
וכיוון לפי כלל יד ימין:



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

פונקציות טריגונומטריות

ניצב שמול יתר: $\sin \alpha = \frac{a}{c}$
ניצב ליד יתר: $\cos \alpha = \frac{b}{c}$
ניצב שמול ליד ניצב: $\tan \alpha = \frac{a}{b}$

$\sin \alpha = \frac{a}{c}$; $\cos \alpha = \frac{b}{c}$; $\tan \alpha = \frac{a}{b}$
 $\cot \alpha = \frac{b}{a}$; $\frac{1}{\tan \alpha} = \cot \alpha$
 $a^2 + b^2 = c^2$

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

משוואת הקו הישר

משוואת הקו הישר: $y = mx + n$
מ $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$ 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: $y = ax^2 + bx + c$
 a חיוב הפרבולה מחייכת, שלילי בוכה.

קודקוד הפרבולה: $x_{\text{קודקוד}} = -\frac{b}{2a}$
 $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

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

מבוא פיזיקלי

חוקי הזקות: $(ab)^c = a^b c^c$; $a^b a^c = a^{b+c}$
 $(a^b)^c = a^{bc}$; $\frac{1}{a^b} = a^{-b}$

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

מילי (m) זה 1/1000: $1 \text{ mm} = \frac{1}{1000} \text{ m}$; $1 \text{ mg} = \frac{1}{1000} \text{ gr}$

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

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

צפיפות: $\rho = \frac{M}{V}$; $\sigma = \frac{M}{S}$

צפיפות נפחית: $\rho = \frac{M}{V}$
צפיפות אורכית: $\lambda = \frac{M}{l}$

V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

תנועה בקו ישר

העתק: השינוי במיקום הגוף: $\Delta x = x_2 - x_1$

דבר: 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:
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)

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

קפיצים

GOOL

חוק הוק - הכוח שמפעיל קפיץ: F = -kΔx
התארכות ממצב הרפוי של הקפיץ (מסומן גם ב Δl)
הוא קבוע הקפיץ ותלוי בחומר ממנו עשוי הקפיץ

חיבור במקביל: k_eff = k1 + k2
חיבור בטור: 1/k_eff = 1/k1 + 1/k2
עבודה ואנרגיה: העבודה שמבצע כוח קבוע או כוח ממוצע: W = F · Δx = FΔxcosα

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: Ek = 1/2 mv^2
העבודה הכוללת (כולל הכוחות המשמרים) שווה לשינוי
באנרגיה קינטית: W_SF = ΔEk
האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית: Ug = mgh

h זה הגובה של הגוף. ניתן לבחור גובה אפס איפה שרוצים.
העבודה שמבצע כוח הכובד שווה למינוס השינוי באנרגיה
הפוטנציאלית הכובדית: Wg = -ΔUg
האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית (האנרגיה של קפיץ): Uel = 1/2 k(Δx)^2

Δx היא התארכות מהמצב הרפוי (לפעמים מסומן ב Δl)
האנרגיה הכוללת היא האנרגיה הקינטית של הגוף ועוד סך
כל האנרגיות הפוטנציאליות: E = Ek + U = 1/2 mv^2 + mgh + 1/2 k(Δx)^2

*בשוויון השני רשמנו את האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית
והאלסטית. תיאורטית יכולות להיות עוד אנרגיות
פוטנציאליות אבל זה מאוד נדיר בקורס הזה.

משפט עבודה האנרגיה: E_f + W_NC = ΔE או E_f + W_NC = ΔE
האנרגיה E_f היא העבודה שנעשתה על ידי הכוחות הלא משמרים
בתהליך שבין נקודת ההתחלה לסוף.
נוסחה לשינוי בגובה של מטוטלת: h = l(1 - cos θ)

הגובה מהתחתית h
אורך החוט l
זווית ביחס לאנך θ
מהתקרה
חוס (Q): האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי.
כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)
Q = -W_fk
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 = W/Δt
היחידה הסטנדרטית של הספק היא Watt (W) והיא שווה לגאול חלקי שניה.
יחידת נוספת היא כוח סוס (Hp): 1 Hp = 746 Watt
נוסחה נוספת להספק: P = F · v
בנוסחה יש מכפלה סקלרית של הכוח במהירות הגוף.
הנוסחה נכונה גם להספק רגעי (ולא רק להספק ממוצע או קבוע)

תנועה מעגלית היא תנועה במעגל ברדיוס קבוע.
מיקום הגוף: x = R cos θ ; y = R sin θ
הדרך (אורך הקשת שמול הזווית): S = R · Δθ
יש להציב את שינוי הזווית ברדיאנים

המהירות הזוויתית היא קצב שינוי הזווית בזמן.
מהירות זוויתית קבועה או ממוצעת: (ביחידות של רדיאן לשנייה) ω = Δθ/Δt = 2πf = 2π/T
היא התדירות (יחידות הרץ או 1/sec). T זמן מחזור.

תנועה מחזורית: התנועה מחזורית היא תנועה שמקטעת נעוה מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע.
הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים T כאשר x(t) = x(t+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 ישיר למיקום.

הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.
נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקס).
A אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משיווי משקל.
ω תדירות זוויתית. φ פאזה.
המהירות בתנועה הרמונית: v(t) = -ωA sin(ωt + φ)
התאוצה בתנועה הרמונית: a(t) = -ω^2 A cos(ωt + φ)
קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות וזמן המחזור: ω = 2πf = 2π/T
עבור מסה מחוברת לקפיץ: ω = sqrt(k/m)
כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו-m היא מסת הגוף.
הפאזה: φ = ω · t0
כאשר t0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש t = 0 (מתחילים למדוד את התנועה)
בדרכי נמצא את A ו-φ מתנאי התחלה:
x(t=0) = A sin φ ; v(t=0) = -ωA sin φ
מהירות ותאוצה מקסימליות: v_max = ±ωA ; a_max = ±ω^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 = 1/2 mv^2 + 1/2 kx^2 = 1/2 kA^2 = 1/2 mv_max^2
גלים והתאבכות גלים
מהירות גל מחזורי: v = λf
אורך הגל: λ - תדירות הגל.
חוק השבירה: sin θ1 / v1 = sin θ2 / v2
θ - הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת לאנך למשטח.
n - מקדם השבירה של כל תווך.
v - מהירות הגל בכל תווך.
גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: ℓ = n · λ/2
ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקס"מ מיני)

הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבוע): |v| = ωR
תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל): ar = v^2/R = ω^2 R
סכום הכוחות למרכז המעגל: ΣFr = m(v^2/R) = m(ω^2 R)
בבתיגלים, 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 קבועה) 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: aθ = Δv/Δt
סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה: ΣFθ = maθ
תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.
עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת: α = Δω/Δt
(ביחידות של רדיאן לשנייה בריבוע).
הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשקיית (גם עבור תאוצה משתנה): aθ = αR
מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה: ω(t) = ω0 + α · (t - t0)
זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה: θ(t) = θ0 + ω0(t - t0) + 1/2 α(t - t0)^2

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 כאשר x(t) = x(t+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 ישיר למיקום.

הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.
נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקס).
A אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משיווי משקל.
ω תדירות זוויתית. φ פאזה.
המהירות בתנועה הרמונית: v(t) = -ωA sin(ωt + φ)
התאוצה בתנועה הרמונית: a(t) = -ω^2 A cos(ωt + φ)
קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות וזמן המחזור: ω = 2πf = 2π/T
עבור מסה מחוברת לקפיץ: ω = sqrt(k/m)
כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו-m היא מסת הגוף.
הפאזה: φ = ω · t0
כאשר t0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש t = 0 (מתחילים למדוד את התנועה)
בדרכי נמצא את A ו-φ מתנאי התחלה:
x(t=0) = A sin φ ; v(t=0) = -ωA sin φ
מהירות ותאוצה מקסימליות: v_max = ±ωA ; a_max = ±ω^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 = 1/2 mv^2 + 1/2 kx^2 = 1/2 kA^2 = 1/2 mv_max^2

גלים והתאבכות גלים
מהירות גל מחזורי: v = λf
אורך הגל: λ - תדירות הגל.
חוק השבירה: sin θ1 / v1 = sin θ2 / v2
θ - הזווית בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת לאנך למשטח.
n - מקדם השבירה של כל תווך.
v - מהירות הגל בכל תווך.
גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: ℓ = n · λ/2
ℓ - אורך המיתר. n - מספר נקודות הקמר (מקס"מ מיני)

הקשר בין המהירות הזוויתית למהירות הקווית (נכון גם למהירויות שאינן קבוע): |v| = ωR
תאוצה רדיאלית (למרכז המעגל): ar = v^2/R = ω^2 R
סכום הכוחות למרכז המעגל: ΣFr = m(v^2/R) = m(ω^2 R)
בבתיגלים, 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 קבועה) 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: aθ = Δv/Δt
סכום הכוחות בכיוון המשיק (ציר Y) יהיה: ΣFθ = maθ
תאוצה זוויתית: קצב שינוי המהירות הזוויתית בזמן.
עבור תאוצה זוויתית קבועה או ממוצעת: α = Δω/Δt
(ביחידות של רדיאן לשנייה בריבוע).
הקשר בין תאוצה זוויתית לתאוצה המשקיית (גם עבור תאוצה משתנה): aθ = αR
מהירות זוויתית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה: ω(t) = ω0 + α · (t - t0)
זווית כתלות בזמן בתאוצה זוויתית קבועה: θ(t) = θ0 + ω0(t - t0) + 1/2 α(t - t0)^2

תנועה מחזורית: התנועה מחזורית היא תנועה שמקטעת נעוה מסוים החוזר על עצמו באופן מדויק כל מרווח זמן קבוע.
הגדרה: תנועה מחזורית היא תנועה שבה קיים T כאשר x(t) = x(t+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 ישיר למיקום.

הראשית היא בנקודת שיווי המשקל.
נקודת שיווי המשקל היא הנקודה שבה סכום הכוחות שווה לאפס (התאוצה גם שווה לאפס והמהירות מקס).
A אמפליטודת התנועה, מרחק מקסימאלי משיווי משקל.
ω תדירות זוויתית. φ פאזה.
המהירות בתנועה הרמונית: v(t) = -ωA sin(ωt + φ)
התאוצה בתנועה הרמונית: a(t) = -ω^2 A cos(ωt + φ)
קשר בין התדירות הזוויתית (אומגה) לתדירות וזמן המחזור: ω = 2πf = 2π/T
עבור מסה מחוברת לקפיץ: ω = sqrt(k/m)
כאשר k הוא קבוע הקפיץ ו-m היא מסת הגוף.
הפאזה: φ = ω · t0
כאשר t0 הוא הזמן שעבר מהרגע שבו הגוף היה בקצה החיובי עד ש t = 0 (מתחילים למדוד את התנועה)
בדרכי נמצא את A ו-φ מתנאי התחלה:
x(t=0) = A sin φ ; v(t=0) = -ωA sin φ
מהירות ותאוצה מקסימליות: v_max = ±ωA ; a_max = ±ω^2 A

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע: sin θn = Xn/Ln = n · λ/d
θn - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי המקסימום n
ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
Xn - המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n.
Ln - המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n
λ - אורך הגל.
d - המרחק בין החריצים.
קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע: sin θn = Xn/Ln = (n - 1/2) · λ/d

θn - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי המינימום n
ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
Xn - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n.
Ln - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n.
λ - אורך הגל.
d - המרחק בין החריצים.
קווי מקסימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע: sin θn = Xn/Ln = (n - 1/2) · λ/d

θn - זווית הסטייה של האור המגיע לנקי המינימום n
ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.
Xn - המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n.
Ln - המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n.
λ - אורך הגל.
d - המרחק בין החריצים.
קווי מקסימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע: sin θn = Xn/Ln = (n - 1/2) · λ/d

נוסחת יאנג: ΔX = λ/L
ΔX - רוחב פס האור. L - מרחק האנך למסך מהחריצים.
λ - אורך הגל.
d - המרחק בין החריצים.
קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה: sin θn = n · λ/d = n · N · λ

θn - הזווית למקסימום מסדר n.
d - המרחק בין שני חריצים צמודים. N - קבוע הסריג.
קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד: sin θn = Xn/Ln = n · λ/w
θn - הזווית למינימום מסדר n.
Xn - מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.
Ln - המרחק בין החריץ למינימום מסדר n.
w - רוחב החריץ.
עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע: Ia/I0 = 10 · (α/α0)

Ia - עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע.
I0 - סף השמע של אדם.
ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים: Ia/I0 = 10 · (α-β/α0)

סונים α - β: E = I · S · 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.

מבנה החומר
גודל אטום המימן (הקטן ביותר): 0.53 · 10^-10 m
יחידת האנגסטרם: 1 Å = 10^-10 m
פרוטונים מסמנים ב-p נויטרונים ב-n ואלקטרונים ב-e
מסת הפרוטון והנויטרון: mn ≈ mp = 1.67 · 10^-27 kg
מסת האלקטרון: me = 9.1 · 10^-31 kg
מסת האלק' קטנה בערך פי 2000 ממסת הפרוטון וזניחה ביחס אליו. לכן, בקירוב טוב, הפרוטונים והנויטרונים קובעים את מסת האטום.
מטען האלקטרון: qe = -1.6 · 10^-19 C
מטען הפרוטון וזהו ההפוך בסימנו: qp = 1.6 · 10^-19 C
הנויטרון 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
חוק קולון: F = kq1q2/r^2
r - הוא המרחק בין הגופים
קבוע הכוח החשמלי האוניברסלי: k = 9 · 10^9 N·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. משע 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
הכוח הפועל על מטען הנמצא בשדה חשמלי: F = qE
השדה שיוצר מטען נקודתי בכל המרחב: E = 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.

$\rho = \frac{M}{V}$: צפיפות (מסה חלקי נפח):

| מוצקים | צפיפות (kg/m ³) | נוזלים | צפיפות (kg/m ³) |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| אלומיניום | 2.70×10^3 | מים (4°C) | 1.00×10^3 |
| ברזל ופלדה | 7.8×10^3 | פלזמת דם | 1.03×10^3 |
| נחושת | 8.9×10^3 | דם מלא | 1.05×10^3 |
| עופרת | 11.3×10^3 | מי ים | 1.025×10^3 |
| זהב | 19.3×10^3 | כספית | 13.6×10^3 |
| בטון | 2.3×10^3 | אתנול (אלכוהול אתילי) | 0.79×10^3 |
| גרניט | 2.7×10^3 | בנוין | 0.68×10^3 |
| עץ (טיפוסי) | $0.3-0.9 \times 10^3$ | גזים | |
| זכוכית רגילה | $2.4-2.8 \times 10^3$ | אוויר | 1.29 |
| קרח (H ₂ O) | 0.917×10^3 | הליום | 0.179 |
| עצם | $1.7-2.0 \times 10^3$ | פחמן דו-חמצני (CO ₂) | 1.98 |
| | | אדי מים (100°C) | 0.598 |

לחץ: $P = \frac{F}{A}$

- F - גודל הכוח המאונך למשטח. A - שטח.
- הלחץ הוא סקלר. יחידות בSI: $1Pa = 1N/m^2$.
- זורמים מפעילים לחץ בכל הכיוונים.
- עבור גוף במנוחה, הלחץ זהה מכל הכיוונים.
- אם אין זרימה אז הלחץ מאונך לדופן, רכיב מקביל לדופן נגרם לזרימה.

הלחץ בעומק h בתוך נוזל (בעל צפיפות אחידה): $P = \rho gh$

הנוסחה היא ללחץ שפועל מהנוזל בלבד, לחישוב הלחץ המוחלט יש להוסיף את הלחץ בפני הנוזל.

לחץ בזורם בעל צפיפות משתנה:

$$P(y_2) - P(y_1) = - \int_{y_1}^{y_2} \rho g dy$$

לחץ אטמוספרי:

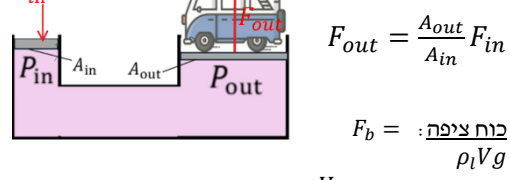
$P_0 = 1.013 \cdot 10^5 Pa = 101.3 kPa = 1atm$

$1bar = 10^5 Pa$

לחץ יחס (הלחץ ביחס ללחץ האטמוספרי): $P = P_0 + P_G$

P - לחץ אבסולוטי. P_0 - לחץ אטמוספרי. P_G - לחץ יחסי. **עקרון פסקל:** אם לחץ חיצוני מופעל על זורם תחום אז הלחץ בכל נקודה בזורם גדל באותה ערך.

מערכת הידראולית:



הידרו דינמיקה GOOL

זרימה למינרית (שכבתית): זורם הנוע בשכבות מקבילות ללא הפרעה בין השכבות.

זרימה טורבולנטית (עירבולית): זרימה באופן לא מסודר ואקראי. בדרכ מכלה מערבולות שנקראות זרמי אדי. איבוד אנרגיה גבוה.

ספינקת מסית Q_m (המסה של הזורם שעוברת דרך שטח חתך ביחידת זמן): $Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v$

ρ - צפיפות הזורם, A - שטח חתך, v - מהירות הזורם.

ספינקת נפחית Q_V (נפח הזורם העובר דרך שטח חתך ביחידת זמן): $Q_V = \frac{\Delta V}{\Delta t} = A v$

במצב יציב הספינקת לא משתנה לאורך הזרימה: $Q_{m1} = Q_{m2}$

משוואת הרציפות: $\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$

עבור זורם לא דחיס $\rho_1 = \rho_2$ ואז המשוואה $A_1 v_1 = A_2 v_2$

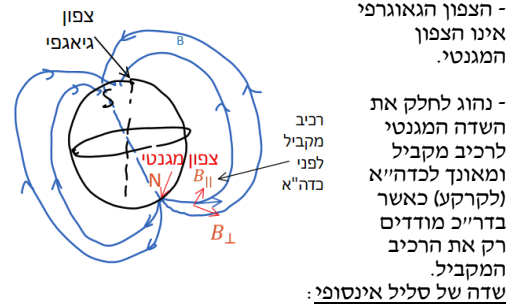
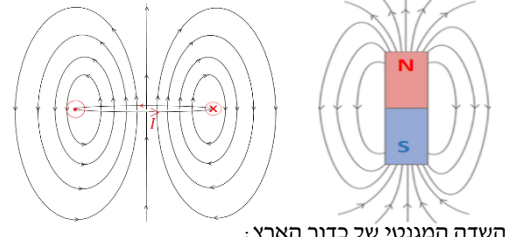
עקרון ברנולי: הלחץ הפוך למהירות הזורם משוואת ברנולי:

$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2$

או $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h + P = const$

1. הזרימה למינרית ובמצב יציב.
2. הנוזל אינו דחיס. 3. אין חיכוך (אין צמיגות)

חוק טוריציילי: מהירות הזרימה של נוזל דרך חור בתחתית של מיכל מלא בגובה h , זהה למהירות שצובר גוף בנפילה חופשית מאותו הגובה $v = \sqrt{2gh}$



חוק אמפר - המשך השדה המגנטי GOOL

חוק אמפר: $\sum B_{||} \Delta L_i = \mu_0 I_{in}$

הוא סכום לאורך מסלול סגור על הרכיב המקביל למסלול של השדה המגנטי. בדרכ נעבוד במקרים סימטריים בהם הרכיב המקביל יהיה אחיד לאורך קטעים מהמסלול והחישוב יהיה פשוט לכפול את השדה באורך הקטעים.

I_{in} - סך הזרם שעובר דרך השטח הסגור במסלול המקרים של חוק אמפר:

1. תיל/גליל אינסופי (עם זרם בכיוון ציר הסימטריה). נבחר לולאה בצורת עיגול ברדיוס r ו- $2\pi r$. $\sum B_{||} \Delta L_i = B \cdot 2\pi r$

2. סליל/גליל (עם זרם מעגלי) נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l . $\sum B_{||} \Delta L_i = B \cdot l$

3. מישור אינסופי נבחר לולאה בצורת ריבוע בעל צלע l . $\sum B_{||} \Delta L_i = B \cdot 2l$

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- $d\mathbf{l}$) מחליף את המהירות.

הכוח 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.

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: $R = \lambda N$

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

הידרוסטטיקה GOOL

זרמים: נוזלים וגזים (כל חומר שיכול לזרום)

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 אקדה).

תנועה בשדה אחיד: מטען q בעל מסה m הנוע 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).

השדה המגנטי GOOL

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 \vec{H} (טסלה). שדה במרכז של טבעת ברדיוס R : $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

GOOL

הקבוע הדיאלקטרי 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: $E = \frac{kQ}{r^2}$

כאשר Q הוא סך כל המטען. r הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נקי)

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי: $E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

כאשר σ היא צפיפות המטען ליחידת שטח במישור ($\sigma = \frac{Q}{S}$).

כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)

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)

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

GOOL

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 אקדה).

תנועה בשדה אחיד: מטען q בעל מסה m הנוע 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)

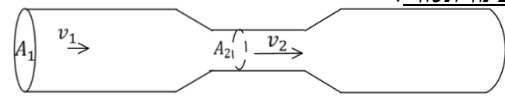
שדה של תיל אינסופי: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

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 \vec{H} (טסלה). שדה במרכז של טבעת ברדיוס R : $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$



GOOL **טמ' והתפשטות תרמית**

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

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: $1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
לחץ שלילי (תת לחץ): הוא לחץ יחסי (נמדד ביחס ללחץ אטמוספרי) ונמוך מהלחץ האטמוספרי.
לחץ אבסולוטי: הוא הלחץ שבמדד ביחס ללחץ אפס מוחלט (כאשר הכוח הוא אפס).

מעבר מצלזיוס לקלווין: $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$
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.

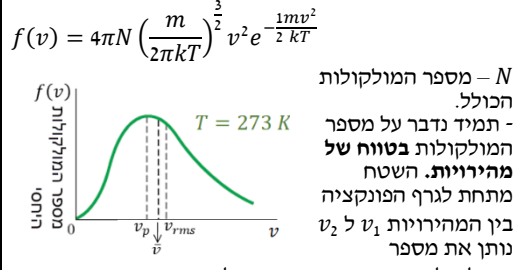
המסה המולרית שווה למסה האטומית רק בגרם במקום ביחידת מסה אטומית
הקשר למסת כל החומר: $m = N \cdot m_a = n \cdot M_{mol}$
n - מספר המולים בחומר. N - מספר החלקיקים הכולל
m - מסת כל החומר. M_{mol} - המסה המולרית.
מסה מולקולרית: לפעמים הכוונה למסה של מולקולה אחת בחומר. ולפעמים למסה של מול אחד של מולקולות בחומר (כמו המסה המולרית רק של מולקולות).
משוואת המצב של גז האידיאלי:

$PV = nRT$ ($PV = NkT$)
P - לחץ אבסולוטי. V - נפח. T - טמ' בקלווין.
n - מספר המולים בחומר.
N - מספר החלקיקים הכולל בגז (אטומים או מולקולות)
 $R = 8.314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 0.0821 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 1.99 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
קבוע בולצמן $k = \frac{R}{N_A} = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
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
 $T = 0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$, $P = 1 \text{ atm} = 101,325 \text{ Pa}$

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 $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$
מהירות rms: $v_{rms} = \sqrt{\bar{v}^2}$
התפלגות מקסוול-בולצמן למהירויות:



N - מספר המולקולות הכולל.
T - 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**

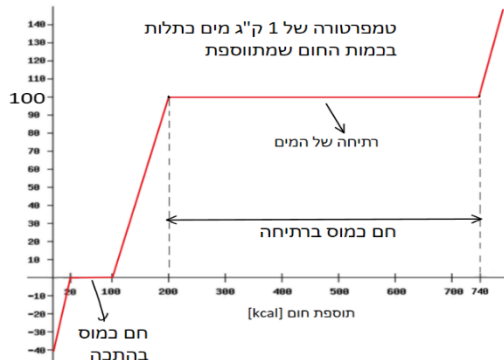
1 cal/1 kcal היא כמות החום הדרושה בשביל להעלות גרם /קילוגרם של מים במעלה אחת (צלזיוס)
1 cal = 4.186 J
1 kcal = 4.186 kJ (או Cal עם C גדולה)
אנרגיה פנימית - סך האנרגיות של כל המולקולות בחומר.
אנרגיה פנימית של גז אידיאלי מונואטומי: $E_{int} = \frac{3}{2} nRT$

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

חישוב חום:
m - מסת הגוף. c (קטנה) קיבול החום הסגולי (קיבול חום של יחידת מסה) תלוי רק בסוג החומר. ΔT - שינוי בטמ'. C (גדולה) קיבול החום הכולל של הגוף: $C = mc$
קיבול חום סגולי בטמפרטורה 20°C ובלחץ 1 atm

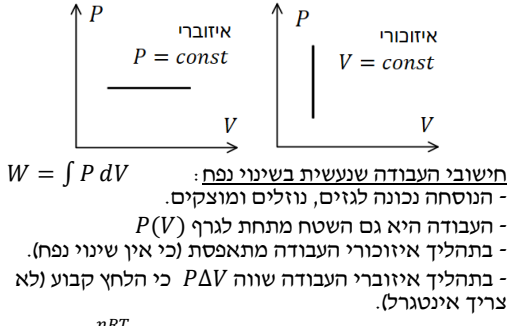
| חומר | c [J/(kg · °C)] | c [cal/(g · °C)] |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|
| אלומיניום | 900 | 0.22 |
| אלכוהול (אתילי) | 2400 | 0.58 |
| נחושת | 390 | 0.093 |
| זכוכית | 840 | 0.20 |
| ברזל / פלדה | 450 | 0.11 |
| עופרת | 130 | 0.031 |
| שיש | 860 | 0.21 |
| כספית | 140 | 0.033 |
| כסף | 230 | 0.056 |
| עץ | 1700 | 0.40 |
| קרח (-5°C) | 2100 | 0.50 |
| מים נוזליים (15°C) | 4186 | 1.00 |
| קיטור (110°C) | 2010 | 0.48 |
| גוף האדם (ממוצע) | 3470 | 0.83 |

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 כמוס ליחידת מסה (תלוי בחומר ונמצא בטבלה).

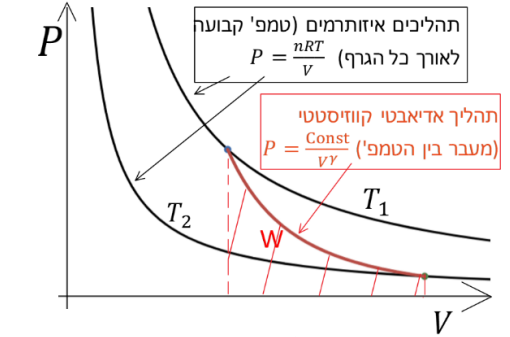


| חומר | נק' הייתוך ($^{\circ}\text{C}$) | נק' רתיחה ($^{\circ}\text{C}$) | L_f היתוך (kJ/kg) | L_v אידיוי (kJ/kg) |
|---------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------|
| חמצן | -219 | -183 | 14 | 210 |
| חנקן | -210 | -195.8 | 26 | 200 |
| אתנול | -114 | 78 | 104 | 850 |
| אמוניה | -117 | -33.4 | 33 | 137 |
| מים | 0 | 100 | 333 | 2260 |
| עופרת | 327 | 1750 | 25 | 870 |
| כסף | 961 | 2193 | 88 | 2300 |
| ברזל | 1808 | 3023 | 289 | 6340 |
| טונגסטן | 3410 | 5900 | 184 | 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 שנעשת 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 קוויזיסטטי (מאוד איטי)
 $T = \text{const} \Rightarrow \Delta E_{int} = 0 \Rightarrow Q = W$
תהליך אדיאבטי (אין מעבר חום 0): $Q = 0$
מתרחש אם המערכת מבודדת מאוד ואם התהליך מהיר ואז חום (שזורם לאט בדרי"כ) לא מספיק לעבור.
תהליך איזוברי (לחץ קבוע) ותהליך איזוכורי (נפח קבוע):



חישובי העבודה שנעשית בשינוי נפח: $W = \int P dV$
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).
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)
 $C_V = m_{mol} c_V$; $C_P = m_{mol} c_P$
(קיבול חום בנפח/לחץ קבוע (ליחידת מסה))
 $n m_{mol}$ מסה מולרית
הפרש קיבולי החום תמיד קבוע: $C_P - C_V = R$
גז בתהליך אדיאבטי קוויזיסטטי (מאוד איטי) נעשה אינטגרל ונציב $P = \frac{\text{const}}{V^\gamma}$**



התפשטות חופשית: תהליך שבו גז מתפשט במרחב בצורה אדיאבטית ומבלי לעשות עבודה.
אי אפשר לצייר התפשטות חופשית בדיאגרמת P-V מכיוון שמשטחי המצב לא מוגדרים במהלך ההתפשטות (הגז עדיין לא תופס את כל הנפח של הכלי והלחץ לא אחיד)

GOOL **הולכה הסעה וקרניה**

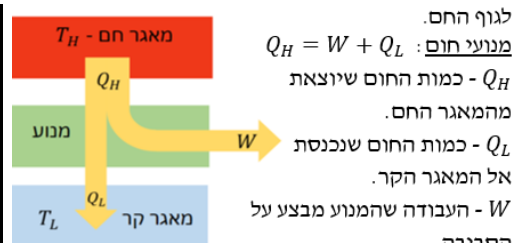
הולכה - מעבר אנרגיה על ידי התנגשויות בין המולקולות
קצב הולכת חום: $\frac{dQ}{dt} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{l}$
k - מוליכות תרמית - תלוי בסוג החומר
A - שטח חתך. l - אורך
R-value:

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 עיי

קרניה): $\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma A T^4$
 $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$
A שטח הפנים של הגוף הפולט. T - הטמפרטורה של הגוף הפולט. ϵ - קירור (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 הקרניה (פליטה פחות קליטה) הוא:

$\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma A (T_1^4 - T_2^4)$
 T_1 - הטמפרטורה של הגוף הפולט.
 T_2 - הטמפרטורה של הסביבה.
קרינת שמש:
הקבועה סולרי הוא $\frac{1350 \text{ W}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$. האטמוספירה יכולה לספוג עד 70% מהקרניה. ביום בהיר נעריך את הקבוע כ 1000 וכמות החום שגוף סופג מקרינת השמש:
 $\frac{dQ}{dt} = \left(1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right) \epsilon A \cos \theta$
 θ - הזווית בין האנך למשטח של הגוף ובין קרני השמש.
החוק השני של התרמודינמיקה
החוק השני לפי קלאוזיוס: חום זורם בצורה ספונטנית מהגוף החם לגוף הקר, חום לא זורם ספונטנית מהגוף הקר

Ω – פונקציה המתארת את מספר המצבים המיקרוסקופיים המתאימים לאותו מצב מקרוסקופי.

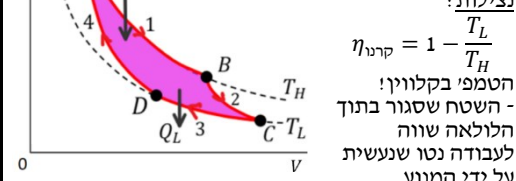


לגוף החם.
 מנועי חום: $Q_H = W + Q_L$
 Q_H - כמות החום שיוצאת מהמאגר החם.
 Q_L - כמות החום שנכנסת אל המאגר הקר.
 W - העבודה שהמנוע מבצע על הסביבה.

- שימו לב: כל הסימנים חיוביים!
 T_H ו- T_L נקראות טמפרטורות העבודה
 נצילות: $\eta = \frac{W}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$

- לא קיים מכשיר שיש לו נצילות 100% (גם ניסוח לחוק) תהליך הפיך תהליך שמתבצע באיטיות אינפיניטסימאלית (או בצורה קוויזיסטטית) כך שניתן לתארם כסדרה של מצבי שיווי משקל, וניתן לבצעו בכיוון ההפוך כאשר העבודה והחום שנעשים בכיוון ההפוך שווים לעבודה והחום שנעשו בכיוון המקורי.

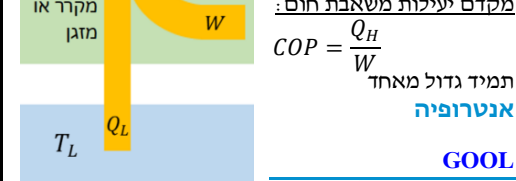
מנוע קרנו: השטח שסגור בתוך הלולאה שווה לעבודה נטו שנעשית על ידי המנוע.
 נצילות: $\eta_{קרנו} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$



רק לשאוף אליו.
 משפט קרנו: לכל המנועים ההפיקים שפועלים באותן טמפרטורות עבודה T_H ו- T_L קבועות יש אותה הנצילות. לכל מנוע בלתי הפיך שפועל תחת אותן טמפרטורות עבודה קבועות, תהיה נצילות נמוכה מזו.
 מנוע בעירה: דלק נכנס ב-B.



A. כיוון אדיאבטי עד ל-B.
 BC הצתה ושריפה של הדלק לפני שהבוכנה עולה. תהליך מהיר שנוצר חום אבל הנפח לא משתנה עדיין. CD הגז החם מתפשט אדיאבטית ומרחיב את הנפח ועושה עבודה. DA נפתח שסתום וחום נפלט לסביבה.
 מקדם יעילות מקרר/ מזגן: $COP = \frac{Q_L}{W} = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L}$



מקדם יעילות משאבת חום: $COP_{ideal} = \frac{T_H}{T_H - T_L}$
 תמיד גדול מאחד
אנטרופיה
COOL

אנטרופיה - מדד לאי סדר של המערכת
 שינוי באנטרופיה בתהליך הפיך ובטמפרטורה קבועה: $dS = \frac{Q}{T}$

- אם הטמפרטורה לא קבועה אז: $dS = \int \frac{dQ}{T}$
 - האנטרופיה היא משתנה מצב, השינוי באנטרופיה במעבר של המערכת ממצב אחד לאחר אינו תלוי בתהליך.
 - אם התהליך לא הפיך אפשר לחשב את השינוי באנטרופיה בתהליך אחר, הפיך, שמתחיל ומסתיים באותם מצבים.

החוק השני במונחים של אנטרופיה: האנטרופיה של מערכת מבודדת תמיד עולה (תהליך בלתי הפיך) או נשארת קבועה (תהליך הפיך).
 או, האנטרופיה הכוללת של מערכת והסביבה שלה כתוצאה מתהליך טבעי: $\Delta S_T = \Delta S_{sys} + \Delta S_{env} > 0$
 פרשנות סטטיסטית לאנטרופיה והחוק השני

מצב מיקרוסקופי: מה המיקום והמהירות של כל מולקולה בחומר.
 מצב מקרוסקופי: מתואר על ידי משתנה מצב כלליים לכל המערכת כמו - לחץ, נפח, טמפרטורה ומספר המולים.
 האנטרופיה כתלות מספר המצבים: $S = k \ln \Omega$
 קבוע בולצמן