

נוסחאות ונתונים בפיזיקה

נספח לכל בחינות הבגרות ברמה של 5 יח"ל
(החל מקיץ תשפ"ג)

תוכן העניינים

נושא	עמוד	נושא	עמוד
נוסחאות מכניקה	2	קבועים בסיסיים	6
נוסחאות אלקטרומגנטיות	3	נוסחאות מתמטיות	6
נוסחאות קרינה וחומר	5	פירוש קיצורי היחידות	7
		קשרים בין יחידות	7
		קידומות במערכת היחידות	7
		נתונים על אודות השמש והירח	8
		נתונים הקשורים בכוכבי הלכת	8
		המסות של חלקיקים ואטומים אחדים	8

נוסחאות מכניקה

עבודה של כוח הקבוע בגודלו ובכיוונו	קינמטיקה – תנועה לאורך קו ישר
$W = F_x \Delta x = F \cos \theta \Delta s$, $\Delta s = \Delta x $ כאשר	מהירות רגעית $v = \frac{dx}{dt}$
$E_k = \frac{1}{2}mv^2$ אנרגייה קינטית	תאוצה רגעית $a = \frac{dv}{dt}$
אנרגייה פוטנציאלית כובדית (שדה אחיד) $U_G = mgh$ ($U_{G(h=0)} = 0$)	מהירות ממוצעת $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
אנרגייה פוטנציאלית אלסטית $U_{sp} = \frac{1}{2}k(\Delta \ell)^2$ (במצב רפוי $U_{sp} = 0$)	תנועה שוות-תאוצה $v = v_0 + at$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2}t$ $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$
משפט עבודה-אנרגייה $W_{כוללת} = \Delta E_k$	מהירות של B ביחס ל-A $v_{B,A} = v_B - v_A$
עבודת שקול הכוחות הלא-משמרים $W_{לא משמרים} = \Delta E$ (אנרגייה מכנית כוללת)	דינמיקה
$\bar{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$ הספק ממוצע	כוח הכבידה $F = mg$
מתקף ותנע	חוק הוק (גודל כוח אלסטי) $F = k \Delta \ell$
מתקף של כוח משתנה $\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt$	גודל כוח חיכוך
מתקף של כוח קבוע $\vec{J} = \vec{F} \Delta t$	סטטי $f_s \leq \mu_s N$
תנע $\vec{p} = m\vec{v}$	קינטי $f_k = \mu_k N$
נוסחת מתקף-תנע $\vec{J}_{כולל} = \Delta \vec{p}$	החוק השני של ניוטון $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$
שימור תנע	עבודה, אנרגייה והספק
$m_A \vec{v}_A + m_B \vec{v}_B = m_A \vec{u}_A + m_B \vec{u}_B$	עבודה הנעשית על גוף הנע לאורך ציר x על ידי
בהתנגשות אלסטית חד-ממדית $\vec{v}_A - \vec{v}_B = -(\vec{u}_A - \vec{u}_B)$	כוח F הקבוע בכיוונו $W = \int_{x_1}^{x_2} F_x(x) dx$

$v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$	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
$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$	מטוטלת פשוטה (מתמטית)
כבידה	
$\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$	החוק השלישי של קפלר
$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	גודל כוח הכבידה
$U_G = -\frac{GMm}{r}$	אנרגייה פוטנציאלית כובדית ($U_{G(r \rightarrow \infty)} = 0$)
$E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$	אנרגייה של לוויין במסלול מעגלי קינטית
$E = -\frac{GMm}{2r}$	כוללת

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

נוסחאות אלקטרומגנטיות

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

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

מתח בין שתי נקודות במעגל חשמלי	$V_{AB} = \sum IR - \sum \varepsilon$
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	$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$
שדה מגנטי	
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	$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$
גודל שדה מגנטי סביב תיל ישר ואורך	$B = \mu_0 \frac{I}{2\pi r}$
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)	
כא"מ מושרה	
שטף מגנטי דרך משטח	$\phi_B = BA \cos \alpha$
חוק פאראדיי – לנץ	$\varepsilon = -N \frac{d\phi_B}{dt}$
כא"מ מושרה בתיל מוליך	$\varepsilon = v\ell_{\perp} B_{\perp}$
ℓ_{\perp} – היטל התיל על הכיוון הניצב למהירות	
B_{\perp} – רכיב השדה המגנטי בכיוון ניצב למישור התנועה	
כא"מ מושרה במחולל (בזמן $t=0$, $\vec{A} \parallel \vec{B}$)	$\varepsilon = NBA\omega \sin(\omega t)$
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	$C_T = \sum C_i$
זרם חשמלי	
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	$\sum \varepsilon = \sum IR \quad \sum I = 0$

נוסחאות קרינה וחומר

$E_{ph} = E_k + B$	אפקט פוטואלקטרי
האטום והגרעין	
$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$ $E_{ph} = E_f - E_i $	הנחות בוהר
רמות אנרגייה באטום מימן	
$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (U_\infty = 0)$	
$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} = 13.6 \text{ eV}$	
רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון	
$r_n = r_1 n^2$	באטום המימן
$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529 \text{ \AA}$	
$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$	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	
$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$	λ – 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

אופטיקה גאומטרית	
$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$	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
גלים מכניים ואלקטרומגנטיים	
$v = \lambda f$	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
$E(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} = \frac{1240}{\lambda(\text{nm})}$	

קבועים בסיסיים

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

שם הקבוע	סימון	יחידות	ערך
קבוע הגרביטציה	G	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$	$6.67 \cdot 10^{-11}$
המקדם בחוק קולון	k	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$	$9 \cdot 10^9$
מהירות האור בריק	c	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$3 \cdot 10^8$
פרמיאביליות הריק	μ_0	$\text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$	$1.257 \cdot 10^{-6}$ $4\pi \cdot 10^{-7}$
דיאלקטריות הריק	ϵ_0	$\text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	$8.85 \cdot 10^{-12}$
המטען החשמלי היסודי	e	C	$1.60 \cdot 10^{-19}$
קבוע פלאנק	h	$\text{J} \cdot \text{s}$ $\text{eV} \cdot \text{s}$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ $4.14 \cdot 10^{-15}$
מסת אלקטרון	m_e	kg	$9.11 \cdot 10^{-31}$
מסת פרוטון	m_p	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
מסת נויטרון	m_n	kg	$1.67 \cdot 10^{-27}$
קבוע אבוגדרו	N_A	mol^{-1}	$6.02 \cdot 10^{23}$

נוסחאות מתמטיות

היקף מעגל	$2\pi R$	נפח כדור	$\frac{4}{3}\pi R^3$
שטח עיגול	πR^2	לזוויות קטנות	$\sin \theta \approx \text{tg} \theta$
שטח פני כדור	$4\pi R^2$	לזוויות קטנות ברדיאנים	$\sin \theta \approx \theta$

פירוש קיצורי היחידות

יחידה	סימן	יחידה	סימן	יחידה	סימן
פרד	F	ג'ול	J	מטר	m
אמפר	A	אלקטרון וולט	eV	אנגסטרם	Å
אווהם	Ω	מיליון אלקטרון וולט	MeV	קילוגרם	kg
וולט	V	ואט	W	גרם	g
טסלה	T	מול	mol	יחידת מסה אטומית	u
הנרי	H	מעלת צלזיוס	°C	שנייה	s
הרץ	Hz	קלווין	K	שעה	h
פסקל	Pa	קולון	C	ניוטון	N

קשרים בין יחידות

אנרגייה

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

אורך

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

מספר מקלווין למעלות צלזיוס

$$t_C = T_K - 273$$

מסה

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

תנע

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

קידומות במערכת היחידות

גודל	סימן	שם
10^{-3}	m	מילי
10^{-6}	μ	מיקרו
10^{-9}	n	ננו
10^{-12}	p	פיקו

גודל	סימן	שם
10^3	k	קילו
10^6	M	מגה
10^9	G	גיגה
10^{12}	T	טרה

נתונים על אודות השמש והירח

זמן מחזור (יממות)	רדיוס מסלול ממוצע (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	המסה ב- $\frac{\text{MeV}}{c^2}$	המסה ב-u	החלקיק
1.007825	מימן ^1H	0.511	0.000549	אלקטרון
2.014101	דוטריום ^2H	938.272	1.007276	פרוטון
4.00260	הליום ^4He	939.566	1.008665	נויטרון
7.01601	ליתיום ^7Li			
12.00000	פחמן ^{12}C			