

# נוסחאות ונתונים בפיזיקה

נספח לכל בחינות הבגרות ברמה של 5 יח"ל

## תוכן העניינים

<u>עמוד</u>	<u>נתונים</u>	<u>עמוד</u>	<u>נוסחאות</u>
6	קבועים בסיסיים	2	מכניקה
7	פירוש קיצורי היחידות	3	אלקטרומגנטיות
7	קשרים בין יחידות	5	קרינה וחומר
7	נוסחאות מתמטיות	6	פעילויות מעבדה
8	נתונים על אודות השמש והירח		
8	נתונים הקשורים בכוכבי הלכת		
8	המסות של חלקיקים ואטומים אחדים		

## מכניקה

עבודה של כוח הקבוע בגודלו ובכיוונו $W = F_x \Delta x = F \cos \theta \Delta s$ , $\Delta s =  \Delta x $ כאשר
אנרגיה קינטית $E_k = \frac{1}{2}mv^2$
אנרגיה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד) $U_G = mgh$ ( $U_G (h=0) = 0$ )
אנרגיה פוטנציאלית אלסטית (במצב רפוי $U_{sp} = 0$ ) $U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2$
משפט עבודה-אנרגיה $W_{\text{כוללת}} = \Delta E_k$
עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים (E – אנרגיה מכנית כוללת) $W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E$
הספק ממוצע $\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$
<b>מתקף ותנע</b>
מתקף של כוח משתנה $\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$
מתקף של כוח קבוע $\vec{J} = \vec{F} \Delta t$
תנע $\vec{p} = m\vec{v}$
נוסחת מתקף-תנע $\vec{J}_{\text{כולל}} = \Delta \vec{p}$
שימור תנע $m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$
בהתנגשות אלסטית חד-ממדית $\vec{v}_A - \vec{v}_B = -(\vec{u}_A - \vec{u}_B)$
<b>מודל של גז אידאלי</b>
האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולת גז אידאלי $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$

<b>קינמטיקה - תנועה לאורך קו ישר</b>
מהירות רגעית $v = \frac{dx}{dt}$
תאוצה רגעית $a = \frac{dv}{dt}$
תנועה שוות-תאוצה $v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$
מהירות של B ביחס ל- A $v_{B,A} = v_B - v_A$
<b>דינמיקה</b>
משקל $w = mg$
חוק הוק (גודל כוח אלסטי) $F = k \Delta\ell$
גודל כוח חיכוך סטטי $f_s \leq \mu_s N$
קינטי $f_k = \mu_k N$
החוק השני של ניוטון $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$
צפיפות חומר $\rho = \frac{m}{V}$
<b>עבודה, אנרגיה והספק</b>
עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר x על ידי כוח F הקבוע בכיוונו $W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$

$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$	מהירות
$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$	
$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$	תאוצה
$a = -\omega^2 x$	
$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{c}}$	זמן המחזור
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	מטוטלת פשוטה (מתמטית)
<b>כבידה</b>	
$\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$	החוק השלישי של קפלר
$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	גודל כוח הכבידה
$U_G = -\frac{GMm}{r}$	אנרגיה פוטנציאלית כובדית ( $U_G(r \rightarrow \infty) = 0$ )
$E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$	אנרגיה של לוויין במסלול מעגלי קינטית
$E = -\frac{GMm}{2r}$	כוללת
$\vec{g}_B = \vec{g}_A - \vec{a}_{B,A}$	טרנספורמצית שדה כבידה

$pV = NkT$	משוואת המצב של גז אידאלי
$\Delta U = Q + W$	החוק הראשון של התרמודינמיקה
<b>תנועות מחזוריות</b>	
$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	
<b>תנועה מעגלית</b>	
$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$	מהירות זוויתית ממוצעת
$a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$	תאוצה צנטריפטלית (רדיאלית)
$v = \omega r$	הקשר בין מהירות קווית ומהירות זוויתית
<b>תנועה הרמונית פשוטה</b>	
$-cx = ma$	משוואת התנועה
$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$	
$x = A \cos(\omega t + \phi)$	נוסחת מקום-זמן

## אלקטרוסטטיקה

$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$	גודל שדה חשמלי הנוצר על ידי לוח טעון
$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$	
$V = k \frac{q}{r}$	פוטנציאל חשמלי סביב מטען נקודתי ( $U_E(r \rightarrow \infty) = 0$ )
$U_E = qV$	אנרגיה פוטנציאלית חשמלית של מטען נקודתי
$U = \frac{1}{2} QV$	אנרגיה של מוליך טעון

<b>אלקטרוסטטיקה</b>	
$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	חוק קולון (בריק)
$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$	
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	שדה חשמלי
$E = k \frac{q}{r^2}$	גודל שדה חשמלי סביב מטען נקודתי

$V_c = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$ מתח רגעי בטעינת קבל	$C = \frac{Q}{V}$ הגדרת הקיבול
$V_c = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ מתח רגעי בפריקת קבל	$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$ קיבול של קבל לוחות
<b>שדה מגנטי</b>	$V_{AB} = V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$ מתח חשמלי
גודל כוח הפועל על מטען בשדה מגנטי $F = qvB \sin\alpha$	גודל השדה החשמלי בין לוחות קבל $E = \frac{V_{AB}}{d}$
גודל כוח הפועל על תיל נושא זרם בשדה מגנטי $F = I\ell B \sin\alpha$	אנרגיה של קבל טעון $U = \frac{1}{2} CV_{AB}^2$
גודל הכוח ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים מקבילים $\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$ $\frac{\mu_0}{2\pi} = 2 \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$	קיבול שקול של קבלים המחוברים בטור $\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$ של קבלים המחוברים במקביל $C_T = \sum C_i$
גודל שדה מגנטי סביב תיל ישר וארוך $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ במרכז סליל מעגלי דק $B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$ (בעל רדיוס R ו-N כריכות) בתוך סילונית ארוכה $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$ (בעלת אורך L ו-N כריכות)	<b>זרם חשמלי</b> זרם רגעי $i = \frac{dq}{dt}$ חוק אום $V_{AB} = RI$ התנגדות של תיל $R = \rho \frac{\ell}{A}$ התנגדות שקולה של נגדים המחוברים בטור $R_T = \sum R_i$ של נגדים המחוברים במקביל $\frac{1}{R_T} = \sum \frac{1}{R_i}$ עבודת הזרם החשמלי $W_{A \rightarrow B} = V_{AB} It$ הספק $P = V_{AB} I$ מתח הדקים $V_{AB} = \varepsilon - rI$ חוקי קירכהוף $\sum \varepsilon = \sum IR \quad \sum I = 0$
<b>כא"מ מושרה</b> שטף מגנטי דרך משטח $\phi_B = BA \cos\alpha$ – הזווית בין השדה לנורמל למשטח	מתח בין שתי נקודות במעגל חשמלי $V_{AB} = \sum IR - \sum \varepsilon$
כא"מ מושרה $\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$	זרם רגעי בטעינת קבל או בפריקתו $i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
כא"מ מושרה בתיל מוליך $\varepsilon = v \ell_{\perp} B_{\perp}$ – $\ell_{\perp}$ היטל התיל על הכיוון הניצב למהירות $B_{\perp}$ – רכיב השדה המגנטי בכיוון ניצב למישור התנועה	
כא"מ מושרה במחולל $\varepsilon = -NBA\omega \cos(\omega t + \phi)$	
שנאי אידאלי $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$	

## קרינה וחומר

$E_{ph} = E_k + B$ אפקט פוטואלקטרי	<b>אופטיקה גאומטרית</b>
<b>האטום והגרעין</b>	$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ חוק סנל
$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$ הנחות בוהר	$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ נוסחת העדשות
$E_{ph} =  E_f - E_i $	$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{ v }{ u }$ הגדלה קווית
רמות אנרגיה באטום מימן $E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$	$C = \frac{1}{f}$ עוצמת עדשה
$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$	<b>גלים מכניים ואלקטרומגנטיים</b>
רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום המימן $r_n = r_1 n^2$ $r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$	$v = \lambda f$ מהירות גל מחזורי
$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$ נוסחת דה-ברויי	$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$ חוק השבירה
$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$ עקרון אי-הוודאות	גל עומד במיתר שקצותיו קשורים $\ell = n \frac{\lambda}{2}$
$\Delta E = \Delta mc^2$ שקילות מסה-אנרגיה $\Delta E (\text{MeV}) = \Delta m (u) \cdot 931.494$	קווי מקסימום בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$
דעיכה של מקור רדיואקטיבי $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ — קבוע הדעיכה — $\lambda$	קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n - \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d}$
$N = N_0 e^{-\lambda t}$	נוסחת יאנג $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$
$R = \lambda N$ פעילות של מקור רדיואקטיבי	קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה $\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = n N^* \lambda$
$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ זמן מחצית החיים	קווי צומת בעקיפה בסדק יחיד $\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$
	אנרגיה של פוטון $E_{ph} = hf$ $E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$

## פעילויות מעבדה

הקירוב של טיילור מסדר שני:

$$x_{n+1} \approx x_n + v_n \Delta t + \frac{1}{2} a_n \Delta t^2$$

$$v_{n+1} \approx v_n + \frac{1}{2} (a_n + a_{n+1}) \Delta t$$

הקירוב הסטנדרטי של אוילר:

$$x_{n+1} \approx x_n + v_n \Delta t$$

$$v_{n+1} \approx v_n + a_n \Delta t$$

## קבועים בסיסיים

(ערכי הקבועים רשומים בדיוק נמוך מהדיוק הניסיוני הידוע, ומשמשים לבחינת בגרות.)

ערך	יחידות	סימון	שם הקבוע
$6.67 \cdot 10^{-11}$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$	G	קבוע הגרביטציה
$9 \cdot 10^9$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$	k	המקדם בחוק קולון
$3 \cdot 10^8$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	c	מהירות האור בריק
$1.257 \cdot 10^{-6}$	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$	$\mu_0$	פרמיאביליות הריק
$8.85 \cdot 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$	$\epsilon_0$	דיאלקטריות הריק
$1.60 \cdot 10^{-19}$	C	e	המטען החשמלי היסודי
$6.63 \cdot 10^{-34}$	J · s	h	קבוע פלאנק
$4.14 \cdot 10^{-15}$	eV · s		
$9.11 \cdot 10^{-31}$	kg	$m_e$	מסת אלקטרון
$1.67 \cdot 10^{-27}$	kg	$m_p$	מסת פרוטון
$1.67 \cdot 10^{-27}$	kg	$m_n$	מסת נויטרון
$1.38 \cdot 10^{-23}$	J · K <sup>-1</sup>	k	קבוע בולצמן
$6.02 \cdot 10^{23}$	mol <sup>-1</sup>	$N_A$	קבוע אבוגדרו

## פירוש קיצורי היחידות

יחידה	סימן
פרד	F
אמפר	A
אום	$\Omega$
וולט	V
טסלה	T
הנרי	H
הרץ	Hz
פסקל	Pa

יחידה	סימן
ג'אול	J
אלקטרון וולט	eV
מיליון אלקטרון וולט	MeV
וט	W
מול	mol
מעלות צלזיוס	$^{\circ}\text{C}$
קלווין	K
קולון	C

יחידה	סימן
מטר	m
אנגסטרם	$\text{\AA}$
קילוגרם	kg
גרם	g
יחידת מסה אטומית	u
שנייה	s
שעה	h
ניוטון	N

## קשרים בין יחידות

אנרגיה

$$1\text{eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{J}$$

לחץ

$$1 \text{ אטמוספירה} = 1.01 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

מעבר מקלווין למעלות צלזיוס

$$t_c = T_K - 273$$

אורך

$$1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

מסה

$$1\text{u} = 931.494 \frac{\text{MeV}}{c^2} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

תנע

$$1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} = 1.87 \cdot 10^{21} \frac{\text{MeV}}{c}$$

## נוסחאות מתמטיות

$$\frac{4}{3}\pi R^3$$

נפח כדור

$$2\pi R$$

היקף מעגל

$$\sin \theta \approx \text{tg } \theta$$

לזוויות קטנות

$$\pi R^2$$

שטח עיגול

$$\sin \theta \approx \theta$$

לזוויות קטנות ברדיאנים

$$4\pi R^2$$

שטח פני כדור

## נתונים על אודות השמש והירח

זמן מחזור (יממות)	רדיוס מסלול ממוצע (m) סביב כדור הארץ	רדיוס (m)	מסה (kg)	
-----	-----	$6.96 \cdot 10^8$	$1.99 \cdot 10^{30}$	שמש
27.3	$3.84 \cdot 10^8$	$1.74 \cdot 10^6$	$7.35 \cdot 10^{22}$	ירח

## נתונים הקשורים בכוכבי הלכת

זמן מחזור (שנים)	רדיוס מסלול ממוצע ( $10^6$ km)	רדיוס ( $10^6$ m)	מסה ( $10^{24}$ kg)	כוכב לכת
0.2408	57.9	2.44	0.330	כוכב חמה (Mercury)
0.6152	108.2	6.05	4.869	נוגה (Venus)
1.00	149.6	6.38	5.974	ארץ (Earth)
1.881	227.9	3.40	0.642	מאדים (Mars)
11.86	778.3	71.4	1899.1	צדק (Jupiter)
29.46	1427.0	60.0	568.6	שבתאי (Saturn)
84.01	2871.0	26.1	86.98	אורנוס (Uranus)
164.8	4497.1	24.3	103	נפטון (Neptun)

## המסות של חלקיקים ואטומים אחדים

המסה ב- $u$	האטום
1.007825	מימן $^1\text{H}$
2.014101	דויטריום $^2\text{H}$
4.00260	הליום $^4\text{He}$
7.01601	ליתיום $^7\text{Li}$
12.00000	פחמן $^{12}\text{C}$

המסה ב- $\frac{\text{MeV}}{c^2}$	המסה ב- $u$	החלקיק
0.511	0.000549	אלקטרון
938.272	1.007276	פרוטון
939.566	1.008665	נויטרון