

## נוסחאות ונתונים בפיזיקה

נספח לכל בחינות הבגרות ברמה של 5 יח"ל  
(החל מקיץ תש"ף)

### 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	
$E_k = \frac{1}{2}mv^2$	אנרגייה קינטית
אנרגייה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד)	
$U_G = mgh$ ( $U_{G(h=0)} = 0$ )	
אנרגייה פוטנציאלית אלסטית	
$U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2$ (במצב רפוי $U_{sp} = 0$ )	
משפט עבודה-אנרגייה	$W_{\text{כוללת}} = \Delta E_k$
עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים	
$W_{\text{לא משמרים}} = \Delta E$ (E – אנרגייה מכנית כוללת)	
הספק ממוצע	$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$
<b>מתקף ותנע</b>	
מתקף של כוח משתנה	$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt$
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>קינמטיקה – תנועה לאורך קו ישר</b>	
מהירות רגעית	$v = \frac{dx}{dt}$
תאוצה רגעית	$a = \frac{dv}{dt}$
מהירות ממוצעת	$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
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>	
כוח הכבידה	$F = mg$
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, אנרגייה והספק</b>	
עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר x על ידי	
כוח F הקבוע בכיוונו	$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x) dx$

$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$	תאוצה
$a = -\omega^2 x$	
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$	זמן המחזור
$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$	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
אנרגייה פוטנציאלית כובדית	
$U_G = -\frac{GMm}{r}$	$(U_{G(r \rightarrow \infty)} = 0)$
אנרגייה של לוויין במסלול מעגלי	
$E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$	קינטית
$E = -\frac{GMm}{2r}$	כוללת
טרנספורמציית שדה הכבידה	
$\vec{g}_B = \vec{g}_A - \vec{a}_{B,A}$	

<b>תנועות מחזוריות</b>	
$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$	תדירות זוויתית
<b>תנועה מעגלית</b>	
$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$	מהירות זוויתית ממוצעת
הקשר בין מהירות קווית ומהירות זוויתית	
$v = \omega r$	
תאוצה רדיאלית (צנטריפטלית)	
$a_R = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$	
<b>תנועה הרמונית פשוטה</b>	
שקול הכוחות בתנועה הרמונית	
$\Sigma \vec{F} = -c\vec{x}$	
$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$	
$x = A \cos(\omega t + \phi)$	נוסחת מקום-זמן
$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$	מהירות
$v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2}$	

### אלקטרומגנטיות

פוטנציאל חשמלי סביב מטען נקודתי	
$V = k \frac{q}{r}$	$(V_{(r \rightarrow \infty)} = 0)$
אנרגייה פוטנציאלית חשמלית של מטען נקודתי	
$U_E = qV$	$(U_{E(r \rightarrow \infty)} = 0)$
$U = \frac{1}{2}QV$	אנרגייה של מוליך טעון
פוטנציאל נקודה A ביחס לפוטנציאל נקודה B	
$V_{AB} = V_A - V_B$	(מתח חשמלי)
$\Delta V = V_B - V_A$	השינוי בפוטנציאל

<b>אלקטרוסטטיקה</b>	
$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$	חוק קולון (בריק)
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$	שדה חשמלי
גודל שדה חשמלי סביב מטען נקודתי	
$E = k \frac{q}{r^2}$	
גודל שדה חשמלי הנוצר על ידי לוח טעון	
$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$	$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ $\sigma = \frac{Q}{A}$

מתח בין שתי נקודות במעגל חשמלי	$V_{AB} = \Sigma IR - \Sigma \varepsilon$
זרם רגעי בטעינת קבל או בפריקתו	$i(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
מתח רגעי בטעינת קבל	$V_C(t) = \varepsilon(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$
מתח רגעי בפריקת קבל	$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
<b>שדה מגנטי</b>	
גודל כוח הפועל על מטען בשדה מגנטי	$F = qvB \sin \alpha$
גודל כוח הפועל על תיל נושא זרם בשדה מגנטי	$F = I\ell B \sin \alpha$
גודל הכוח ליחידת אורך בין שני תילים ארוכים מקבילים	$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
גודל שדה מגנטי סביב תיל ישר ואורך	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$
במרכז סליל מעגלי דק (בעל רדיוס R ו-N כריכות)	$B = \mu_0 \frac{NI}{2R}$
בתוך סילונית ארוכה (בעלת אורך L ו-N כריכות)	$B = \mu_0 \frac{NI}{L}$
<b>כא"מ מושרה</b>	
שטף מגנטי דרך משטח	$\phi_B = BA \cos \alpha$
חוק פארדיי – לנץ	$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$
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 (בזמן $t = 0$ )	$\varepsilon = NBA\omega \sin(\omega t)$
שנאי אידאלי	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$

הקשר בין שדה חשמלי אחיד לבין הפרש פוטנציאלים	$E = -\frac{\Delta V}{\Delta x}$
הגדרת הקיבול	$C = \frac{Q}{V}$
קיבול של קבל לוחות	$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$
גודל השדה החשמלי בין לוחות קבל	$E = \frac{V_{AB}}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$
אנרגייה של קבל טעון	$U = \frac{1}{2} CV_{AB}^2$
קיבול שקול של קבלים המחוברים בטור	$\frac{1}{C_T} = \sum \frac{1}{C_i}$
של קבלים המחוברים במקביל	$C_T = \sum C_i$
<b>זרם חשמלי</b>	
זרם רגעי	$i = \frac{dq}{dt}$
חוק אוהם	$V = RI$
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 הכוח החשמלי	$W_{A \rightarrow B} = V_{AB} It = qV_{AB}$
הספק חשמלי	$P = V_{AB} I$
נצילות	$\eta = \frac{P_{eff}}{P_{in}}$
$P_{eff}$ – הספק מנוצל בחלק מהמעגל או בכולו	
$P_{in}$ – הספק מושקע	
מתח הדקים	$V_{ab} = \varepsilon - rI$
ab – הדקי הסוללה	
חוקי קירכהוף	$\Sigma \varepsilon = \Sigma IR \quad \Sigma I = 0$

## קרינה וחומר

$E_{ph} = E_k + B$	אפקט פוטואלקטרי
<b>האטום והגרעין</b>	
$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$	הנחות בוהר
$E_{ph} =  E_f - E_i $	
רמות אנרגייה באטום מיימן	
$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$	
$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$	
רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון	
$r_n = r_1 n^2$	באטום המיימן
$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$	
$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$	נוסחת דה-ברויי
$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$	עקרון אי-הוודאות
$\Delta E = \Delta mc^2$	שקילות מסה-אנרגייה
$\Delta E(\text{MeV}) = \Delta m(u) \cdot 931.494 \frac{\text{MeV}}{u}$	
דעיכה של מקור רדיואקטיבי	
$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$	$\lambda$ – קבוע הדעיכה
$N = N_0 e^{-\lambda t}$	
$R = \lambda N$	פעילות של מקור רדיואקטיבי
$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$	זמן מחצית החיים

<b>אופטיקה גאומטרית</b>	
$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$	חוק סנל
$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$	נוסחת העדשות
$m = \frac{H_i}{H_o} = \frac{ v }{ u }$	הגדלה קווית
$C = \frac{1}{f}$	עוצמת העדשה
<b>גלים מכניים ואלקטרומגנטיים</b>	
$v = \lambda f$	מהירות גל מחזורי
$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$	חוק השבירה
$\ell = n \frac{\lambda}{2}$	גל עומד במיתר שקצותיו קשורים
קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע	
$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$	
קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע	
$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = (n - \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d}$	
$\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$	נוסחת יאנג
קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה	
$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN * \lambda$	
קווי צומת בעקיפה בסדק יחיד	
$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w}$	
$E_{ph} = hf$	אנרגייה של פוטון
$E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$	

## 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
$1.257 \cdot 10^{-6}$ $4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$	$\mu_0$	פרמיאביליות הריק
$8.85 \cdot 10^{-12}$	$\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	$\epsilon_0$	דיאלקטריות הריק
$1.60 \cdot 10^{-19}$	C	e	המטען החשמלי היסודי
$6.63 \cdot 10^{-34}$ $4.14 \cdot 10^{-15}$	J · s eV · s	h	קבוע פלאנק
$9.11 \cdot 10^{-31}$	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
$6.02 \cdot 10^{23}$	$\text{mol}^{-1}$	$N_A$	קבוע אבוגדרו

## פירוש קיצורי היחידות

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

יחידה	סימן
ג'ול	J
אלקטרון וולט	eV
מיליון אלקטרון וולט	MeV
ואט	W
מול	mol
מעלת 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

אנרגייה

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

אורך

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

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

לחץ

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

מסה

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

מעבר מקלווין למעלות צלזיוס

$$t_{\text{C}} = T_{\text{K}} - 273$$

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 (מ סביב כדור הארץ) (m)	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 ( $10^9$ m)	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-u	המסה ב- $\frac{\text{MeV}}{c^2}$	החלקיק
0.000549	0.511	אלקטרון
1.007276	938.272	פרוטון
1.008665	939.566	נויטרון